



Università
Ca' Foscari
Venezia

Corso di Laurea magistrale

in Lingue e istituzioni economiche e
giuridiche dell'Asia e dell'Africa Mediterranea

Tesi di Laurea

—
Ca' Foscari
Dorsoduro 3246
30123 Venezia

Le nanotecnologie: database terminografico inglese-cinese (terminologia di base 2)

Relatore

Ch. Prof. Franco Gatti

Correlatore

Ch. Prof. Francesco Gonella

Laureanda

Anna Manara

Matricola 831287

Anno Accademico

2011 / 2012

纳米科技：英语及汉语的专业术语数据库

这篇论文旨在建立一个关于纳米科技的英语及汉语的专业术语数据库。该数据库的基础来自一系列与纳米科技有关的词汇，其中也包括了涉及纳米科技原理，方法及其过程的化学、物理与生物科学领域的相关术语。

纳米科技的诞生可追溯到 20 世纪 80 年代。但是被称为“纳米科技之父”的物理学家是理查德·费曼教授。他在 1959 年 12 月召开的美国物理学会年会上作了一个著名的演讲。他在这个演讲中提出了人们可以在原子与分子的尺度上直接操作原子与分子并创制新的物质，也可以按照他们的意愿逐个地排列原子与分子。在 20 世纪 80 年代科学家们开始学习纳米科技的应用，随之也带来了许多有趣的发现。1981 年 IBM 公司的科学家宾尼博士与罗雷尔博士发明了扫描隧道显微镜（Scanning Tunneling Microscope, STM）。使用这种显微镜可以首次直接观察到了原子，也可以操作一个一个的原子进而构筑新的材料。IBM 公司的两名科学家利用扫描隧道显微镜直接操作原子，成功地在 Ni（镍）基板上，按自己的意志安排原子组合成“IBM”字样。用 Xe（氙）原子写上的这种“IBM”商标成为世界最著名的纳米科技图像。在 1984 年，宾尼和罗雷尔发明了原子力显微镜（Atomic Force Microscope, AFM）。这种显微镜利用在探针与样品表面的原子之间的作用力来研究物质的表面结构及性质。1985 年有别的很有意思的发现。美国莱斯大学的斯莫利教授与英国萨塞克斯大学的克罗托教授和科尔教授合作，发现了金刚石和石墨之外的第三种稳定碳的同素异性：由 60 个碳原子构成的足球状富勒烯（fullerene）分子 C_{60} 也被称为“巴基球”或者“足球烯”。到 1991 年，日本筑波的 NEC 实验室的饭岛首次用高分辨电镜观察到了碳纳米管，这些碳纳米管是多层同轴管，也叫巴基管。三年以后他们也发明了单臂碳纳米管。单臂碳纳米管可以被看做是单层的石墨卷曲而成的管。碳纳米管具有非常特殊的性质，这也使得它的发明显得十分重要。

纳米科技在纳米尺度上（纳米尺度在 1nm 至 100nm 范围内地几何尺度）可以直接操作和安排原子、分子创制新的物质。它主要包括纳米化学、纳米电子学、纳米力学、纳米生物学、纳米材料学，等等。纳米（符合为 nm）是一种几何尺寸的量度单位，长度仅为一米的十亿分之一， 10^{-9} m。在纳米尺度上物质显示新特性和功能。在纳米体系中，电子波函数的相关长度与体系的特征尺寸相当，这时电子不能被看成处在外场中运动的经典粒子，电子的波动性在输运过程中得到充分的展现。目前刚刚发展

起来的纳米材料显示许多传统材料不具备的奇异特性，已引起科学家的极大兴趣。近几年纳米科技的研究和应用在微电子与计算机技术、材料与制备、医学、能源与环境等的方面。纳米科技是一项制造器件、结构、材料等的技术。纳米科技利用在纳米结构中会显示的那些新现象来开发新的器件。制造这种纳米结构纳米科技有两条方式：从上至下方式和从下至上方式。第一个方式包括光学光刻技术、纳米光刻与扫描探针显微镜技术。这种方式使用光刻或者电子束等来削除大片材料，目的是在衬底上形成微细图形结构。与之相对的另一方式是从下至上方式。这种方式的目的是把原子或分子一层一层淀积来建造新的纳米结构。它包括自组装与分子束外延。在制造单一结构的过程中，用到了被称为“自发组织”那样的分子和原子本身所具有的生长能力。

纳米材料包括纳米复合材料（纳米复合材料可以是无机化合物，也可以是有机化合物）、纳米介孔材料、纳米固体、纳米纤维、纳米陈列等。这些纳米材料都在纳米尺度上必然具备以往材料所难以具备的新特性和功能。纳米结构对科学家们也很有意思。纳米结构能定义为至少有一个维度的尺寸在纳米尺度上的结构，它的基本单元可以分为三类：零维纳米结构，指在空间三维尺度均在纳米尺度（比如纳米团簇、纳米颗粒等）、一维纳米结构，指在空间有两维处于纳米尺度（比如纳米棒、纳米管纳米丝等）与二维纳米结构，指在三维空间中有一维在纳米尺度（比如纳米薄膜等）。这些单元具有量子性质，所以对零维、一维和二维的基本单元分别又有量子点、量子线和量子阱之称。

第一章的目标是简单地介绍什么是纳米科技，它的应用领域，以及它对社会带来了的风险。本章着重讲解在意大利和中国纳米科技的工业发展。近几年世界上纳米科技的工业发展得很快。世界各主要国家，美国、日本、欧盟以及其他一些国家，都对纳米科技进行大量投资。目前，纳米产品影响了各种各样的工业部门，比如医学部门、能力部门、信息技术、国防部门等等。在医学部门中纳米科技的发展很重要。由于纳米医学进步的原因，疾病诊断、药物制备、药物传递系统以及器官替换与再生等将发生根本性的改进。用纳米微粒治疗疾病很有利，因为纳米颗粒可以穿越细胞壁，纳米药物进入细胞后便于生物降解或吸收，将显著提高治疗效果，同时可以减少药物用量、降低药物的毒副作用。在信息技术领域，处理速度、信息存储量、晶体管的特性等将得到大幅度提高。纳米信息技术将基于纳米微粒的量子效应来制造纳米量子器件，包括纳米陈列体系、纳米超结构组装体系等。在能源部门中，能源的消耗将逐步减少而能源的使用效率与生产效率得到明显提高。此外，光电转化效率成倍提高而成

本更低的纳米结构薄膜太阳能电池正在逐步取代多晶硅电池。在环境领域，纳米科技得应用也很有用。用纳米材料处理废气以及固体废气物的绿色环境技术将得到广泛应用。纳米科技可以帮助促进环境污染的有效控制，被污染的环境将可以得到有效的修复。比如，关于水资源利用方面，纳米结构过滤膜和分子筛等纳米净水材料将广泛用于水处理，可以有效缓解全球性的水资源危机。最后，在国防领域，用纳米材料制备智能化的武器装备将得到广泛应用。常规武器的打击与防护能力在纳米材料的帮助下得到了明显提高。纳米微粒的盔甲比传统的盔甲重量更轻也硬度更强。

目前，越来越多的纳米科技产品开始进入人们的日常生活，人类的衣食住行都接受纳米科技的影响。纳米微粒具有极高的化学活性，它们进入人体的可能性将随着纳米科技的广泛应用而明显增加。在自然界，尘埃等生物体系以外的纳米物质大多以污染物、有害物的形式出现。纳米科技对环境及人类健康的潜在危害也是不容小视的。由于纳米科技安全性的问题的原因，近几年发展了一门新学科：纳米毒理学。这种学科研究纳米尺度下，物质的化学性质尤其是新出现的纳米特性对生命体系产生的生物学效应，尤其是毒理学效应。它研究纳米微粒对于动物及人体的毒副作用，比如碳纳米微粒可以经过嗅觉神经直接进入脑部，硒化镉纳米微粒可以在人体中分解，以后可以导致镉中毒。

第二章是对数据库的介绍。该数据库由两种类型的卡片组成：术语卡和文献卡。在术语卡中，通过一系列的条目从定义、语境及相关近义词等方面对每一个词汇先以英语在用汉语进行阐释说明。文献卡则包含了所有术语卡中引用到的参考文献。

第三章是论文的主要部分，即数据库。在数据库中每个术语卡和文献卡是以在一种名为 SGML 的特定格式写的，该格式适用于术语管理软件 MULTITERM 95 PLUS。

论文的最后一章为注解部分。这一部分对数据库中的词汇做了进一步的语言和语法上的注释。同时也对数据库中一些条目的作用（比如 <Origin>, <Context> 和 <Concept field>）加以更详细深入的运用。此外，这一章也对查询意大利语参考文献的局限性和最终采用英语和汉语的选择作了说明。

INDICE

Prefazione.....	3
1 Le nanotecnologie	
1.1 Introduzione.....	4
1.2 Cosa sono le nanotecnologie	
1.2.1 Nanotecnologie e nanoscienze.....	6
1.2.2 Gli approcci.....	8
1.2.3 Breve storia sulle nanotecnologie.....	10
1.3 Immagini dal nanomondo	
1.3.1 Vedere con la luce o vedere con gli elettroni?.....	12
1.3.2 L'”effetto tunnel” per osservare il nanocosmo.....	15
1.3.3 Il microscopio a forza atomica.....	17
1.4 La rivoluzione del carbonio	
1.4.1 Definizione di carbonio.....	18
1.4.2 Il fullerene.....	19
1.4.3 I nanomateriali del XXI secolo.....	20
1.5 Le applicazioni delle nanotecnologie	
1.5.1 Nanoparticelle e nuovi materiali.....	23
1.5.2 Le nanoparticelle e l'ambiente.....	27
1.5.3 La nanomedicina.....	30
1.6 La nanoelettronica	
1.6.1 Dalle valvole termoioniche verso la microelettronica.....	33
1.6.2 Verso la miniaturizzazione infinita: la legge di Moore.....	35
1.6.3 Costruire con gli atomi.....	37
1.7 I rischi e i timori	
1.7.1 Chi ha paura delle nanoparticelle?.....	40
1.7.2 Timori irrazionali.....	42
1.8 Lo sviluppo delle nanotecnologie: la situazione in Italia e in Cina...	44
2 Il database	
2.1 Introduzione al database.....	51
2.2 Struttura delle schede terminografiche.....	52
2.3 Struttura delle schede bibliografiche.....	55
3 Database terminografico inglese-cinese	
3.1 Le schede terminografiche.....	56
3.2 Le schede bibliografiche.....	198
4 Commento	
4.1 Il reperimento delle fonti.....	220
4.2 La redazione del database	
4.2.1 Il campo <Origin>.....	221
4.2.2 I campi <Regional label>, <Style label> e <Phraseology>...	223
4.2.3 Il campo <Context>.....	224

4.2.4 Il campo <Concept field>.....	224
4.2.5 I campi <Related words> e <Type of relation>.....	226
4.2.6 Il campo <Equivalence en-zh>.....	227
4.2.7 I sinonimi e le varianti.....	227
Glossario cinese-italiano.....	229
Glossario italiano-cinese.....	232
Bibliografia.....	235
Linkografia.....	251

PREFAZIONE

Questo lavoro si è sviluppato a partire dalla collaborazione tra il Dipartimento di Scienze Molecolari e Nanosistemi e il Dipartimento di Studi sull'Asia e sull'Africa Mediterranea dell'Università Ca' Foscari di Venezia. L'anima del progetto consiste nella redazione di un database terminografico in lingua inglese e in lingua cinese, relativo all'ambito delle nanotecnologie. Esso è stato creato a partire dalla scelta di una serie di termini attinenti non solo alla sfera delle nanotecnologie, ma anche riguardanti la chimica, la fisica, la biologia e tutte le discipline scientifiche sulle quali le nanotecnologie basano i loro principi, i metodi e i processi.

Il primo capitolo ha l'obiettivo di illustrare brevemente che cosa sono le nanotecnologie, quali sono le loro applicazioni, quali i rischi per la società. In questo capitolo, sono inoltre delineati gli sviluppi che le nanotecnologie hanno avuto in Italia ed in Cina, sia nel settore industriale che nell'ambito della ricerca.

Nel secondo capitolo si trova l'introduzione al database. Esso è composto da due tipi di schede: terminografiche e bibliografiche. Nelle schede terminografiche, ogni termine viene analizzato prima in lingua inglese e poi in lingua cinese, attraverso una serie di campi che contengono informazioni di diverso tipo come le definizioni, i contesti ed eventuali sinonimi. I nomi dei campi sono scritti esclusivamente in lingua inglese e sono racchiusi tra i simboli < >, ad esempio <Morphosyntax>, <Definition>, <Context>. Nelle schede bibliografiche invece, vanno inserite tutte le fonti citate nelle schede terminografiche.

Il terzo capitolo costituisce il corpo centrale della tesi, ovvero il database. Esso racchiude tutte le schede terminografiche e bibliografiche, compilate in uno specifico formato chiamato SGML, secondo le istruzioni del software di gestione terminologica MULTITERM '95 Plus.

Al database terminografico segue l'ultimo capitolo della tesi: il commento. Esso riporta le ulteriori considerazioni linguistiche e grammaticali dei termini presi in esame nelle schede. In particolare, è stato descritto il problema del reperimento delle fonti in lingua italiana e la conseguente scelta di adottare come lingue del database l'inglese ed il cinese. Inoltre, è stata approfondita la funzione di alcuni campi presenti all'interno del database, come <Origin>, <Context>, <Concept field> e <Related words>.

Capitolo 1

Le nanotecnologie

1.1 Introduzione

Fin dall'antichità, la lavorazione dei materiali è sempre stata una delle attività principali dell'uomo.

La specie umana è l'unica che abbia modificato in modo essenziale le proprie condizioni di vita e che abbia imparato a controllare le risorse e a plasmare l'ambiente in cui è vissuta e vive. Lo sviluppo delle tecniche di lavorazione e l'arricchimento delle conoscenze, hanno costituito un fattore importante per il miglioramento della qualità della vita umana attraverso i secoli.

Agli albori dell'evoluzione culturale della nostra specie, i primi strumenti utilizzati furono oggetti provenienti dal mondo naturale come sassi, foglie e ramoscelli, che bastavano a soddisfare i bisogni quotidiani. Con il tempo la mente dell'uomo divenne più "flessibile", permettendogli di assegnare ad uno stesso oggetto diverse rappresentazioni, diverse modalità di utilizzo. Egli iniziò a modificare gli oggetti che lo circondavano, al fine di usarli per scopi più precisi. Cominciò a scheggiare le pietre e a lavorare il legno, accrescendo l'abilità e la precisione.¹ Il progresso nella lavorazione di nuovi materiali è stato ciò che ha scandito il passaggio delle varie epoche nella storia umana; un importante balzo tecnologico fu la scoperta della lavorazione dei metalli, che diede il via alle successive fasi dell'età del rame, del bronzo e del ferro.

Con il passare dei secoli, divenne sempre più importante indagare a fondo la struttura e le proprietà dei materiali; le ricerche e gli studi sviluppati in questo campo avevano lo scopo di migliorare le tecniche di lavorazione per poter ottenere prodotti innovativi e di qualità

¹ "Per arrivare ad utilizzare un qualsiasi oggetto come uno strumento è necessario poter contare su un complesso di facoltà mentali e di disposizioni motivazionali che richiedono evidentemente un assetto biologico molto particolare. Occorre innanzitutto la capacità di contemplare uno scopo, cioè di mettere a fuoco a livello cerebrale un obiettivo da raggiungere.[...] Occorre infine saper 'vedere' l'oggetto materiale in questione in un'ottica diversa da quella in cui lo si è sempre visto. È necessario cioè 'uno spazio di manovra' all'interno della mente, che permetta di contemplare e di comparare fra loro rappresentazioni diverse dello stesso oggetto." Edoardo BONCINELLI, *L'anima della tecnica*, Milano, Rizzoli, 2006, pp. 17-18.

maggiore. Fu proprio a partire dalla necessità di conoscere con maggior precisione la materia con cui sono composti gli oggetti che ci circondano, che si sviluppò una vera e propria disciplina di ricerca: la *scienza dei materiali*. Campo interdisciplinare basato in buona parte sulla fisica, sulla chimica e su alcuni fondamenti di ingegneria, la scienza dei materiali è una disciplina che si occupa di classificare e studiare le caratteristiche fondamentali di tutti i materiali esistenti, analizzando il rapporto tra la loro struttura microscopica e le loro proprietà macroscopiche ed esplorando le relazioni esistenti tra sintesi, lavorazione e proprietà finali.²

Tuttavia, l'insaziabile voglia di esplorare e sperimentare dell'uomo, non si è limitata alle strutture microscopiche della materia. Le speranze di poter manipolare la materia a suo piacimento, l'hanno spinto ad indagare ad un livello più basso, quello degli atomi e delle molecole, dove si trovano oggetti di pochi nanometri, ovvero della grandezza di miliardesimi di metro. La discesa in un mondo nuovo ed inesplorato, ha stimolato l'immaginazione verso scenari affascinanti, spingendo la ricerca in direzione di orizzonti rivoluzionari. La dimensione "nano" racchiude in sé un potenziale enorme. Come afferma Niels Boeing in *L'invasione delle nanotecnologie* (Orme, 2005) "Nano non vuol dire "ancora più piccolo": nano è un'altra dimensione del piccolo".³ Le ricerche scientifiche e tecnologiche alla nanoscala sono promettenti proprio per il fatto che a quel livello i materiali manifestano nuove proprietà chimiche e fisiche che si discostano molto da quelle del materiale "massivo" (*bulk material*).⁴

Com'è possibile dunque operare in un campo così lontano dalla nostra esperienza quotidiana? L'uomo sarà in grado di realizzare, in modo controllato, strutture di dimensioni nanometriche che siano al contempo riproducibili in maniera arbitraria?

Il viaggio alla scoperta di tutti i segreti del nanomondo è una delle grandi sfide dell'uomo del XXI secolo: è qui che entrano in gioco le *nanotecnologie*.

² Si veda William F. SMITH, *Scienza e tecnologia dei materiali*, Milano, McGraw-Hill, 1995, p. 4.

³ "Nano non vuol dire solo 'ancora più piccolo': nano è un'altra dimensione del piccolo. È il regno tra il nostro mondo macroscopico e i componenti della materia. Naturalmente non si può dire esattamente dove cominci. Non c'è un cartello che sbuca improvvisamente nel microscopio annunciando BENVENUTI NEL NANOCOSMO." Niels BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, Milano, Orme, 2006, pag. 17.

⁴ Günter SCHMID, *Nanotechnology. Volume 1: Principles and Fundamentals*, Weinheim, Wiley-VCH, 2008, p.81.

1.2 Cosa sono le nanotecnologie

1.2.1 Nanotecnologie e nanoscienze

Nonostante il termine “nanotecnologie” stia acquistando sempre più popolarità, attribuire ad esse un significato preciso rimane un compito difficile, poiché non esiste ancora una definizione univoca come invece si può trovare per altre discipline quali la chimica o la biologia. Per esempio, se si chiedesse a diversi ricercatori o scienziati che cosa sia la fisica, essi sarebbero d'accordo nell'identificarne i principi generali e le leggi fondamentali che la governano, e ci darebbero una definizione appropriata e condivisa. Se si chiedesse invece cosa siano la nanotecnologie, probabilmente ci troveremmo di fronte a risposte diverse; questo è legato al fatto che una delle principali caratteristiche delle nanotecnologie è la *multidisciplinarietà*⁵: esse si basano sui principi e sui metodi appartenenti ad una vastissima classe di discipline scientifiche che vanno dalla chimica alla biologia, dalla fisica all'ingegneria.

Il termine “nanotecnologie” è una parola composta, formata dall'unione di “nano” con “tecnologie”. È importante sottolineare come in letteratura questo termine si trovi spesso nella forma plurale, probabilmente perché non è ancora possibile individuare una strategia unica per la realizzazione di strutture e apparecchiature su scala atomica.

Le “nanotecnologie” innanzitutto sono delle “tecnologie” ovvero un insieme di tecniche e processi differenti che rendono applicabili i principi e le teorie messe a disposizione dalla scienza. Il prefisso “nano” invece, è un termine di derivazione greca che nel Sistema Internazionale di unità di misura (SI) sta ad indicare il fattore 10^{-9} , ovvero un miliardesimo di unità (= 0,000000001); prendendo il metro (m) come misura di riferimento, possiamo dire che un nanometro (1 nm) corrisponde a un miliardesimo di metro (10^{-9} m).⁶

Non è semplice però poter comprendere fino in fondo una dimensione così lontana dalla nostra percezione, i cui confini sono difficilmente afferrabili. Definire un oggetto grande o piccolo, appartiene alla nostra esperienza quotidiana, tuttavia questi aggettivi vengono sempre assegnati secondo parametri che fanno riferimento alla nostra scala di grandezza. Per esempio, rispetto a noi un chicco di caffè è piccolo, mentre una montagna è estremamente grande; un capello ci sembra molto sottile, ma se improvvisamente potessimo vederlo dal punto di vista di un atomo, ci accorgeremmo che esso è più grande di un milione di volte! Per

⁵ Vittorio CHIESA, Alfredo DE MASSIS, *La nanoindustria. Analisi dei principali player italiani nelle nanotecnologie*, Roma, Aracne, 2006, p. 9.

⁶ Si veda CHIESA, DE MASSIS, *La nanoindustria*, cit., p. 3.

capire che cosa sono le nanotecnologie è importante innanzitutto avere un'idea chiara di che cosa si intende per piccolo in questo ambito, anche se non è per niente facile immaginare oggetti che si misurano in nanometri. Mettendo a confronto un nanometro con un metro, potremmo dire che il loro rapporto è uguale a quello che c'è fra la circonferenza di una biglia e quella della terra.⁷ Se ci allontanassimo gradualmente dalle nostre misure di riferimento e cominciasimo a scendere a scale sempre più piccole, potremmo osservare i pori della pelle (10^{-4} m) e le dimensioni delle cellule (10^{-5} m); più in basso si troverebbero i cromosomi (10^{-7} m) e le molecole di DNA (10^{-8} m) fino ad incontrare molecole più piccole, fatte di pochi atomi, di dimensioni pari a 10^{-9} m.⁸ L'area di ricerca delle nanotecnologie supera così il limite della dimensione micrometrica: non è più sufficiente fermarsi al millimetro, ma è necessario dividerlo per mille ottenendo il micrometro (μm) che corrisponde a 10^{-6} m, per poi proseguire sempre più sotto arrivando finalmente al nanometro (10^{-9} m). Siamo giunti così nel nanomondo, il mondo dominato dagli atomi e dalle molecole, impossibile da osservare anche con i più potenti microscopi ottici. È proprio qui che si trova il banco di prova delle nanotecnologie. Possiamo intendere le nanotecnologie come quell'insieme di tecniche, di processi e di risorse che ha l'obiettivo di studiare, manipolare, misurare e assemblare la materia a livello nanometrico; la loro essenza consiste nel saper lavorare a livello molecolare, atomo per atomo, al fine di creare materiali e sistemi con proprietà innovative, mantenendo il completo controllo delle strutture che si ottengono in tale scala.⁹

In letteratura si trovano svariate definizioni di nanotecnologie, molte delle quali si focalizzano sul fatto che le strutture realizzate devono avere almeno un componente funzionale compreso tra 1 e 100 nm. Nonostante le dimensioni giochino un ruolo fondamentale, è importante sottolineare che le nanotecnologie non rappresentano semplicemente un cambio di scala dal micromondo al nanomondo. “Nano” non vuol dire solo “più piccolo”, ma indica anche il manifestarsi di proprietà e caratteristiche completamente nuove. Qui ci troviamo in un regno dove i limiti della fisica classica sono superati e i concetti come posizione e velocità, validi nel macromondo, acquistano un significato del tutto nuovo. Questo è il regno della *meccanica quantistica*, nel quale la certezza lascia il posto alla probabilità, forze come la gravità sono sempre meno influenti, mentre diventano sempre più preponderanti le deboli attrazioni intermolecolari note come forze di Van der Waals.¹⁰ Manipolare la materia a questo livello, significa generare dei materiali con prestazioni del

⁷ In *Nanotecnologie*, Bologna, Script, 2010, p. 14.

⁸ Si veda Gianfranco PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, Bologna, Zanichelli, 2008, pp. 26-27.

⁹ Günter SCHMID, *Nanotechnology. Volume 1: Principles and Fundamentals*, Weinheim, Wiley-vch, 2008, p.

3.

¹⁰ Si veda *Nanotecnologie*, Script, cit., p. 11.

tutto imprevedibili alla macroscala. L'obiettivo delle nanotecnologie è dunque quello imparare a conoscere e a saper sfruttare le nuove proprietà e i nuovi fenomeni fisici e chimici che si manifestano a livello nanometrico, utilizzando tutti gli strumenti e i metodi che la scienza, in questo caso la nanoscienza, mette a sua disposizione. Quando si parla di *nanoscienze*¹¹ si fa riferimento a un insieme di discipline diverse che spaziano dalla chimica supramolecolare alla fisica quantistica e alla biologia molecolare, i cui principi sono alla base dello sviluppo delle nanotecnologie. Allo stesso tempo però sono quest'ultime, con le loro realizzazioni concrete, a dare alle nanoscienze le strumentazioni necessarie per lo studio del nanomondo. È così che scienza e tecnologia si completano a vicenda, attraverso un continuo scambio bidirezionale di conoscenza.

Le nanoscienze e le nanotecnologie saranno quindi le prossime frontiere dello sviluppo scientifico del XXI secolo, saranno destinate a generare un profondo impatto nella società e nell'economia, portando innovazione in tutti i settori come l'energia, l'informatica, la medicina e la difesa nazionale.

1.2.2 Gli approcci

È possibile individuare due approcci principali attraverso i quali le nanotecnologie operano a livello nanometrico, ovvero l'approccio *top down* (dall'alto verso il basso) e quello *bottom up* (dal basso verso l'alto).

Il primo è un approccio di tipo fisico che consente di costruire strutture funzionali di dimensioni nanometriche, attraverso un processo di miniaturizzazione dei materiali macroscopici spinto fino al livello atomico. Questo processo può ricordare il lavoro di un artista che con lo scalpello modella un blocco di marmo e lo rifinisce sempre più nel dettaglio fino a creare una scultura ricca di particolari. Se lo scultore volesse realizzare un'opera di dimensioni più piccole, dovrebbe semplicemente ridurre la grandezza degli arnesi impiegati, ma se invece dovesse costruire strutture ad un livello nanometrico le cose cambierebbero, poiché i metodi e gli strumenti utilizzati non subirebbero solo l'effetto di un cambio di scala, ma avrebbero caratteristiche del tutto innovative.¹² La *microscopia a scansione di sonda* (SPM) è una delle tecniche principali impiegate nell'approccio top down: strumenti come il *microscopio a effetto tunnel* (STM) e il *microscopio a forza atomica* (AFM) permettono di costruire nanostrutture, attraverso la manipolazione della materia a livello atomico e molecolare. Tipiche dell'approccio top down, sono anche le tecniche litografiche, tecniche

¹¹ CHIESA, DE MASSIS, *La nanoindustria*, cit., p. 5.

¹² Approfondimento del processo top-down in SCHMID, *Nanotechnology*, cit., pp. 43-45.

proprie della microelettronica. La *litografia* è un processo che prevede la deposizione di un materiale fotosensibile (*fotoresist*) su una superficie, sulla quale viene poi applicata una maschera; a questo punto il fotoresist viene irraggiato da una sorgente di radiazioni elettromagnetiche che vanno a colpire solo le parti non coperte dalla maschera. Mediante trattamenti successivi, è possibile rimuovere selettivamente il fotoresist, ricavando nella superficie sottostante la struttura desiderata.¹³ Questa è una tecnica molto utilizzata dall'industria microelettronica per produrre circuiti integrati di complessità sempre più elevata. Quando però la miniaturizzazione si sposta su scale nanometriche, l'impiego di radiazioni elettromagnetiche viene spesso sostituito con un altro tipo di sorgente, ovvero gli elettroni. Questo tipo di *nanolitografia* è definita *litografia a fascio elettronico* ed è una tecnica che, in condizioni di vuoto spinto, permette di ottenere nanostrutture sfruttando la lunghezza d'onda degli elettroni che è molto inferiore a quella della luce. In questo caso anche il materiale fotosensibile cambia: fasi inorganiche di alta qualità cristallografica prendono il posto dei materiali polimerici.¹⁴

Il secondo approccio, concettualmente più vicino a discipline di tipo chimico, è l'approccio bottom up, che consiste nel generare strutture organiche e inorganiche a partire dall'assemblaggio dei loro componenti molecolari. Per descrivere meglio questa metodologia, si può ricorrere all'esempio dei Lego: mattoncini di differenti colori e grandezze, possono essere assemblati in forme e sequenze complesse, fino ad ottenere l'assetto desiderato. Ciò che caratterizza l'approccio bottom up, è l'idea che i componenti elementari della materia, tramite il riconoscimento molecolare, possano autoassemblarsi e formare strutture ordinate.¹⁵ L'obiettivo di questa strategia dunque, è quello di saper sfruttare l'auto-organizzazione molecolare, per progettare sistemi capaci di costituirsi in strutture macroscopiche che abbiano le proprietà chimiche e fisiche desiderate. L'approccio bottom up è tra i due quello più promettente e anche quello che si avvicina di più alle esigenze delle nanotecnologie di manipolare la materia atomo per atomo. Tuttavia esso incontra ancora diversi ostacoli, poiché è difficile spostare gli atomi a proprio piacere senza scontrarsi con la loro elevata reattività e la loro tendenza a non rimanere isolati ma a legarsi saldamente gli uni agli altri.¹⁶

Il sogno dei nanotecnologi è quello di poter realizzare dispositivi autoassemblanti imitando ciò che già esiste in natura. I processi biologici, grazie a un'evoluzione che dura da più di tre miliardi di anni, hanno raggiunto un'efficienza straordinaria. Per esempio, nella

¹³ Si veda Dario NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, Milano, Sironi, 2008, p. 135. (Scheda di approfondimento – Costruire con la luce: fotolitografia e tecnologie planari).

¹⁴ Si veda NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., p. 49.

¹⁵ Approfondimento sul processo bottom-up in SCHMID, *Nanotechnology*, cit., pp. 46-48.

¹⁶ Si veda *Nanotecnologie*, Script, cit., p. 16.

sintesi proteica, le proteine e le molecole di RNA si autoassemblano creando una struttura più complessa, ovvero i ribosomi. Queste nanoparticelle, funzionano come delle vere e proprie nanomacchine, che hanno il compito di sintetizzare le proteine basandosi sulle informazioni contenute nell'RNA messaggero. Una volta che le proteine vengono rilasciate, i componenti dei ribosomi si dividono e ritornano in circolo nella cellula.¹⁷ Processi come questo, avvengono all'interno della cellula con una regolarità e una precisione veramente straordinarie. Le modalità di funzionamento dei sistemi biologici potrebbero essere per i nanotecnologi una fonte di ispirazione per sfruttare meglio le potenzialità del mondo atomico.

1.2.3 Breve storia sulle nanotecnologie

Sistemi funzionali di dimensioni nanometriche ci sono stati forniti dalla natura già milioni e milioni di anni fa. Le cellule per esempio, che compongono tutti gli organismi, sono le fabbriche chimiche della vita, nelle quali “macchine” di dimensioni nanometriche lavorano autonomamente con un alto grado di efficienza e organizzazione.¹⁸ Un altro esempio di struttura nanometrica presente in natura ci è fornito dalle conchiglie: i gusci costruiti dai molluschi, sono nano-blocchi di carbonato di calcio tenuti insieme da un “collante” fatto di proteine; la particolarità di questa struttura deriva dal fatto che combina la solidità delle lamine di calcio (la durezza delle quali dipende dalle dimensioni nanometriche) e l'elasticità delle proteine, creando uno scudo di protezione molto resistente.¹⁹

È difficile definire quale possa essere stata la prima forma di realizzazione nanotecnologica ad opera dell'uomo. Un esempio è il celebre Vaso di Licurgo, manufatto realizzato dai vetrai romani nel IV secolo d.C. e conservato al British Museum di Londra. Questo vaso, per la presenza di nanoparticelle d'oro e d'argento all'interno del vetro, assume una diversa colorazione se osservato in riflessione (verde) o in trasmissione (rosso). Un altro esempio di impiego di nanoparticelle per la colorazione del vetro, lo possiamo trovare nelle cattedrali gotiche del XIII secolo. I maestri vetrai tedeschi dell'epoca, avevano la tradizione di impartire le colorazioni alle vetrate delle cattedrali, disperdendo piccole quantità d'oro nel vetro. L'oro, nella sua forma massiva, è un metallo di colore giallo che non si ossida e non reagisce per via chimica, ma, se viene trasformato in nanoparticelle, esso manifesta delle proprietà del tutto nuove: a seconda della taglia delle particelle (solo se questa taglia è

¹⁷ In PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., p. 171.

¹⁸ Si veda Robert M. HAZEN, James TREFIL, *La scienza per tutti – Guida alla formazione di una cultura scientifica di base*, Milano, Longanesi, 1999.

¹⁹ In BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., p. 36.

nanometrica), è possibile ottenere soluzioni con colorazioni che vanno dal rosso al blu.²⁰ Ovviamente gli artigiani tedeschi si trovavano di fronte a dei fenomeni fisici che sarebbero stati studiati ed interpretati correttamente solo molti secoli dopo.

È opportuno iniziare a parlare di nanotecnologie solo nel momento in cui si è cominciata ad acquisire una certa consapevolezza delle reali potenzialità della materia a livello nanometrico. È per questo che la nascita delle nanotecnologie è comunemente accreditata allo scienziato Richard Feynman che, il 29 dicembre del 1959, in una delle sue celebri letture intitolata *There's plenty of room at the bottom*²¹ (in italiano si può tradurre, “C'è un sacco di spazio qui sotto”), ha preso per la prima volta in considerazione la possibilità di poter manipolare in modo controllato il mondo atomico. Egli sosteneva che non esistessero limiti fisici che potessero impedire all'uomo di scrivere tutti e 24 i volumi dell'Enciclopedia Britannica sulla punta di uno spillo o di disporre gli atomi per ottenere oggetti nanometrici con funzioni specifiche. Le intuizioni di Feynman avevano spalancato la via della ricerca in un campo ancora inesplorato ma ricco di enormi potenzialità che, solo in seguito, sarebbe stato definito con il termine “nanotecnologie”. Il primo ad utilizzarlo, è stato un professore dell'Università di Tokyo, Norio Taniguchi, il quale nel suo saggio del 1974 intitolato *On the Basic Concept of Nano-Technology*, ha proposto per la prima volta una definizione di nanotecnologie.²² È stato Eric Drexler, ricercatore del Massachusetts Institute of Technology, a riprendere e sviluppare le intuizioni di Feynman. La sua opera *Engines of Creation*, pubblicata nel 1986, può essere considerata la pietra miliare dello sviluppo delle nanotecnologie. Nel suo libro, egli parla della possibilità di realizzare robot e fabbriche delle dimensioni di pochi nanometri, allargandosi però verso scenari fantascientifici e profetizzando che la nanotecnologia molecolare (MNT) permetterà di costruire nanomacchine in grado di autoriprodursi e di produrre oggetti su larga scala.²³ La potenza visionaria di Drexler ha suscitato una grande attenzione tra i nanotecnologi, anche se le sue teorie rimangono ancora solo un oggetto di studio e di ricerca non sperimentale.

Negli ultimi decenni sono stati fatti molti progressi nel campo delle nanotecnologie. Come vedremo nei prossimi paragrafi, lo sviluppo di strumenti di microscopia sempre più potenti ci ha permesso di vedere la materia a livello nanometrico, la scoperta dei fullereni e l'impiego dei nanotubi di carbonio ci hanno consentito di realizzare materiali di notevole resistenza. Superfici autopulenti, celle solari nanometriche, dispositivi per la diagnostica

²⁰ In NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., pp. 40-41.

²¹ Si veda Ali G. MANSOORI, *Principles of nanotechnology: Molecular – based study of condensed matter in small systems*, Singapore, World Scientific, 2005, pp. 6-9.

²² Si veda PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., p. 20.

²³ In BOEING, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit. 14.

medica basati sul principio “*lab-on-chip*” (laboratorio su processore), sono solo alcune delle tante applicazioni delle nanotecnologie, le quali saranno sempre più presenti nella nostra vita di tutti i giorni.

1.3 Immagini dal nanomondo

1.3.1 Vedere con la luce o vedere con gli elettroni?

Abbiamo definito le nanotecnologie come un insieme di tecniche e processi che hanno l’obiettivo di manipolare la materia alla nanoscala. Lo scopo dei nanotecnologi è quello di progettare e produrre oggetti di dimensioni molecolari sfruttando gli approcci top down e bottom up .

Tuttavia, per manipolare gli atomi, è necessario innanzitutto poterli vedere. È per questo che la microscopia negli ultimi decenni ha fatto passi da gigante, mettendo a punto strumenti sempre più potenti, in grado di ottenere immagini del mondo atomico ad una risoluzione sempre più alta.

In realtà gli studi sulla microscopia iniziarono già parecchi secoli fa. Circa nel 1590, due costruttori olandesi di occhiali, Zacharias Jansen e suo figlio Hans, scoprirono che, montando più lenti in un tubo, potevano vedere gli oggetti molto più ingranditi: essi crearono il precursore del microscopio composto e del telescopio. Nel 1609, gli studi condotti da Galileo Galilei sui principi fisici dell’ottica, gli permisero di costruire uno strumento di maggior qualità, dotato anche di un dispositivo per la focalizzazione. Questo strumento, soprannominato “occhialino di Galilei”, venne battezzato solo nel 1625 dall’accademico linceo Giovanni Faber, con il nome di microscopio. Tuttavia, fu l’olandese Anton Van Leeuwenhoek ad essere considerato il padre vero e proprio della microscopia ottica. Egli, nella metà del Seicento, mentre lavorava come apprendista in un deposito di stoffe, diede prova di grande abilità nel modificare le lenti di ingrandimento che servivano per contare i fili nella trama dei tessuti, fino ad ottenere strumenti più potenti che riuscivano ad ingrandire fino a 270 volte, molto di più di quello che era stato scoperto all’epoca. Grazie al suo strumento innovativo, egli riuscì per la prima volta ad osservare e descrivere i batteri, il lievito e le forme di vita presenti nell’acqua, che rappresentarono importanti scoperte nel mondo della biologia. Egli si dedicò alla costruzione di molti microscopi, con i quali effettuò studi su una

grande varietà di microrganismi, pubblicando i suoi risultati alla Royal Society of England e all'Académie Française.

Il microscopio di Van Leeuwenhoek, perfezionato successivamente dal britannico Robert Hooke, ha subito, da allora fino ai giorni nostri, ben pochi mutamenti. I microscopi ottici di oggi, si sono tuttavia evoluti molto rispetto ai primi modelli e offrono fino a 1250 ingrandimenti con luce bianca e 5000 ingrandimenti con luce blu. Il loro potere risolutivo corrisponde a circa la metà della lunghezza d'onda utilizzata. Questo significa che se la lunghezza d'onda della luce visibile, o luce bianca, è compresa tra i 400 e 700 nanometri, essa non sarà in grado di distinguere oggetti di dimensioni inferiori ai 200 nanometri. Il limite di questo tipo di microscopio è un limite fisico che non può essere superato da nessun progresso tecnologico.

Per poter osservare oggetti di dimensioni più piccole era quindi necessario utilizzare radiazioni con lunghezze d'onda più corte. È per questo che sono stati realizzati i microscopi a luce ultravioletta che ha una lunghezza d'onda inferiore ai 400 nanometri e i microscopi a raggi X, che utilizzano una radiazione con lunghezza d'onda che arriva fino a 1 nanometro.²⁴ Nonostante gli enormi progressi fatti in questo campo, le osservazioni effettuate tramite la microscopia ottica non sono riuscite a raggiungere la materia a livello atomico e molecolare. Oggi non si potrebbe parlare di nanoscienze o nanotecnologie, se non esistessero gli strumenti in grado di esplorare il nanocosmo.

Un grande passo in avanti nel campo della microscopia fu reso possibile dalle scoperte rivoluzionarie che vennero fatte in fisica all'inizio del XX secolo, scoperte che gettarono le basi della meccanica quantistica.

Nel 1924 il fisico francese Louis de Broglie affermò la teoria secondo cui le particelle elementari, come per esempio gli elettroni, si comportano allo stesso tempo come corpuscoli e come onde. Egli intuì che ad ogni particella materiale di massa m e velocità v deve essere associata un'onda la cui lunghezza è data da h/mv , dove h è la *costante di Plank*, una costante che vale $6,6 \cdot 10^{-34}$ joule-secondo. Osservando questa formula, si può notare che maggiore è la massa della particella, minore sarà la lunghezza d'onda ad essa associata; è per questo che il moto ondulatorio degli oggetti che appartengono alla nostra dimensione quotidiana è totalmente irrilevante, lontano dalla nostra percezione.²⁵ Un'altra osservazione importante che si può fare sulla “dualità onda-particella” è che la distinzione del comportamento ondulatorio

²⁴ In PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., pp. 68-70.

²⁵ “Non ci vuole molto a verificare che se lanciamo un sasso che pesa 100 grammi, cioè 0,1 kg, a una velocità di 10 metri al secondo, il suo moto ondulatorio avrà una lunghezza d'onda pari a $6,6 \cdot 10^{-34}$ m, cioè miliardi di miliardi di volte più piccola della dimensione di un nucleo atomico.” PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., p. 35.

da quello corpuscolare, non risiede nella natura, ma è una distinzione messa in atto dalla nostra mente: a seconda del tipo di esperimento eseguito sugli elettroni, è risultato che essi a volte si comportano come particelle, a volte come onde.²⁶

A partire dal 1924, la proposta di de Broglie fu presa in considerazione da diversi fisici. Un contributo importante venne dato nel 1927 da Erwin Schrödinger, il quale, mediante una complessa funzione matematica detta *funzione d'onda*, scrisse l'importante equazione che descrive il moto e l'energia di una particella: si tratta dell'equazione dinamica fondamentale della teoria quantistica. La nuova teoria dei quanti elimina le certezze proprie della fisica classica. Esiste la probabilità di trovare una particella, l'elettrone, in una determinata posizione, e l'equazione di Schrödinger descrive proprio tali "ampiezze di probabilità".²⁷

Un altro importante contributo alla meccanica quantistica è stato dato dal fisico tedesco Werner Heisenberg (1901-1976). Egli descrisse il mondo quantistico attraverso il principio di indeterminazione, che afferma l'impossibilità di conoscere contemporaneamente e in modo preciso sia la posizione sia la velocità di una particella. Infatti, ogni misurazione causa un mutamento nell'oggetto che viene misurato; tale mutamento diventa tanto più grande quanto più piccole sono le dimensioni dell'oggetto stesso. È per questo che le perturbazioni provocate dall'atto della misurazione, rendono impossibile conoscere con precisione posizione e velocità di una particella quantistica.²⁸

Nel 1931, due ingegneri tedeschi, Max Knoll ed Ernst Ruska, sfruttarono inconsapevolmente proprio quei principi della meccanica quantistica che molti fisici europei stavano studiando in quegli stessi anni. Knoll e Ruska stavano lavorando alla realizzazione di un nuovo microscopio, in cui venivano utilizzati fasci di elettroni al posto della luce normale per "illuminare" gli oggetti da ingrandire. Gli elettroni, avendo una lunghezza d'onda molto più piccola rispetto alla luce bianca, permettevano di ottenere immagini a una risoluzione assai maggiore. Nacque così il primo microscopio elettronico, con il quale, almeno nella teoria, si sarebbe finalmente potuta osservare la materia a livello atomico. Tuttavia, prima di ottenere immagini con una risoluzione di pochi nanometri furono necessari ancora parecchi anni di ricerche e sperimentazioni.

In seguito, il microscopio elettronico si sviluppò in due diverse direzioni: il "microscopio elettronico a trasmissione" (TEM, *Transmission Electron Microscope*) e il "microscopio elettronico a scansione" (SEM, *Scanning Electron Microscope*). Il primo, realizzato nel 1940, consente di osservare tracce nitide della struttura interna del campione

²⁶ Si veda HAZEN, TREFIL, *La scienza per tutti*, cit., p. 98.

²⁷ Per un ulteriore approfondimento si veda John POLKINGHORNE, *Teoria dei quanti*, Torino, Codice, 2007.

²⁸ In HAZEN, TREFIL, *La scienza per tutti*, cit., p. 98.

esaminato e l'immagine elettronica ottenuta, viene captata da uno schermo fluorescente; esso è adatto ad analizzare i campioni più sottili. Il secondo invece, messo a punto nel 1953, permette di visualizzare la superficie di un oggetto grazie alla riflessione del fascio di elettroni da parte del campione; il SEM permette di analizzare anche i campioni più spessi. Questi strumenti sono stati fondamentali per gli studi in campo medico e biologico, perché hanno permesso di esaminare microrganismi che fino a quel momento erano sfuggiti ai tentativi di osservazione degli scienziati.²⁹

1.3.2 L' "effetto tunnel" per osservare il nanocosmo

Era la notte del 16 marzo 1981, quando due fisici, Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, dopo ventisette mesi di sperimentazioni, fecero un'importante scoperta che rivoluzionò sia il mondo della microscopia che le ricerche in campo nanotecnologico: il "microscopio a effetto tunnel" (STM, *Scanning Tunneling Microscope*). Essi, nel laboratorio di ricerche IBM a Rüschlikon nei pressi di Zurigo, stavano lavorando alla messa a punto di uno strumento che sarebbe stato in grado, per la prima volta nella storia, di osservare gli atomi. Furono necessari diversi tentativi prima realizzare un'apparecchiatura che funzionasse in condizioni di vuoto ultraspinato e a temperature bassissime. Questo potente microscopio, avrebbe consentito di ottenere immagini delle superfici con una risoluzione atomica, sfruttando un fenomeno fisico noto come *effetto tunnel*.³⁰ La particolarità di questo fenomeno quantistico risiede nel fatto che la corrente riesca a fluire attraverso il vuoto, il quale invece, per la meccanica classica, rappresenta una barriera all'elettricità. Nella meccanica classica, una particella non può superare un ostacolo se non ha l'energia necessaria per "saltare" oltre il bordo. Per la meccanica quantistica invece, l'elettrone, a causa del suo comportamento ondulatorio, ha una certa probabilità di scavare un tunnel nella barriera di potenziale e attraversare così il vuoto interposto tra la sonda e il campione preso in esame dall'STM.

Il funzionamento dell'STM consiste nel posizionare una punta sottilissima di un ago a una distanza di circa 1 nm dalla superficie da osservare; il supporto della punta viene mosso attraverso un cristallo detto *piezoelettrico*, che ha la capacità di allungarsi o accorciarsi leggermente quando vi si applica una tensione elettrica. A questo punto viene applicata una piccola differenza di potenziale che, grazie all'effetto tunnel, induce il passaggio di un flusso di elettroni tra la punta e la superficie del campione attraverso il vuoto. L'intensità di corrente generata dagli elettroni, detta anche corrente di tunnel, dipende dalla distanza della punta dalla

²⁹ Si veda BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., p. 42.

³⁰ In PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., p. 63.

superficie: essa aumenta quando la punta si trova sopra gli atomi e diminuisce quando essa è sospesa tra un atomo e l'altro. Al contrario, mantenendo costante la corrente del tunnel, la punta del microscopio rimane sempre alla stessa distanza dalla superficie e di conseguenza si può osservare un'elevazione della punta in corrispondenza di ogni atomo. In questo modo, è possibile ottenere le informazioni necessarie per creare una vera e propria mappa topografica della superficie, che rivela le asperità e le protuberanze generate da atomi e molecole.³¹

Binnig e Rohrer, durante il lungo lavoro di perfezionamento del microscopio, si imbattono in alcune problematiche che dovevano essere risolte al più presto. In primo luogo, dovevano eliminare ogni vibrazione dallo strumento, per evitare che anche una piccola oscillazione potesse provocare un contatto tra la punta e la superficie, causando un danneggiamento della sonda. In secondo luogo, sebbene il sistema di misurazione prevedesse una vicinanza molto stretta tra la punta e il campione, era necessario mantenere una "distanza di sicurezza" tra i due elementi, per evitare che piccole variazioni di corrente li facessero fondere, danneggiando così sia lo strumento che la sperimentazione stessa. Tuttavia, nel corso di una loro indagine, avvicinando la sonda dell'STM ad una superficie d'oro a temperatura ambiente, accadde che alcuni atomi d'oro si attaccarono alla punta, rendendo così nulla l'opportunità di osservare il mondo atomico, ma aprendo la strada ad un nuovo utilizzo dell'STM; forse si sarebbe potuto finalmente avverare ciò che Feynman aveva predicato molti anni prima, ovvero la possibilità di "afferrare" gli atomi e ricollocarli altrove.³²

Nel 1986 Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, insieme all'inventore del microscopio elettronico Ernst Ruska, ottennero il premio Nobel per le loro scoperte.

Fu così che alla fine degli anni Ottanta, Don Eigler, un ricercatore dell'IBM Almaden Research Center, effettuò un esperimento con gli atomi che fece il giro del mondo. Egli utilizzando il microscopio a effetto tunnel, in condizioni di vuoto spinto e a bassissime temperature, riuscì a spostare 35 atomi di xeno su una superficie piatta di nichel, realizzando la famosa scritta IBM.³³ Questa immagine è molto significativa, poiché rappresenta il conseguimento di un importante obiettivo nel campo delle nanotecnologie: la manipolazione della materia atomo per atomo.

³¹ Si veda BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., pp. 47-48.

³² In PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., pp. 66-67.

³³ In PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., p. 76.

1.3.3 Il microscopio a forza atomica

Nel 1986 Gerd Binnig, con l'ausilio di altri due fisici Calvin Quate e Christoph Gerber, mise a punto un nuovo strumento rivoluzionario: il "microscopio a forza atomica" (AFM, *Atomic Force Microscope*).

Questo microscopio fu realizzato lavorando un blocco di silicio con tecniche fotolitografiche, in modo tale da creare una trave, legata saldamente al blocco, che avesse una lunghezza di circa 70 micrometri e uno spessore di mezzo micrometro; infine, all'estremità inferiore della trave (detta anche *cantilever*) venne posizionata una punta. Ogni volta che questa levetta di silicio veniva posta sopra il campione da analizzare, si verificava un'interazione con la superficie. Diversamente dall'STM che registrava la corrente del tunnel, l'AFM misurava l'intensità delle forze di attrazione e repulsione tra punta e superficie quando esse erano estremamente vicine tra loro: se gli atomi si attraevano, la levetta si incurvava verso il basso e se si respingevano, si incurvava verso l'alto. La misurazione di questa curvatura si poteva ottenere facendo cadere un raggio laser sulla levetta e registrandone la riflessione tramite un rivelatore. Ad ogni inarcamento della leva, la riflessione veniva deviata ed era possibile calcolare l'effetto della forza sulla leva.

Il microscopio a forza atomica superava un limite intrinseco al funzionamento dell'STM: mentre per quest'ultimo era indispensabile che il campione da esaminare fosse un conduttore di elettricità, l'AFM poteva essere utilizzato anche con materiali isolanti.

Grazie a questo strumento, era possibile registrare l'interazione tra la levetta e gli atomi della superficie di materiali conduttori o isolanti e ottenere così un'immagine topografica della superficie stessa.³⁴

Un interessante esperimento eseguito da Chad Mirkin, uno scienziato della Northwestern University of Chicago, mostrò un utilizzo sorprendente dell'AFM. Egli fu l'inventore della *nanolitografia a intinzione*, una tecnica che gli permise di catturare con la punta dell'ATM delle molecole organiche, principalmente atomi di carbonio, e di legarle in modo ordinato su una superficie d'oro; l'AFM era collegato ad un normale computer, tramite il quale Mirkin poteva digitare un testo che le nano-penne avrebbero trascritto sul "foglio dorato" con lettere della grandezza di pochi nanometri. Fu così che gli scienziati della Northwestern University of Chicago riuscirono a scrivere su una superficie di pochi

³⁴ Si veda BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., pp. 50-52.

nanometri per lato, una parte dello storico discorso di Feynman sulle nanotecnologie, come prova che, ciò che egli aveva predicato ancora nel 1960, stava per diventare realtà.³⁵

Il microscopio a effetto tunnel e quello a forza atomica, possono essere classificati in un'unica categoria generale nota come "microscopia a scansione di sonda" (SPM, *Scanning Probe Microscopy*), che comprende quegli strumenti che usano una sonda fisica per effettuare la scansione del campione da osservare.³⁶

Questi due microscopi offrono un'altissima risoluzione, che ci ha permesso di ottenere immagini tridimensionali del mondo atomico, un traguardo che nessun microscopio precedente era stato in grado di raggiungere. Inoltre, l'alta risoluzione li ha resi particolarmente interessanti nel campo delle nanotecnologie.

1.4 La rivoluzione del carbonio

1.4.1 Definizione di carbonio

Il carbonio rappresenta uno degli elementi più promettenti nel campo delle nanotecnologie. Già Primo Levi nella sua famosa opera del 1975, "Il sistema periodico", lo descrive così: "Il carbonio è un elemento singolare: è il solo che sappia legarsi con se stesso in lunghe catene stabili senza grande spesa di energia, ed alla vita sulla terra (la sola che finora conosciamo) occorrono appunto lunghe catene. Perciò il carbonio è l'elemento chiave della sostanza vivente".³⁷

Elemento chimico di natura non metallica, esso possiede quattro elettroni nella sua orbita più esterna che gli permettono di formare forti legami covalenti con altri atomi, in particolare, esso mostra la spiccata capacità di legarsi con altri atomi di carbonio e creare così lunghe catene di vario genere (lineari, chiuse ad anello, ramificate), le quali costituiscono le molecole principali della materia vivente. Il carbonio si trova anche in molti composti inorganici. Per esempio, se si combina con l'idrogeno, forma gli idrocarburi (petrolio, gas naturali, carbone), insieme a calcio, magnesio e ferro invece si trova nelle rocce o nel marmo; esso è presente nell'atmosfera sotto forma di anidride carbonica (CO₂). In natura il carbonio esiste anche allo stato libero, nelle due forme allotropiche del diamante e della grafite. Nel

³⁵ In PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., pp. 80-81.

³⁶ Si veda Michael KÖHLER, Wolfgang FRITZSCHE, *Nanotechnology – An Introduction to nanostructuring techniques*, Weinheim, Wiley-VCH, 2007, p. 133.

³⁷ In Primo LEVI, *Il sistema periodico*, Torino, Einaudi, 1994, p. 231.

diamante ogni atomo è unito tetraedricamente ad altri quattro atomi di carbonio, fino a formare un cristallo covalente, dotato di estrema durezza e con ottime caratteristiche di isolante elettrico. La grafite invece, presenta una struttura bidimensionale a strati, dove ogni atomo di carbonio forma un reticolo esagonale con gli altri atomi all'interno di ogni strato. Essa, rispetto al diamante, è molto diffusa in natura, è tenera e facilmente sfaldabile (è il materiale con cui sono fatte le mine delle matite) e presenta una buona conduttività elettrica.³⁸ Il carbonio quindi, è un elemento di estrema importanza sia in forma pura sia come costituente di molecole più complesse, organiche ed inorganiche. Ciò che lo ha reso particolarmente interessante nel campo delle nanotecnologie, è stata la scoperta di un nuovo allotropo del carbonio e il conseguente studio delle sue straordinarie proprietà e promettenti applicazioni.

1.4.2 Il fullerene

Nel 1985, presso la Rice University di Houston nel Texas, Richard Smalley, Robert Curl e Harold Kroto fecero una scoperta molto interessante. Essi stavano eseguendo alcuni esperimenti per acquisire nuove conoscenze sulla formazione dei cluster di carbonio nelle stelle più vecchie, le giganti rosse. Per svolgere queste ricerche, stavano usando una nuova apparecchiatura sperimentale, costituita da dei dischi di grafite sui quali era puntato un laser. La grafite, essendo irradiata dai raggi del laser, liberava atomi di carbonio che si aggregavano a formare molecole di diversa grandezza. Osservando lo spettro di massa dei cluster di carbonio che si erano formati dalle sperimentazioni, i tre chimici si accorsero di un fatto insolito e straordinario: erano presenti con una certa abbondanza aggregati stabili, formati da 60 atomi di carbonio. Queste nuove molecole, molto stabili e non reattive, rappresentavano una nuova forma allotropica del carbonio. La loro struttura non corrispondeva né a quella del diamante né a quella della grafite, ma assomigliava ad un piccolo pallone da calcio composto da 12 pentagoni e 20 esagoni, dotato di una perfetta simmetria sferica.³⁹ È per questo che il nuovo composto C₆₀ venne nominato *fullerene*, in onore del celebre architetto Richard Buckminster Fuller che aveva inventato le cupole geodesiche, ovvero costruzioni in acciaio costituite solo da pentametri ed esametri.⁴⁰

³⁸ Attestato in *Il grande dizionario enciclopedico*, Torino, Unione Tipografica – Editrice Torinese, 1986, p. 227.

³⁹ Si veda PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., pp. 45-48.

⁴⁰ In *Nanotecnologie*, Script, cit., p. 95.

Il 13 settembre 1985 venne pubblicato, sulla rivista scientifica britannica *Nature*, un articolo che descriveva questa sensazionale scoperta, la quale aveva già aperto la strada a nuove ricerche e sperimentazioni.⁴¹

In realtà, questa molecola era già stata individuata alcuni anni prima. Nel 1984 in un centro di ricerche della Exxon erano stati generati cluster di carbonio attraverso uno strumento simile a quello ideato da Smalley; lo spettro di massa rivelava in modo chiaro una particolare abbondanza di C₆₀. Tuttavia, prima del gruppo Smalley, nessuno aveva mai approfondito le ricerche su questa speciale molecola e sulle sue potenzialità.⁴²

In quali applicazioni poteva essere impiegato il fullerene? Per approfondire gli studi sulle sue proprietà e caratteristiche era necessario poterlo produrre in grandi quantità. L'apparecchiatura ideata da Smalley però era molto costosa e rendeva impossibile un impiego diffuso delle nuove molecole. Questo problema fu superato agli inizi del 1990 da un chimico tedesco Wolfgang Krätschmer, che riuscì a produrre un elevato numero di C₆₀ attraverso una tecnica semplice e a basso costo. Questo metodo prevedeva di mettere a contatto due elettrodi di grafite, fino a generare un cortocircuito che portava alla liberazione di atomi di carbonio dalla grafite stessa: la maggior parte degli aggregati che si formavano erano C₆₀.⁴³ Il fullerene quindi, poteva essere reperito con più facilità all'interno di tutti i laboratori, condizione che rendeva possibile uno studio più approfondito sulle potenziali applicazioni di questo materiale.

1.4.3 I nanomateriali del XXI secolo

Lo scienziato giapponese Sumio Iijima, studiando le diverse strutture del carbonio, aveva scoperto già da molti anni la particolare configurazione del fullerene, ma, all'epoca, si limitò a definirla "grafite sferica" senza approfondirne le ricerche. Ben presto però una scoperta sensazionale gli diede finalmente la possibilità godere per primo dei risultati delle sue ricerche.

Nel 1991, mentre stava lavorando alla produzione dei fullereni nel suo laboratorio della NEC di Tzukuba, notò che, in particolari condizioni, il carbonio assumeva una specie di forma tubolare che ricordava quella dei tubi proteici presenti negli organismi viventi. Egli aveva fatto una scoperta che avrebbe rivoluzionato il mondo delle nanotecnologie e della

⁴¹ La parte iniziale dell'articolo sulla scoperta del C₆₀ pubblicato sulla rivista *Nature* il 13 settembre 1985, è disponibile in PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., p. 49.

⁴² Si veda PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., pp. 44-45.

⁴³ In BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., pp. 70-71.

scienza dei materiali, aveva individuato una nuova sostanza che venne battezzata con il nome di *nanotubo di carbonio*.⁴⁴

Per produrre i nanotubi, Iijima generò una scarica elettrica avvicinando tra loro due elettrodi di grafite. In questo modo gli elettroni, muovendosi attraverso il gas elio che li circondava, si spostarono da un elettrodo all'altro, formando minuscoli tubicini che contenevano vari strati concentrici inseriti gli uni dentro gli altri. Iijima aveva scoperto i nanotubi a parete multipla (MWNTs, *multi-walled nanotubes*), mentre quelli a parete singola (SWNTs, *single-walled nanotubes*) riuscì ad ottenerli solo due anni più tardi.⁴⁵

Per immaginare un nanotubo di carbonio, possiamo pensare ad un foglio di grafite arrotolato su se stesso, il quale va a formare una specie di reticolato cilindrico, fatto di atomi di carbonio a struttura esagonale e chiuso alle estremità da due calotte emisferiche. In base all'allineamento degli esagoni sulla parete dei nanotubi, si possono ottenere tre conformazioni con caratteristiche diverse. Quando le file di esagoni sono parallele alla circonferenza del tubo, si ottiene il *nanotubo armchair*, che ha la proprietà di essere un buon conduttore. Se le file di esagoni sono parallele al loro asse longitudinale esse formano il *nanotubo a zigzag*, mentre se vengono "arrotolate" in modo obliquo attorno al tubo formano il *nanotubo chiral*. In queste ultime due configurazioni, i nanotubi di carbonio possono comportarsi sia come conduttori, sia come semiconduttori.^{46 47}

I nanotubi di carbonio, grazie alle loro proprietà straordinarie, sono attualmente oggetto di interessanti studi nel campo delle nanotecnologie. Essi hanno una grandissima resistenza meccanica che supera di 100 volte quella dell'acciaio, mantenendo però un peso 6 volte più piccolo. Se non è presente ossigeno nell'atmosfera, non si decompongono nemmeno a temperature di 2000 °C e sono inoltre dotati di grandissima flessibilità che permette loro di piegarsi fino a 90° senza spezzarsi. Essi, in particolare se li consideriamo nella loro variante metallica ovvero i nanotubi armchair, presentano una grande conducibilità elettrica, molto superiore a quella del rame, che gli consente di condurre un miliardo di ampere per centimetro quadrato, senza dissipare calore. Questo permetterebbe ai nanotubi di essere utilizzati per realizzare cavi elettrici molto più efficienti, che potrebbero collegare grandi distanze a costi molto bassi.⁴⁸

⁴⁴ In *Nanotecnologie*, Script, cit., p. 95.

⁴⁵ In BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., pp. 70-71.

⁴⁶ Si veda BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., pp. 72-73.

⁴⁷ Per un ulteriore approfondimento si veda Bharat BHUSHAN (ed.), *Springer Handbook of Nanotechnology*, New York, Springer, 2007, pp. 44-45.

⁴⁸ In *Nanotecnologie*, Script, cit., pp. 96-97.

Una delle applicazioni più promettenti dei nanotubi di carbonio la troviamo nel campo dell'elettronica, o meglio della nanoelettronica. I nanotubi potrebbero sostituire il silicio nella produzione di transistor, superando così i limiti della miniaturizzazione e permettendo ai computer di migliorare in modo straordinario la loro velocità di calcolo. Essi potrebbero inoltre essere utilizzati come elementi di trasmissione di informazione in nanocircuiti elettronici, anche se in questo caso ci troviamo ancora in una fase puramente sperimentale.⁴⁹ Le ricerche sull'utilizzo dei nanotubi di carbonio in elettronica si estendono anche alla produzione di sensori, di batterie e di schermi piatti per computer e televisori.⁵⁰

La loro estrema resistenza e flessibilità, li rende ideali per applicazioni interessanti nel settore dei nanocompositi, in particolare, a livello di rinforzo dei materiali ceramici.⁵¹

Un gruppo di ingegneri Goddard Space Flight Center della Nasa di Greenbelt nel Maryland, ha scoperto che, rivestendo un substrato di silicio, nitruro di silicio e acciaio inossidabile con un sottilissimo strato di nanotubi di carbonio a multi-parete, questo nuovo materiale è in grado di assorbire più del 99% della radiazione ultravioletta, visibile ed infrarossa che incide su di esso. Questa recente scoperta ha aperto nuove strade alla ricerca nel campo delle tecnologie per le esplorazioni spaziali.⁵²

Sempre nel settore aerospaziale, la Nasa sta pensando da diversi anni ad un'altra possibile applicazione dei nanotubi, che a noi potrebbe apparire fantascientifica: la creazione di una fune chilometrica che consentirebbe di realizzare un ascensore fra le stelle. Quest'idea, descritta inizialmente nel romanzo di Arthur C. Clarke in *“Le fontane del paradiso”*, cominciò ad essere studiata seriamente dalla Nasa, in particolare da David Smitherman, che traccia le linee guida del progetto nel suo libro *“Space Elevators: An Advanced Earth-Space Infrastructure for the New Millennium”* (in italiano *“Ascensori spaziali: una infrastruttura evoluta per il nuovo millennio”*). Se si collegasse per mezzo di un lunghissimo cavo la terra ad un satellite posto in orbita geostazionaria, sarebbe possibile trasportare materiali o persone tramite veicoli spaziali connessi al cavo. Materiali promettenti per realizzare tale cavo sono proprio i nanotubi di carbonio. Essi, infatti, sono materiali leggeri ma estremamente resistenti, che possono raggiungere e superare la forza di resistenza di 62 Gpa (gigapascal, l'unità di

⁴⁹ “Questo risolverebbe (o almeno aiuterebbe a risolvere) una parte del problema dei fili: se potessi impiegare un nanotubo per portare elettroni da una molecola a un'altra, entrambe agenti come elementi di memoria, e poi potessi connetterle con un altro tipo di molecola, in grado di compiere operazioni logiche, avrei evidentemente realizzato un semplice ma funzionante nanocircuito elettronico progettato a partire dalla scala molecolare.” NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., p. 67.

⁵⁰ Si veda *Nanotecnologie*, Script, cit., p. 99.

⁵¹ In NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., p. 63.

⁵² Si veda “Un nuovo materiale più nero del nero”, *Le Scienze*, 2011, sul sito http://www.lescienze.it/news/2011/11/11/news/pi_nero_del_nero_il_nuovo_materiale_nano-strutturato_della_nasa-654744/.

misura della forza di tensione), soglia che la Nasa aveva l'obiettivo di raggiungere per poter realizzare un ascensore spaziale di grande efficienza.⁵³

In alcuni campi i nanotubi sono già in commercio. Essi si trovano in articoli sportivi per alte prestazioni come manubri per mountain bike, biciclette da corsa, racchette da tennis.⁵⁴

Nel settore automobilistico, sono utilizzati all'interno dei conduttori di benzina per impedire che si generino correnti elettriche di perdita, da cui potrebbero originarsi delle scintille. Inoltre, per la loro buona conducibilità, se applicati all'interno della verniciatura delle parti in plastica delle automobili, essi possono garantire una stesura del colore più omogenea.⁵⁵

Per il momento però, sono ancora molte le ricerche che devono essere fatte sulle loro proprietà e sulle loro tecniche di produzione, per poterne migliorare le prestazioni e poterne abbassare i costi. In particolare, durante i processi di sintesi, molti nanotubi presentano delle imperfezioni e rendono necessaria la purificazione del prodotto per eliminarne la parte difettata. Più lo scarto di nanotubi di carbonio è elevato, maggiori sono i costi che si devono sostenere per produrre una certa quantità di prodotto. Questo è un fattore che limita la produzione e lo studio di nanotubi di carbonio a pochi centri specializzati.⁵⁶

Tuttavia, in un prossimo futuro i nanotubi di carbonio potrebbero essere impiegati in moltissimi settori e nelle più svariate applicazioni; la loro scoperta, infatti, ha aperto notevoli prospettive nel campo delle nanotecnologie.

1.5 Le applicazioni delle nanotecnologie

1.5.1 Nanoparticelle e nuovi materiali

Una delle caratteristiche principali delle nanotecnologie, oltre alla multidisciplinarietà, è la *multisetorialità*.⁵⁷ I metodi e i principi di questa disciplina rivoluzionaria si estendono ai campi di ricerca più svariati, ragione per cui le sue applicazioni stanno influenzando quasi tutti i settori industriali. Ciò che rende le nanotecnologie una materia così interessante, è il fatto che esse permettano di realizzare prodotti con caratteristiche e proprietà estremamente innovative, migliori rispetto a quelli già esistenti sul mercato oppure del tutto nuovi.

⁵³ Si veda *Nanotecnologie*, Script, cit., p. 100.

⁵⁴ Si veda *Nanotecnologie*, Script, cit., p. 99.

⁵⁵ In BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., p. 97.

⁵⁶ Si veda *Nanotecnologie*, Script, cit., p. 99.

⁵⁷ CHIESA, DE MASSIS, *La nanoindustria*, cit., p. 9.

La microstruttura di un materiale solido⁵⁸ determina fortemente le caratteristiche del materiale stesso a livello macrometrico. Per esempio, la durezza del carbonio cambia, se esso si trova nella forma del diamante o della grafite. È per questo che quando un materiale viene trattato a livello nanometrico, esso può manifestare proprietà nuove o del tutto imprevedibili alla macroscale.⁵⁹

Come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, le proprietà fisiche e chimiche della materia dipendono dalle sue dimensioni: particelle di dimensioni nanometriche possono dar vita a prestazioni molto particolari. L'oro per esempio, è un elemento chimicamente inerte, ma se si presenta in forma nanodimensionata diventa reattivo e addirittura solubile: è grazie a questo fenomeno che i maestri vetrai tedeschi del XIII secolo, disperdendo nel vetro nanoconchiglie d'oro, riuscirono ad impartire le tradizionali colorazioni alle vetrate delle cattedrali gotiche.

Nelle nanoparticelle gli atomi presenti sulla superficie acquistano un'importanza particolare. Infatti, diversamente dalla materia "massiva", la percentuale degli atomi esposti in superficie diventa significativa rispetto al numero totale degli atomi di una nanoparticella. Questa proprietà è particolarmente importante nei processi catalitici. Un catalizzatore è una sostanza che velocizza e riduce il costo energetico di una reazione chimica, rimanendo però inalterata nel corso della stessa. Grazie agli studi in campo nanotecnologico, si è scoperto che l'uso di particelle metalliche di dimensioni nanometriche, i *nanocatalizzatori*, potrebbero offrire prestazioni molto superiori rispetto ai tradizionali catalizzatori. La ragione è molto semplice. Durante i processi di catalisi, le reazioni avvengono sulla superficie del catalizzatore e non al suo interno. Se in un catalizzatore tradizionale la maggior parte degli atomi si trova confinata negli strati interni, nelle nanoparticelle invece risiede in superficie e, per questo motivo, a parità di materiale utilizzato tali particelle saranno più efficienti.⁶⁰ Si è scoperto che le nanoparticelle di oro sono molto promettenti come catalizzatori. Esse possono essere impiegate sia nelle automobili, dove permettono di scomporre sostanze nocive, come il monossido di carbonio, in particelle innocue, sia nelle celle a combustibile, le quali hanno un'autonomia più lunga rispetto alle normali batterie e producono energia in modo più efficiente attraverso un processo pulito.⁶¹

⁵⁸ "Le proprietà di un materiale solido dipendono dalla sua microstruttura, ossia dalla composizione chimica, dalla struttura atomica, dalle dimensioni e dalla forma del materiale stesso in una, due o tre dimensioni." CHIESA, DE MASSIS, *La nanoindustria*, cit., p. 20.

⁵⁹ Si veda *Nanotecnologie*, Script, cit., p. 14.

⁶⁰ Si veda PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., pp. 119-121.

⁶¹ Fonte: www.cordis.lu/nanotechnology.

Molti sono i prodotti (alcuni già in commercio) che hanno migliorato proprietà e prestazioni grazie alla dispersione di nanoaggregati al loro interno. Un esempio molto interessante lo troviamo nell'industria cosmetica. Le particelle di biossido di titanio (TiO_2) quando si trovano al di sotto dei 50 nm perdono il loro caratteristico colore bianco per diventare trasparenti. Particelle di tale entità infatti, non assorbono più la luce visibile che ha una lunghezza d'onda maggiore delle stesse, ma riescono ad assorbire i raggi ultravioletti che sono dannosi per i nostri tessuti cellulari. È per questo che sono molto efficienti nelle creme solari, perché il loro impiego consente di ottenere una buona abbronzatura, impedendo al contempo il passaggio delle radiazioni più pericolose. Nel 1972, la ditta giapponese Shiseido brevettò l'uso di TiO_2 nelle creme solari. Da quel momento il loro impiego è di gran lunga migliorato ed è diventato fondamentale nelle creme con un livello di protezione superiore a 15.⁶²

Anche l'industria automobilistica è stata influenzata dall'ondata di innovazione portata dalle nanoparticelle. Durante la lavorazione degli pneumatici, se nella matrice polimerica vengono disperse sostanze inorganiche di taglia nanometrica, le nuove interazioni che si creano possono portare ad un miglioramento di alcune proprietà fondamentali come la resistenza all'usura o l'aderenza all'asfalto. Questo rappresenta un vantaggio soprattutto nel settore delle corse, dove gli pneumatici devono poter garantire prestazioni superiori.⁶³ Inoltre, le carrozzerie delle automobili potrebbero diventare più resistenti ma al contempo più leggere, se le materie plastiche che le costituiscono venissero rafforzate con dei dischetti di silicati (*nanoflakes*), inseriti in strati paralleli. Come abbiamo visto, esistono anche interessanti applicazioni dei nanotubi di carbonio nella verniciatura delle parti in plastica delle automobili o nei conduttori di benzina.⁶⁴

I progressi in campo nanotecnologico e la ricerca di materiali innovativi, influenzeranno anche il settore tessile. La creazione di nuove fibre di qualità e l'impiego di nanoparticelle all'interno delle stoffe, permetteranno di ottenere dei prodotti con caratteristiche straordinarie, come la funzione antibatterica o la proprietà autopulente. Nel 1980, due imprenditori americani Wilbert Gore e il figlio Robert, inventarono un nuovo tessuto sintetico dotato di elevate capacità traspiranti e idrorepellenti: il Gore-Tex. Grazie alle sue qualità, esso cominciò ad essere utilizzato principalmente per l'abbigliamento sportivo, dove era sfruttata una delle sue caratteristiche principali, ovvero l'estrema leggerezza.⁶⁵

⁶² Si veda BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., pp. 95-96.

⁶³ In NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., p. 63.

⁶⁴ Si veda BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., p. 97.

⁶⁵ Per un ulteriore approfondimento sul Gore-Tex e i nuovi materiali realizzati con le nanotecnologie, si veda *Nanotecnologie*, Script, cit., pp. 153-157.

Si è sviluppata un'interessante tecnologia che porterà numerose innovazioni nel campo della tecnologia dei materiali: stiamo parlando del *processo Sol-Gel*. Introdotto negli anni Trenta e brevettato nel 1939, questo procedimento permette di fabbricare materiali, tipicamente ceramici, partendo da precursori in fase liquida. Esso consiste nel produrre un sol, ovvero una dispersione colloidale in cui goccioline di silicio si trovano sospese in una soluzione conduttrice. Quando il sol viene scaldato o viene fatto asciugare, la soluzione evapora, mentre le goccioline di silicio si legano a formare una spessa trama. In questo momento il sol è diventato un gel viscoso.⁶⁶ Esistono diverse applicazioni del processo sol-gel, grazie alle quali è possibile realizzare materiali molto innovativi. Per esempio, se si stendesse su una superficie un sottile strato di sol nel quale sono aggiunte lunghe molecole di fluorosilani, esse si disporrebbero in modo da creare una nuova superficie con caratteristiche particolari. Grazie alla presenza del fluoro, lo strato ottenuto è duro, trasparente, e presenta le straordinarie proprietà di oleofobia e idrofobia. Esso infatti, impedisce alle lacche e ai collanti di aderire alla superficie, la quale, come nel famoso effetto loto, fa scivolare via anche le molecole d'acqua e con esse la sporcizia, permettendo una pulizia più facile. Con questo procedimento sarà possibile realizzare vernici antigraffio di qualità sempre maggiore, che ci faranno scordare molti problemi quali i graffi alle carrozzerie delle auto o i residui lasciati dai poster.⁶⁷ Il processo sol-gel è utilizzato in molti settori industriali per la produzione di diversi materiali come i rivestimenti autopulenti, antiriflesso o anticorrosione, i sensori di gas e i dispositivi optoelettronici.⁶⁸

Lo studio delle nanotecnologie per lo sviluppo di nuovi materiali, trova impiego anche nel campo militare. A questo scopo, il Massachusetts Institute of Technology (MIT), nel marzo del 2002, ha fondato l'Institute for Soldier Nanotechnology (ISN), con l'obiettivo di studiare materiali innovativi per le tenute da combattimento dei militari. Leggero e pratico, questo nuovo abbigliamento è progettato per integrare al suo interno meccanismi di difesa, strumenti di comunicazione e addirittura controlli medici. Le moderne armature non avranno solo la funzione di proteggere i soldati, ma potranno anche aiutarli in caso di ferite o dare loro una forza supplementare. Il MIT infatti sta studiando un modo per integrare alle tenute da combattimento delle fibre muscolari artificiali, che consentiranno ai soldati di sollevare con estrema facilità carichi molto elevati.⁶⁹

⁶⁶ Fonte: www.cordis.lu/nanotechnology

⁶⁷ Si veda BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., pp. 92-93.

⁶⁸ Ulteriori applicazioni del processo sol-gel sono disponibili sul sito www.nanofab.it.

⁶⁹ Si veda BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., pp. 140-143.

1.5.2 Le nanotecnologie e l'ambiente

Le nanotecnologie saranno più importanti per il progresso dell'umanità quanto più sfrutteranno le risorse energetiche rinnovabili e si preoccuperanno della tutela dell'ambiente. Una delle sfide maggiori della nostra società, è proprio la lotta contro l'inquinamento, ed è per questo che è necessario utilizzare fonti di energia pulite che non danneggino il nostro pianeta.

Il sole costituisce una delle fonti di energia primarie sulla terra. La vegetazione riceve da esso l'irraggiamento luminoso fondamentale per dar vita a quel processo chiamato *fotosintesi*, attraverso il quale essa produce l'energia chimica per la sua sopravvivenza. Se l'uomo seguisse l'esempio della natura, potrebbe costruire dispositivi in grado di convertire l'energia solare in energia utile allo svolgimento delle sue attività. Attualmente, le tecnologie più utilizzate in questo senso, riguardano il campo del fotovoltaico, che però non ha ancora raggiunto soddisfacenti gradi di efficienza. L'*effetto fotovoltaico*, consiste nel generare corrente elettrica tramite l'assorbimento dei fotoni di luce da parte di alcuni materiali. I pannelli fotovoltaici tuttora in uso sono costituiti da strati di silicio mono- o poli-cristallino spessi 0,2-0,3 mm. Il problema di questi materiali è che il loro processo di produzione è molto costoso, e questo costituisce un limite per la loro diffusione.

Lo sviluppo delle ricerche nanotecnologiche in questo settore potrebbe offrirci delle soluzioni molto promettenti. I film nanostrutturati di silicio amorfo sono una valida alternativa al silicio cristallino; essi sono più economici e di più facile produzione, ed inoltre, essendo molto sottili, permettono un utilizzo minore di silicio. Tuttavia il loro livello di efficienza è ancora basso e quindi, per il momento, non costituiscono ancora la soluzione migliore.⁷⁰

Sono molti i progetti che si stanno sviluppando per la realizzazione di nanocelle solari basate su materiali diversi dal silicio. Le *celle di Grätzel* ne sono un ottimo esempio. Esse sono formate da sottili strati di TiO^2 (di circa 10 μm di spessore), ai quali sono legate alcune molecole di colorante. Queste molecole catturano l'energia luminosa e la trasmettono chimicamente al TiO^2 , attraverso il quale cominciano a muoversi gli elettroni permettendo il passaggio di corrente elettrica. Nonostante alcuni vantaggi, come la lunga durata della vita degli elettroni nel TiO^2 , il rendimento delle celle di Grätzel corrisponde alla metà di quello delle celle tradizionali; ciò le porta ad essere ancora poco competitive sul mercato.⁷¹

⁷⁰ Si veda PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., pp. 135-136.

⁷¹ Per un ulteriore approfondimento sulle celle di Grätzel si veda BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., p. 130.

Attualmente sono state progettate celle fotovoltaiche fatte di alcuni materiali plastici nanostrutturati. È stato scoperto infatti che essi riescono a catturare la parte infrarossa della luce solare, e questo li ha resi molto interessanti per la produzione di energia. Lo sviluppo di queste “celle solari plastiche” potrebbe portare alla creazione di celle solari molto più efficienti rispetto a quelle tuttora in uso.⁷²

Per risolvere il problema dell'inquinamento, è necessario avvalersi di energie alternative alle fonti tradizionali quali i combustibili fossili. Per esempio, il grande sfruttamento dei giacimenti petrolio sta provocando gravi conseguenze per l'ambiente, sia perché tale risorsa potrebbe presto esaurirsi, sia per gli svantaggi legati all'immissione di gas nocivi nell'atmosfera. Come abbiamo visto, tramite i pannelli fotovoltaici è possibile produrre energia elettrica sfruttando l'irraggiamento solare. Una nuova prospettiva per l'approvvigionamento di energia pulita, riguarda invece lo sfruttamento di un vettore energetico innovativo: l'idrogeno. Esistono diversi motivi che fanno sperare in un suo utilizzo futuro. Innanzitutto l'idrogeno non inquina. Se viene bruciato, ossia viene fatto reagire con l'ossigeno, esso si trasforma in semplice vapore acqueo, non nocivo per l'atmosfera. In compenso però, è molto abbondante in natura (è la sostanza più diffusa nell'universo) e può produrre una grande quantità di energia: a parità di peso, l'idrogeno contiene energia utile tre volte superiore a quella della benzina. Questo elemento quindi, potrebbe risolvere tutti quei problemi legati all'impatto ambientale dei combustibili fossili. Tuttavia, le difficoltà di reperibilità e di stoccaggio ne limitano ancora l'uso. Esso infatti in natura non esiste allo stato puro, e per questo, è necessario prima di tutto separarlo dagli elementi a cui è legato.⁷³ Il processo più promettente per la produzione dell'idrogeno è considerato l'*elettrolisi*⁷⁴, poiché non fa uso di gas naturali o di idrocarburi come invece molti altri processi. Questo metodo, che consiste nel ricavare idrogeno e ossigeno a partire dall'acqua (H₂O), potrebbe essere notevolmente migliorato in futuro, soprattutto grazie all'intervento delle nanotecnologie, che permettono di utilizzare materiali nanostrutturati sempre più efficienti.

Una volta che l'idrogeno è stato prodotto, emerge un secondo problema: come si può immagazzinarlo e trasportarlo? Anche in questo caso le nanotecnologie offrono soluzioni molto interessanti. Se l'idrogeno venisse liquefatto, potrebbe poi essere pressato e trasportato

⁷² Si veda PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., p. 137.

⁷³ In *Nanotecnologie*, Script, cit., pp. 110-111.

⁷⁴ “Il cuore del sistema è rappresentato da uno strato di nanoparticelle con diametro di circa 30 nm di un semiconduttore come il biossido di titanio su un elettrodo collegato a un secondo elettrodo metallico, il tutto immerso in una soluzione acquosa. L'acqua si infila tra le nanoparticelle di ossido reagendo in modo rapido – grazie all'elevata superficie di contatto – generando ioni idrogeno (H⁺) ed elettroni. Gli ioni idrogeno migrano verso l'elettrodo metallico, dove si ricombinano con gli elettroni che fluiscono attraverso il circuito, formando atomi e poi molecole di idrogeno, H₂.” PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., pp. 141-142.

all'interno delle bombole. In questo caso però il rischio sarebbe molto alto, poiché esso è un elemento molto reattivo e se per errore si combinasse con l'ossigeno dell'atmosfera, creerebbe una grande esplosione. Un'alternativa, molto promettente per lo stoccaggio automobilistico, sarebbe quella di legare l'idrogeno con idruro metallico. Questo processo però è ancora in fase di sperimentazione, infatti, se si volesse fare il pieno della propria auto utilizzando idrogeno liquefatto con idruro di metallo invece della benzina, questa operazione potrebbe durare più di un'ora. L'Institut für Nanotechnologie di Karlsruhe, ha scoperto che se si utilizzassero nanoparticelle di titanio come catalizzatori, i tempi di immagazzinamento si ridurrebbero dell'80%.⁷⁵

I materiali nanoporosi potrebbero costituire una buona soluzione per lo stoccaggio dell'idrogeno. In natura essi esistono sottoforma di *zeoliti*, che sono delle specie di spugne inorganiche al cui interno si trovano cavità di forma e dimensioni regolari. La loro particolarità è che esse fungono da veri e propri "setacci molecolari" che, in base alla grandezza delle loro cavità interne, consentono il passaggio solo ad alcune molecole e fanno avvenire solo determinati tipi di reazione. Esse inoltre, sono ottime nell'assorbire gas di ogni tipo, e per questo sono state considerate una buona alternativa per l'immagazzinamento dell'idrogeno. Le zeoliti però, presentano il limite di poter immagazzinare solo l'1% in peso di idrogeno. Essendo poi molto pesanti, rendono il trasporto poco efficiente e soprattutto poco economico.⁷⁶ Le ricerche stanno portando alla realizzazione di nuovi materiali nanoporosi, più leggeri e di buone prestazioni, ovvero i MOF⁷⁷ (*Metal-Organic Frameworks*). La produzione di questi materiali nanostrutturati è in continuo miglioramento, e permetterà di immagazzinare un volume sempre più grande di idrogeno in modo efficiente e sicuro. Una volta risolti i problemi di produzione e di stoccaggio, l'idrogeno avrà tutte le potenzialità di diventare il vettore energetico del futuro.

Le nanotecnologie possono essere impiegate non solo per prevenire l'inquinamento, ma anche per eliminarlo quando esso è già presente sul nostro pianeta. Le acque di scarico prodotte dalle attività agricole sono molto nocive per il terreno. Un chimico dell'Università di Tokyo, Kazuhito Hashimoto, ha affermato che se l'agricoltura funziona grazie ai fenomeni di fotosintesi attivati dall'energia solare, anche i suoi rifiuti potrebbero essere eliminati tramite l'irraggiamento luminoso. Le nanoparticelle di biossido di titanio sono degli ottimi fotocatalizzatori, che sfruttano l'azione della luce per decomporre le sostanze inquinanti presenti nell'atmosfera. Hashimoto fece un esperimento con l'acqua di scarico di una serra di

⁷⁵ In *Nanotecnologie*, Script, p. 112.

⁷⁶ Si veda PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., p. 143.

⁷⁷ PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., p. 143.

pomodori. Egli dimostrò che, convogliando l'acqua inquinata all'interno di una vasca di quattro metri quadri di superficie e rivestita con un materiale ceramico interconnesso da nanoparticelle di TiO_2 , essa diventava più limpida dopo poche ore. Questo avveniva perché il biossido di titanio ossidava i fosfati rendendoli innocui, mentre le sostanze organiche erano liberate nell'atmosfera sotto forma di anidride carbonica.⁷⁸ Lo sfruttamento di un fenomeno naturale come il processo di fotocatalisi si è rivelato molto promettente per eliminare l'inquinamento, non solo in agricoltura, ma anche in altri settori come quello dell'edilizia. La ditta italiana Italcementi ha brevettato il *TX Active*, un principio attivo fotocatalitico che, applicato ai prodotti cementizi, ma anche ad intonaci o pavimentazioni, permette di eliminare le sostanze inquinanti organiche ed inorganiche presenti nell'atmosfera. Esso è molto efficace negli ambienti urbani, dove gli scarichi della automobili producono polveri sottili e ossidi di azoto molto nocivi per la nostra salute.⁷⁹

1.5.3 La nanomedicina

Le applicazioni delle nanotecnologie sembrano essere molto promettenti nel campo della medicina. Al giorno d'oggi infatti, le terapie tradizionali prevedono l'introduzione di una grande quantità di "molecole-farmaco" nel nostro organismo, con lo scopo di attaccare ed eliminare le cellule malate. Il limite di questi trattamenti consiste nell'effetto collaterale. I farmaci vanno a colpire non solo le cellule malate, ma anche quelle sane, provocando talvolta dei sintomi indesiderati.⁸⁰

Come abbiamo visto, le particelle di taglia nanometrica acquistano proprietà del tutto nuove. Esse, per le loro dimensioni, sono in grado di attraversare facilmente le pareti cellulari senza essere neutralizzate dagli anticorpi. Grazie a questa caratteristica, le nanoparticelle diventano particolarmente adatte a svolgere l'importante compito di somministrazione dei farmaci (*drug delivery*⁸¹), trasportandoli in modo controllato all'interno dell'organismo, con l'obiettivo di colpire nello specifico solo i tessuti malati. I farmaci vengono disciolti all'interno delle nanoparticelle o inglobati sotto forma di capsule e, al momento opportuno, sono rilasciati sull'organo da curare. Grazie a questo processo, è possibile agganciare alle nanoparticelle anche molecole non idrosolubili, che potranno così essere veicolate

⁷⁸ Si veda BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., pp. 134-135.

⁷⁹ Fonte: www.italcementigroup.com

⁸⁰ In BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., p. 120.

⁸¹ Günter SCHMID, *Nanotechnology. Volume 1: Principles and Fundamentals*, Weinheim, Wiley-VCH, 2008, p. 21.

nell'organismo senza ostacoli, condizione che ha aperto nuove vie di ricerca per la chimica farmacologica.⁸²

È stato scoperto che certe particelle sono particolarmente adatte ad eliminare le cellule tumorali. Per esempio, se nanoparticelle di silice ricoperte da un sottile strato d'oro vengono colpite da una radiazione infrarossa, esse si scaldano fino a 55 °C, e quindi, se sono legate ad una cellula malata, riescono a neutralizzarla. Per ottenere una cura mirata ai tumori, è necessario però che tali corpuscoli siano in grado di riconoscere i tessuti malati, per esempio legando ad essi delle molecole che svolgano questa funzione. Tuttavia questi processi sono ancora in fase sperimentale.⁸³

Ricerche molto interessanti sono state realizzate dal ricercatore Andreas Jordan e la sua squadra di Berlino, che, in collaborazione con lo Saarbrücker Institut für neue Materialien (INM), hanno sperimentato le notevoli proprietà di alcune particelle, dette *superparamagnetiche*. Esse si legano alle cellule tumorali e, una volta esposte ad un campo magnetico alternato, cominciano ad agitarsi e a scaldare il tessuto malato fino ad eliminarlo. Queste particelle hanno la caratteristica di perdere il loro magnetismo ogniqualvolta il campo viene interrotto, e quindi possono essere smaltite dal nostro organismo insieme ai tessuti morti.⁸⁴

Le ricerche nel settore sanitario, hanno l'obiettivo di creare prodotti farmaceutici più efficienti di quelli già sul mercato. L'utilizzo di nanopolveri di medicinali⁸⁵, garantiranno un'assimilazione più rapida dei principi attivi, accrescendo la speranza di salvezza per i pazienti con i casi più gravi. Alcuni semplici farmaci per l'automedicazione si trovano già in commercio. È il caso di uno spray antibatterico⁸⁶ costituito da nanoparticelle di una sostanza a base d'argento, il quale permette di disinfettare in modo veloce ed efficace tagli e abrasioni della cute.

Se queste tecniche riuscissero a sostituire quelle tradizionali, si raggiungerebbero dei progressi straordinari in campo medico. Le nanotecnologie, in questo caso la nanomedicina, potrebbe essere la soluzione migliore per eliminare malattie finora difficili da curare, come alcuni tumori. In particolare, essa potrebbe essere indispensabile per lo sviluppo di terapie in grado di subentrare alla chemioterapia, processo molto nocivo per la salute umana, perché espone anche le cellule sane a grandi quantità di farmaci molto tossici. A questo scopo, stanno

⁸² Si veda NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., pp. 88-90.

⁸³ Per un ulteriore approfondimento sui *nanogusci d'oro* si veda PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., pp. 163-164.

⁸⁴ Per un ulteriore approfondimento si veda BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., pp. 121-124.

⁸⁵ In NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., pag. 89.

⁸⁶ In NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., p. 88.

cominciando ad essere utilizzati i nanotubi di carbonio, anche se per il momento sono ancora in fase sperimentale. Queste sostanze permettono di inglobare al loro interno principi chimici fortemente citotossici per la cura dei tumori polmonari. Quando raggiungono i polmoni, i nanotubi iniziano a bruciare a causa dell'abbondanza di ossigeno in quella regione dell'organismo, e ciò permette loro di rilasciare i farmaci esclusivamente sui tessuti tumorali.⁸⁷

Gli sviluppi in nanomedicina, stanno portando alcuni scienziati a sognare la possibilità di cambiare il destino dell'uomo, eliminando un processo naturale inevitabile per tutti gli esseri viventi: la morte. Questi scienziati, detti *transumanisti*⁸⁸, sperano di poter creare nanomacchine capaci di riparare tutti i tessuti che col tempo iniziano a degenerare, di curare le cellule malate e sostituire quelle difettose. Robert A. Freitas⁸⁹, ricercatore presso l'Institute for Molecular Manufacturing (IMM) di Palo Alto in California, fu il primo a ipotizzare la possibilità di produrre in laboratorio il *nanosangue*⁹⁰. Questo sangue artificiale contiene 500 miliardi di nanorobot, tra cui i "respirociti" (globuli rossi artificiali con la funzione di trasportare l'ossigeno nel corpo) e i "vascolociti" (cellule riparatrici). Il nuovo sistema vascolare immaginato da Freitas, avrebbe il vantaggio di impedire l'accesso a tutti i parassiti del sangue, di migliorare il sistema di difesa del nostro organismo e di permettere il trasporto di una quantità d'ossigeno 200 volte superiore a quella scambiata normalmente dal nostro organismo.

Un campo di applicazione interessante per la nanomedicina riguarda la diagnostica medica. Le nanoparticelle metalliche, quando assorbono le radiazioni elettromagnetiche, assumono colorazioni diverse in base alle loro dimensioni. Questa proprietà può essere sfruttata per creare un vero e proprio sistema di "etichettatura" delle molecole biologiche, ognuna delle quali viene assegnata ad una specifica nanoparticella che le consente di essere identificata con un determinato colore. Questa applicazione risulta essere molto efficace per lo studio delle cellule e dei tessuti all'interno del nostro organismo. Inoltre, "etichettando" a livello molecolare le sostanze farmacologiche è possibile studiarne la distribuzione all'interno dell'organismo, e questo permetterà di riuscire ad identificare il giusto dosaggio di ogni farmaco per ogni singolo individuo.⁹¹ Le ricerche nel settore della diagnostica medica, stanno portando a risultati sempre più sorprendenti, uno di questi è la creazione del "laboratorio su

⁸⁷ Si veda NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., p. 90.

⁸⁸ BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., p. 127.

⁸⁹ Si veda www.rfreitas.com.

⁹⁰ BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., p. 128.

⁹¹ In PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., p. 167.

processore” (in inglese, *lab-on-chip*)⁹². Compatto ed economico, esso permette di realizzare un vero e proprio “nanolaboratorio” su un singolo chip grande qualche centinaio di millimetri quadrati, sul quale sono costruiti tramite fotolitografia minuscoli canali. In questi canali è possibile quindi inserire nanosensori che, fungendo da strumenti di diagnosi, sono in grado di eseguire in modo preciso analisi mediche di una certa complessità. Attualmente, alcuni di questi dispositivi sono già in vendita, per esempio quelli per l’analisi dell’AIDS. In un prossimo futuro essi potrebbero essere sempre più presenti nella vita di tutti i giorni, consentendoci di eseguire in modo rapido molte analisi mediche direttamente a casa nostra.

1.6 La nanoelettronica

1.6.1 Dalle valvole termoioniche verso la microelettronica

Una delle grandi sfide delle nanotecnologie è quella di riuscire a superare il limite della miniaturizzazione dei dispositivi elettronici.

L’elettronica, negli ultimi decenni, ha profondamente cambiato la nostra società, poiché ha cominciato ad estendersi non solo nei settori produttivi e nel lavoro, ma anche nella vita di tutti i giorni, spaziando dalla telefonia all’informatica.

Possiamo dire che l’elettronica nacque nel 1907 con l’invenzione delle *valvole termoioniche*⁹³, le quali rivoluzionarono le radio dell’epoca aprendo l’era delle comunicazioni di massa. Questi dispositivi, in grado di amplificare e modulare i segnali elettrici, consentivano di propagare il suono della radio, che poteva così essere ascoltata da tutti senza più il bisogno dell’uso delle cuffie. Le valvole termoioniche dominarono la scena per più di mezzo secolo, e permisero ai primi televisori della seconda guerra mondiale di amplificare i segnali raccolti dalle antenne e anche di regolare la luminosità delle immagini. Esse rappresentavano il cuore delle apparecchiature elettriche di quel periodo, ma ben presto divennero il limite per la loro miniaturizzazione. Questi apparecchi, infatti, erano molto ingombranti e non potevano essere ridimensionati a causa dei principi fisici che li facevano funzionare. Lo sviluppo tecnologico dovette perciò percorrere una strada diversa,

⁹² In PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., p. 168.

⁹³ Per un ulteriore approfondimento sulle valvole termoioniche si veda NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., nel capitolo “schede di approfondimento”, la scheda 1 – come funziona una valvola termoionica, pp. 131-133.

abbandonando le valvole termoioniche in vista di dispositivi più piccoli, ma allo stesso tempo più efficienti.⁹⁴

Nel 1947 tre scienziati della Bell Labs, Walter Brattain, John Bardeen e William Shockley, fecero una scoperta molto interessante che segnò il passaggio dalla elettrotecnica classica alla microelettronica: il *transistor*. La loro invenzione garantiva vantaggi molto superiori rispetto alle tecnologie precedenti. Innanzitutto, l'impiego di transistor al posto delle valvole, avrebbe permesso a radio e televisori di entrare in funzione appena dopo l'accensione, senza dover aspettare il riscaldamento delle valvole stesse. Le dimensioni dei transistor potevano essere ridotte, senza creare problemi al loro funzionamento, ed inoltre, essi potevano essere perfezionati nel tempo, impiegando tecniche e processi innovativi.⁹⁵

I primi transistor misuravano pochi millimetri ed erano realizzati uno alla volta, utilizzando il germanio come materiale semiconduttore.⁹⁶ Questi dispositivi microelettronici permettevano di amplificare la corrente elettrica in radio e televisori al posto delle valvole tradizionali, ma quando cominciò a svilupparsi l'idea di usarli per compiere operazioni più complesse, emerse subito un problema di tipo ingegneristico: com'era possibile connettere tra loro più transistor?

Un ingegnere elettronico delle Texas Instruments, Jack Kilby, alla fine degli anni Cinquanta, pensò di ridurre le dimensioni dei singoli transistor “disegnanoli” su una fetta sottile di silicio. Egli riteneva che su un singolo blocco di materiale fosse possibile integrare anche gli altri componenti come le resistenze e le connessioni. Fu così che il 12 settembre 1958 il gruppo Kilby riuscì a produrre per la prima volta un circuito elettronico interamente disegnato su un'unica fetta di silicio cristallino: era stato realizzato il primo *circuito integrato*.⁹⁷ Questa invenzione rappresentò una svolta importante per la microelettronica. Non era più necessario costruire separatamente singoli resistori, diodi, condensatori o transistor per montarli, in seguito, in un unico circuito: essi potevano essere direttamente realizzati su un supporto di silicio. Il germanio venne definitivamente rimpiazzato dal silicio, che divenne il nuovo materiale per la creazione dei dispositivi elettronici.

⁹⁴ Si veda NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., pp. 16-20.

⁹⁵ Si veda NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., pp. 20-22.

⁹⁶ Federico FAGGIN, “Dalla microelettronica alla nanoelettronica”, *Mondo Digitale*, 1, 2009, p. 3.

⁹⁷ In PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., pp. 91-93.

1.6.2 Verso la miniaturizzazione infinita: la legge di Moore

Con l'invenzione dei circuiti integrati cominciò la corsa verso la miniaturizzazione, che si spinse sempre più in basso nella scala dimensionale, con l'obiettivo di costruire un numero maggiore di transistor, più efficienti e di minor costo unitario, su un singolo chip di silicio.

I processi che permisero di realizzare tali dispositivi, sono conosciuti come *tecnologie planari*.⁹⁸ Tali tecnologie prevedono di costruire su un sottile *wafer* di silicio cristallino purissimo, un numero elevato di singoli transistor, attraverso tecniche dette *fotolitografiche*. Come abbiamo visto, la fotolitografia è un processo che consiste nel realizzare dispositivi micrometrici attraverso la rimozione selettiva di un *film* sottile depositato su un *substrato*. Questo processo avviene perché il film viene rivestito con un materiale polimerico fotosensibile, detto *fotoresist*, che è successivamente modificato tramite una radiazione elettromagnetica (luce visibile o raggi ultravioletti). La proprietà di questo materiale è che la sua solubilità in determinati solventi è influenzata dall'esposizione a tali radiazioni. Grazie all'uso di una maschera, il fotoresist può essere irraggiato in modo selettivo: solo le zone non colpite dalla luce saranno poi rimosse attraverso speciali reagenti chimici. A questo punto sarà possibile rimuovere, attraverso particolari tecniche di lavaggio, anche il fotoresist rimanente, in modo tale da ottenere la struttura desiderata.⁹⁹

Come abbiamo visto, le dimensioni dei dispositivi disegnati sul substrato di silicio dipendono dalla lunghezza d'onda della luce incidente: più è corta, più piccola sarà la struttura ottenuta. È per questo che la miniaturizzazione, nella sua corsa verso la dimensione "nano", cominciò a necessitare di radiazioni elettromagnetiche con lunghezze d'onda sempre più corte. Si svilupparono così tecnologie alternative, come la *litografia a raggi X* o quella basata su *fasci di elettroni*, le quali permisero di realizzare strutture di dimensioni molto ridotte, aumentando però le difficoltà tecniche di lavorazione.¹⁰⁰

Per quanto ancora sarà possibile ridurre le dimensioni dei dispositivi? Nel 1965 il tecnologo americano co-fondatore dell'Intel, Gordon E. Moore, pubblicò un articolo sulla rivista popolare statunitense Electronics, nel quale formulò una legge empirica destinata ad entrare nella storia della tecnologia. Egli osservò che negli anni tra il 1959 e il 1965, la miniaturizzazione elettronica aveva portato il numero di transistor su un circuito integrato a raddoppiare ogni anno. È per questo che nella sua legge, nota come *legge di Moore*, egli

⁹⁸ Per un ulteriore approfondimento si veda NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., pp. 135-136. (Scheda di approfondimento – Costruire con la luce: fotolitografia e tecnologie planari).

⁹⁹ Si veda SMITH, *Scienza e tecnologia dei materiali*, cit., p. 675-676.

¹⁰⁰ Si veda NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., pp. 48-49.

ipotizzò che le dimensioni dei dispositivi elettronici sarebbero state dimezzate ogni 18 mesi, e di conseguenza, la densità di dispositivi per unità di superficie sarebbe quadruplicata. Inoltre, la velocità di funzionamento dei processori sarebbe aumentata con la riduzione delle loro dimensioni, rendendoli più efficienti. Questa previsione si è rivelata valida fino ai giorni nostri.¹⁰¹ Tracciando una breve storia dei microprocessori possiamo dire che il primo, prodotto dall'Intel nel 1971, fu il microprocessore i4004. L'Intel, colosso mondiale nella produzione di hardware, aveva integrato su un singolo blocco di silicio di 12 mm quadrati un numero pari a 2300 transistor. Successivamente, le prestazioni di un singolo microprocessore cominciarono ad aumentare, passando dal processore Intel del 1989 al Pentium III del 1999, fino al chip Pentium IV. Quest'ultimo, contiene circa 55 milioni di transistor ed è attraversato da fili sottilissimi di 130 nanometri.¹⁰² È così che la progressiva riduzione della taglia dei dispositivi elettronici si è gradualmente spostata dalle dimensioni micrometriche a quelle nanometriche, passando dal campo della microelettronica a quello della nanoelettronica.

La miniaturizzazione dei transistor porta con sé però alcune problematiche. Quella che viene definita come la *seconda legge di Moore*, afferma che i costi di impianto per la realizzazione di tali dispositivi, sono aumentati nel corso degli anni con una velocità molto elevata: il costo di ogni nuova generazione di chip è risultato essere circa il doppio di quella precedente.¹⁰³ L'industria microelettronica infatti, deve investire non solo nella costruzione di nuove fabbriche, ma anche nel settore di ricerca e sviluppo, creando alte barriere di ingresso per le aziende che si affacciano sul nuovo mercato.¹⁰⁴ Oltre ai limiti economici esistono anche limiti di tipo fisico. I transistor nanometrici hanno il vantaggio di consumare meno energia, ma allo stesso tempo subiscono una maggiore perdita di corrente, poiché il flusso degli elettroni non si arresta nemmeno quando essi sono in posizione *off*. Inoltre, a causa della grande densità di transistor in un microprocessore, l'effetto resistivo al transito degli elettroni genera più calore, con il rischio di un surriscaldamento eccessivo del dispositivo e di un suo conseguente danneggiamento.¹⁰⁵ Tutti questi fattori, uniti poi alle difficoltà tecniche dei processi litografici, hanno causato il progressivo rallentamento della miniaturizzazione predicata dalla legge di Moore. La realizzazione di dispositivi sempre più piccoli (nano) a partire da oggetti di dimensione macrometrica (approccio top-down, ovvero dall'alto verso il basso), non potrà continuare all'infinito: dimezzando ogni 18 mesi la grandezza dei transistor,

¹⁰¹ In PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., pp. 98-99.

¹⁰² In BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., p. 99.

¹⁰³ Attestato in *Atlante del Novecento*, vol. 2, Torino, UTET, 2000, p.669.

¹⁰⁴ Livio BALDI, Gianfranco CEROFOLINI, "La legge di Moore e lo sviluppo dei circuiti integrati", *Mondo digitale*, 3, 2002, p. 10.

¹⁰⁵ Si veda PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., pp. 101-102.

si raggiungerà una soglia oltre la quale sarà difficile andare. Stiamo parlando della scala nanometrica, ovvero la scala degli atomi e delle molecole. Per superare questo limite è dunque necessario adottare delle soluzioni completamente diverse. L'era delle tecnologie planarie basate sull'approccio top-down e dei transistor a base di silicio deve essere superata, per lasciare il posto a strategie alternative, fondate su principi e processi del tutto differenti. Questa è una delle nuove e importanti sfide delle nanotecnologie.

1.6.3 Costruire con gli atomi

Come sappiamo, esiste un metodo alternativo per realizzare strutture nanometriche, ovvero l'approccio bottom-up. Esso consiste nel partire dal basso, quindi dagli atomi e dalle molecole, per costruire edifici molecolari più complessi, che svolgano determinate funzioni. Seguendo questo principio, nel campo dell'elettronica, in particolare dell'*elettronica molecolare*, si stanno studiando nuovi processi per costruire dispositivi di dimensioni sempre più piccole. La prospettiva è quella di utilizzare molecole organiche per creare transistor innovativi, che svolgano le stesse funzioni logiche di quelli tradizionali, ma che possano sfruttare il vantaggio derivante dalle dimensioni di pochi nanometri. Questi dispositivi molecolari devono essere progettati come "interruttori" in grado di controllare a comando il flusso degli elettroni. Tuttavia, uno dei problemi più complessi dell'elettronica molecolare, è quello di riuscire a connettere tra loro miliardi di singole molecole, ognuna delle quali dovrà assumere una specifica funzione all'interno di un circuito elettronico. Per sostituire il silicio e le tradizionali tecniche litografiche, è quindi necessario realizzare nanodispositivi con un assoluto controllo delle loro proprietà (come sappiamo tali proprietà cambiano a livello nanometrico), e riuscire a individuare connettori idonei che consentano di collegare questi nanodispositivi tra loro e il mondo macroscopico, ovvero la scala nella quale noi operiamo.¹⁰⁶ Queste operazioni risultano essere particolarmente complesse per le tecnologie bottom-up, poiché è più difficile partire dalla scala atomica per riprodurre e collegare in modo ordinato e sequenziale i diversi elementi nanometrici di un circuito elettronico.

Nel 1998, il fisico olandese Cees Dekker e il suo gruppo del Politecnico di Delft, utilizzarono i nanotubi di carbonio per realizzare il primo esempio di *nanotubo-transistor*. Il loro obiettivo era quello di riuscire a connettere contemporaneamente miliardi di nanotubi attraverso un processo di autoassemblaggio molecolare. In questo modo si sarebbero potute ridurre ad una sola le diverse fasi della fabbricazione dei nanotubi-transistor. Tuttavia, la

¹⁰⁶ Si veda *l'elettronica molecolare* in PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., pp. 103-106.

complessità di tali processi richiederà ancora parecchi anni di ricerche e sperimentazioni che, in un prossimo futuro, potrebbero portare i chip di nanotubi a svolgere un ruolo da protagonisti nel mondo dell'elettronica.¹⁰⁷

Una recente tecnologia, che ha cercato di integrare l'elettronica molecolare con le tecnologie planarie, è detta *crossbar* (letteralmente: incrocio di righe). Essa consiste nell'incidere alcune barre di silicio di dimensioni nanometriche poste in una direzione, sopra alle quali ne sono sovrapposte delle altre, in direzione perpendicolare alle prime. Nei punti di incrocio tra le barre, le quali sono separate da una distanza di pochi nanometri, vengono legate alcune molecole, agganciate al silicio per le due estremità. Le molecole hanno molte proprietà e potenzialmente possono essere utilizzate per immagazzinare informazioni: possono essere guidate con comandi provenienti dal macromondo a occupare delle posizioni prestabilite, permettendogli di svolgere funzioni di interruttore o di trasporto di elettroni in una determinata direzione. I rotassani¹⁰⁸ sono un esempio di molecole utilizzate a tale scopo. Esse presentano una struttura toroidale, possono diventare elettricamente cariche e, sotto l'influenza di opportuni campi elettrici, sono in grado di salire e scendere come dei *nanoascensori* lungo alcune molecole che fungono da pilastri. Se viene applicata una differenza di potenziale, possono assumere due configurazioni stabili, l'equivalente dello stato 0 e 1 del bit di informazione. Nelle tecnologie *crossbar*, tali molecole svolgono la funzione di dispositivi molecolari per la memorizzazione, mentre le barre di silicio a cui sono collegate, consentono di connettere elettricamente il resto del dispositivo microelettronico.¹⁰⁹

Oltre alle tecnologie *crossbar*, si stanno sviluppando nuovi dispositivi che si basano sullo stato di *spin* dell'elettrone per immagazzinare le informazioni. Lo *spin* indica il verso del moto rotatorio dell'elettrone intorno al proprio asse, moto che può essere orario o antiorario, e che determina l'orientamento del campo magnetico da esso generato. Questi due stati di *spin* possono essere codificati come i valori 0 e 1 del bit di informazione. Tuttavia un dispositivo elettronico, per poter leggere e scrivere informazioni, necessita dell'uso di correnti elettriche e voltaggi. Con la scoperta della *magnetoresistenza gigante* (GMR) nel 1988, è nata una nuova disciplina nota come *spintronics*¹¹⁰, che ha aperto la strada all'utilizzo di materiali magnetici su nanoscala in circuiti integrati con la funzione di creare memorie permanenti. La *spintronics* consente di sfruttare sia le proprietà di carica elettrica, sia le proprietà magnetiche

¹⁰⁷ Per un ulteriore approfondimento si veda BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., pp. 100-102.

¹⁰⁸ Attestato in *Atlante del Novecento*, vol. 2, Torino, UTET, 2000, p.702.

¹⁰⁹ Si veda NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., p. 68.

¹¹⁰ "I dispositivi spintronici si basano sull'abilità di creare e controllare correnti di elettroni con lo spin polarizzato in una certa direzione." Federico FAGGIN, "Dalla microelettronica alla nanoelettronica", *Mondo Digitale*, 1, 2009, p. 9.

dell'elettrone che si manifestano nel suo spin quantico. Lo studio della magnetoresistenza gigante, ha portato a progettare sensori magnetici sensibilissimi, costituiti da strati ultrasottili alternati di metalli magnetici e non magnetici, che sono in grado di convertire in variazioni di corrente elettrica campi magnetici estremamente piccoli. Queste scoperte hanno permesso di realizzare supporti di magnetizzazione a elevatissima densità, oggi già normalmente utilizzati negli elaboratori elettronici.¹¹¹

L'IBM di Zurigo, ha progettato un nuovo dispositivo in grado di immagazzinare le informazioni in modo rivoluzionario: il *Millepiedi*. Questo progetto si basa sull'utilizzo delle sottilissime punte del microscopio a forza atomica per "scrivere" le informazioni su un supporto, in cui vengono incisi dei nano-buchi mediante un processo meccanico. Le informazioni possono essere codificate facendo corrispondere ad ogni buca il bit 1 e alla superficie liscia il bit 0. Dispositivi di recente realizzazione sono formati da 64 file con 64 microlamine o leve, ognuna contenente una punta, per un totale di 4096 punte in uno spazio pari a 7 x 7 mm². Inviando un impulso elettrico alla leva, una resistenza scalda la punta che si trova alla sua estremità, e questo le permette di incidere il bit di informazione sulla superficie polimerica sottostante. Questa struttura consente di scrivere, leggere e cancellare l'informazione in tempi molto rapidi, ovvero circa 1-2 megabit al secondo, con un basso consumo di energia. Il millepiedi della IBM potrà raggiungere una straordinaria densità di memoria, molto superiore rispetto a quella dei dischi magnetici che sono in uso ormai da più di cinquant'anni.¹¹²

Si sta sviluppando una nuova tecnologia che, pur essendo ancora allo stadio di ricerca, appare davvero promettente per il futuro della nanoelettronica: il *computer quantistico*. L'obiettivo di questa macchina innovativa, è quello di saper sfruttare le leggi che governano il mondo atomico per memorizzare ed elaborare informazioni attraverso l'utilizzo di singoli atomi. Quando un atomo assorbe un fotone, i suoi elettroni si spostano dall'orbita interna ad una più esterna con energia più elevata; modificando lo stato energetico dei singoli atomi, è possibile passare dallo stato 0 (fondamentale) allo stato 1 (eccitato), generando nell'atomo un cambiamento dei suoi bit di informazione, che nel mondo quantistico vengono definiti *qubit*. La particolarità dei qubit, è che essi non si trovano solo allo stato 0 e 1, ma esiste anche uno stato intermedio tra i due. Far dialogare tra loro i diversi qubit per svolgere operazioni logiche all'interno del computer, diventa quindi un'operazione molto complessa che avrà ancora bisogno di parecchi anni di studio.¹¹³

¹¹¹ Si veda NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., pp. 69-71.

¹¹² Per un ulteriore approfondimento si veda BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., pp. 108-111.

¹¹³ Si veda PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., pp.108-111.

1.7 I rischi e i timori

1.7.1 Chi ha paura delle nanoparticelle?

La rivoluzione nanotecnologica sta portando con sé non solo fiducia e ottimismo verso il progresso e l'innovazione, ma anche molte preoccupazioni, poiché le potenziali applicazioni di questa nuova disciplina potrebbero avere un impatto negativo sull'ambiente e sulla società in cui viviamo.

Le nanoparticelle sono alla base di moltissime applicazioni delle nanotecnologie. Esse sono presenti in diversi settori che spaziano dalla medicina alla cosmetica, e inoltre, il loro impiego nella realizzazione di nuovi materiali, ci ha consentito di ottenere prodotti dalle proprietà straordinarie, come vernici antigraffio¹¹⁴ o pneumatici ultrasistenti¹¹⁵. Prodotti farmaceutici più efficienti, tessuti idro-repellenti, energia pulita, sono tutti vantaggi “nanotecnologici” che miglioreranno la nostra vita quotidiana e dei quali non riusciremo più a fare a meno.

I benefici derivanti da questa disciplina innovativa sono infiniti, ma quali sono i rischi? L'emergere di una nuova tecnologia, soprattutto se essa si trova ancora ad uno stadio embrionale di sviluppo, apre sempre ampie questioni su cui dibattere e confrontarsi. I rischi da essa generati possono essere considerati “accettabili”? I benefici saranno superiori ai costi che la società dovrà subire? Ci troviamo di fronte ad un problema complesso, poiché le risposte a tali domande sono perlopiù soggettive o di parte. Probabilmente gli scienziati tenderanno di mettere in risalto gli aspetti positivi di ogni nuova scoperta, trascurando invece eventuali conseguenze negative. Per contro, l'opinione pubblica, se informata troppo superficialmente, potrebbe giudicare eccessivamente pericolose alcune applicazioni nanotecnologiche, e ciò potrebbe provocare una profonda avversione verso l'innovazione e i cambiamenti portati dalle nuove tecnologie. Ciò che non conosciamo può apparirci più pericoloso della realtà, provocando l'insorgere di timori privi di un reale fondamento. Come afferma il *principio di asimmetria*¹¹⁶ nella comunicazione della scienza e della tecnologia, all'interno di un dibattito pubblico, colui che amplifica i rischi otterrà sempre più credibilità rispetto a colui che li minimizza, indipendentemente da chi ha ragione.

Molti sono i temi che devono essere affrontati in questo ambito, ed è per questo che si è sviluppata la *nanotossicologia*, una disciplina che si occupa di analizzare tutti i potenziali

¹¹⁴ BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., p. 93.

¹¹⁵ NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., p. 63.

¹¹⁶ PACCHIONI, *Quanto è piccolo il mondo*, cit., p. 190.

rischi delle nanotecnologie e gli effetti provocati sull'ambiente e sulla salute umana. Le nanoparticelle, a causa delle loro dimensioni, possono essere assorbite sottoforma di nanofarmaci dal nostro organismo. Come sappiamo, esse sono considerate molto promettenti in nanomedicina proprio per il fatto che riescono ad attraversare le membrane cellulari e ad eludere le difese immunitarie, e possono così essere guidate attraverso il nostro apparato in direzione delle cellule-bersaglio da neutralizzare. Quello che rappresenta un vantaggio per la nanomedicina potrebbe però diventare un rischio per la nostra salute, poiché particelle di taglia così piccola, potrebbero sfuggire dal nostro controllo ed intaccare organi sani. Inoltre, con la riduzione delle dimensioni, le nanoparticelle assumono caratteristiche e proprietà del tutto nuove che possono rivelarsi nocive per la nostra salute. Un caso molto famoso è quello dell'amianto: questa sostanza diventa cancerogena solo se introdotta dall'apparato respiratorio sottoforma di nanopolveri.¹¹⁷

Un ulteriore pericolo è l'uso illecito che si potrebbe fare delle nanoparticelle in ambito militare. Esse infatti possono essere impiegate per migliorare l'efficienza delle armi, dei sistemi di sorveglianza e dell'equipaggiamento militare. Le nanotecnologie potranno mettere a disposizione materiali sempre più resistenti, leggeri e dotati di proprietà straordinarie, come le potenziali armature del futuro, realizzate per proteggere, sorvegliare e dare forza supplementare ai soldati. Tali tecnologie potrebbero diventare una minaccia per l'umanità se utilizzate per scopi terroristici o criminali.¹¹⁸

Sono molte le responsabilità che le nanotecnologie, come ogni nuova tecnologia, si devono assumere, ma prima di giungere a conclusioni troppo affrettate, è necessario approfondire gli studi e le ricerche in questo ambito. Il sistema di indicizzazione del Chemical Abstract Service (una divisione della American Chemical Society che ha il compito di indicizzare ogni sostanza chimica con un numero d'ordine unico) ha preso la decisione di catalogare ogni nuova sostanza nanodimensionata con un numero d'ordine diverso rispetto alla stessa sostanza in fase massiva.¹¹⁹ È importante dunque che gli organismi internazionali e gli stessi governi nazionali comincino ad adottare misure adeguate, con l'obiettivo di proteggere la società da eventuali pericoli provocati dal diffondersi delle nanoparticelle nei vari settori produttivi. Il concetto di tossicità dovrebbe essere analizzato e rivalutato in base alla natura dei nanoparticolati e alle dosi di esposizione¹²⁰, le quali per esempio potrebbero diventare pericolose solo in circostanze di forti esposizioni.

¹¹⁷ Si veda NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., p. 98-99.

¹¹⁸ Si veda SCHMID, *Nanotechnology*, cit., pp. 254-255 (par. 8.3.4 "Military Use of Nanotechnology").

¹¹⁹ Si veda NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., p. 99.

¹²⁰ "Come nella chimica, il problema fondamentale al fine di evitare rischi significativi sembra quello del controllo delle dosi di esposizione. Nel caso delle nanoparticelle, peraltro – come recentissimamente osservato in

In quale momento diventa fondamentale un intervento della politica e delle leggi? Il *principio di precauzione*¹²¹ è nato appunto dalla necessità delle organizzazioni nazionali ed internazionali, di adottare determinate cautele rispetto ad alcuni potenziali rischi che emergono dalle nuove scoperte scientifiche e tecnologiche. Applicare questo principio non è certo semplice, poiché si tratta di stabilire quale margine di rischi possa essere considerato accettabile, per evitare un uso irresponsabile delle nuove tecnologie. La difficoltà si trova appunto nell'applicare tale principio in modo equilibrato, per evitare sia di perdere di vista potenziali minacce per la società, sia di mettere in atto misure troppo rigide con il rischio di ostacolare la ricerca e il progresso. Se si riuscisse a raggiungere questo obiettivo, si potrebbe proteggere la società da potenziali rischi di natura ambientale e sanitaria, e godere invece dei vantaggi che le nuove tecnologie, in questo caso le nanotecnologie, porteranno all'umanità.

1.7.2 Timori irrazionali

L'introduzione di "prodotti nanotecnologici" nella vita di tutti i giorni sta suscitando diversi dubbi e perplessità. Come farà l'uomo a controllare il comportamento di oggetti di dimensioni infinitesime? Che cosa succederà se ad un certo punto perdesse il comando delle sue creazioni? Tutte queste paure stanno alimentando delle vere e proprie visioni fantascientifiche: la nascita di mondi in cui *nanorobot*¹²² di dimensioni molecolari riescono ad acquisire autocoscienza e iniziano a riprodursi in modo incontrollato.

Erik Drexler nella sua opera del 1992 intitolata "Nanosystems", immagina e descrive il metodo di funzionamento di un *assemblatore*, ovvero una *nanomacchina* in grado di assemblare, secondo un progetto predefinito, molecole enormi non presenti in natura, partendo dai singoli atomi. Le sue teorie però hanno scatenato, soprattutto tra gli scienziati più scettici, l'insorgere di una serie di domande e di perplessità. Drexler infatti descrive il funzionamento degli assemblatori, ma non sa esporre nel dettaglio da dove si parta per costruire il primo assemblatore o come si realizzino i singoli componenti di una nanomacchina.¹²³ Lo scienziato Richard Smalley ha posto due obiezioni, definite come "Fat

(segue nota) documenti ufficiali della Commissione europea – la disponibilità di dati in merito alle soglie significative di esposizione al rischio è assai scarsa." Luciano BUTTI, *Nanotecnologie, ambiente e salute. Un'applicazione equilibrata del principio di precauzione per lo sviluppo sostenibile*, "Quaderni della rivista giuridica dell'ambiente", Milano, Giuffrè, 2005.

¹²¹ Per ulteriori approfondimenti sulle applicazioni del *principio di precauzione*, si veda Luciano BUTTI, *Nanotecnologie, ambiente e salute. Un'applicazione equilibrata del principio di precauzione per lo sviluppo sostenibile*, "Quaderni della rivista giuridica dell'ambiente", Milano, Giuffrè, 2005, Capitolo 4 – Il principio di precauzione come quadro di riferimento per la disciplina giuridica delle nuove tecnologie.

¹²² Si veda NARDUCCI, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., p. 94.

¹²³ Per un ulteriore approfondimento si veda BOEING, *L'invasione delle nanotecnologie*, cit., pp. 149-151.

Fingers Problem”¹²⁴ e “Sticky Fingers Problem”¹²⁵. Nel primo caso egli afferma che gli assemblatori di Drexler non possano essere realizzati per limiti di natura fisica: i bracci dell’assemblatore sono grandi pochi atomi come i vari componenti che essi in effetti dovrebbero spostare. La seconda questione posta da Smalley è che gli atomi, a causa delle forze di legame di Wan der Waals, potrebbero rimanere appesi alle estremità dei bracci trasportatori, creando delle difficoltà nel progetto di costruzione. Ciò che spaventa maggiormente l’opinione pubblica, è l’ipotesi che una volta realizzato il primo assemblatore, esso riesca a riprodursi autonomamente tramite autoassemblaggio molecolare, creando numerose copie di sé in modo incontrollato. Gli scenari più inquietanti, descritti in “Engines of Creation” di Drexler, sono quelli scatenati dal *grey goo problem*¹²⁶, ovvero la riproduzione incontrollata di nanoreplicatori che potrebbero diffondersi nel nostro pianeta distruggendo ogni cosa che si ritrovano sul loro cammino, diventando una minaccia per l’esistenza dell’umanità stessa.

Per evitare lo scatenarsi di timori irrazionali, è importante mantenere vivo il dialogo tra scienza e società. Investire nella ricerca scientifica è sempre più rischioso, ed è quindi fondamentale che gli scienziati riescano a conquistarsi la fiducia dell’opinione pubblica attraverso una comunicazione chiara e trasparente dei loro obiettivi e risultati, in modo da impedire che i frutti della ricerca scientifica siano respinti a priori. L’informazione scientifica e tecnologica deve saper definire le sue strategie. La società infatti vuole sapere come le nuove scoperte modificheranno la vita quotidiana delle persone, l’economia, le prospettive culturali, e quale sarà il bilancio tra rischi e benefici. Un’informazione distorta o imprecisa potrebbe portare la comunità scientifica a perdere l’appoggio della società stessa, mettendo in pericolo il futuro delle ricerche. Il dialogo tra scienza e società diventa quindi uno strumento importante per garantire lo sviluppo scientifico e tecnologico.¹²⁷

¹²⁴ In BOEING, *L’invasione delle nanotecnologie*, cit., p. 153.

¹²⁵ Si veda BOEING, *Cosa sono le nanotecnologie*, cit., p. 153.

¹²⁶ Per un ulteriore approfondimento si veda BOEING, *L’invasione delle nanotecnologie*, cit., pp. 165-171.

¹²⁷ Luca DE BIASE, *Il potere della scienza sull’informazione – Il potere dell’informazione sulla scienza*, “Quaderni della rivista giuridica dell’ambiente”, 16, Milano, Giuffrè, 2005.

1.8 Lo sviluppo delle nanotecnologie: la situazione in Italia e in Cina

Le nanotecnologie, pur essendo ancora ad uno stadio di sviluppo embrionale, si stanno rapidamente diffondendo in quasi tutti i settori industriali, spaziando dalla medicina all'elettronica, dal campo dell'energia a quello alimentare. Questo aspetto è in parte legato alla loro caratteristica di multidisciplinarietà, in quanto esse si basano sui principi e sui metodi di una grande varietà di discipline scientifiche come la fisica, la chimica, la biologia e la scienza dei materiali. Inoltre, la possibilità di realizzare materiali con proprietà estremamente innovative, ha reso le nanotecnologie molto interessanti dal punto di vista industriale, sia per la possibilità di migliorare le prestazioni di prodotti o processi già esistenti, sia per la possibilità di crearne altri, del tutto nuovi, da immettere sul mercato.¹²⁸

Per quanto riguarda il panorama italiano, dal terzo Censimento sulle Nanotecnologie in Italia, pubblicato nel 2011 dall'Airi (Associazione Italiana per la Ricerca Industriale) in collaborazione con Nanotec IT (Centro Italiano per le Nanotecnologie), è emerso che le nanotecnologie sono una disciplina in rapida espansione, che coinvolge circa 190 strutture presenti sul nostro territorio, delle quali il 55% sono strutture pubbliche, mentre il restante 45% appartiene all'iniziativa privata.¹²⁹ Questo censimento, svolto periodicamente dal 2004, è un'importante fonte di informazione per conoscere l'evoluzione che hanno avuto le nanotecnologie nel Paese: i dati raccolti sulle organizzazioni impegnate nello studio delle nanotecnologie a livello nazionale hanno permesso di delineare la situazione italiana degli ultimi anni.¹³⁰

Nanotec IT, divisione autonoma dell'AIRI, è stata creata nel 2003 con l'obiettivo di diventare un punto di riferimento nazionale per lo sviluppo delle nanotecnologie per l'industria, la ricerca pubblica e le istituzioni governative. Con lo scopo di accrescere il posizionamento competitivo del paese, Nanotec IT contribuisce a raccogliere e diffondere le informazioni sulle nanotecnologie circa i risultati e le tendenze di R&S, i dati e le previsioni di mercato, le politiche e le strategie nazionali. Il suo compito è inoltre quello di stimolare l'interesse delle imprese e indirizzare le loro attività verso queste nuove tecnologie, agevolando i contatti e le collaborazioni a livello nazionale ed internazionale tra la ricerca pubblica e le imprese e tra le imprese stesse.¹³¹

¹²⁸ CHIESA, DE MASSIS, *La nanoindustria*, cit., pp. 9-10.

¹²⁹ Si veda il sito www.nanotecnologiaitalia.it.

¹³⁰ Si veda il sito www.venetonanotech.it.

¹³¹ Si veda il sito www.nanotec.it.

In Italia, uno dei principali istituti di ricerca pubblici che si occupano dello studio sulle nanotecnologie è CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), il quale ha il compito di svolgere, promuovere e valorizzare le attività di ricerca nei principali settori di sviluppo, sostenendo lo sviluppo scientifico, tecnologico, economico e sociale del Paese. Nel 2003 l'INFM (Istituto Nazionale di Fisica della Materia) è entrato a far parte del CNR. Esso lavora a stretto contatto con le Università e nell'ambito della collaborazione e del confronto internazionale, svolgendo ricerche interdisciplinari nel campo delle scienze fisiche della materia e delle loro applicazioni tecnologiche, realizzando importanti progetti in ambito nanotecnologico.¹³²

Altri importanti istituti pubblici di ricerca legati al mondo delle nanotecnologie sono l'ENEA (Ente Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente) e l'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare). L'ENEA svolge attività di ricerca principalmente nel settore energetico, nucleare, ambientale, delle fonti rinnovabili, della sicurezza e salute e delle nuove tecnologie. Un importante contributo è dato alla ricerca sulle nanotecnologie e alle loro applicazioni in campo energetico, aerospaziale, ambientale, tessile e delle nanobiotecnologie.¹³³ L'INFN invece, si occupa di studiare i componenti fondamentali della materia, e di promuovere, coordinare ed effettuare la ricerca nel campo della fisica nucleare, subnucleare e astroparticellare, operando in stretta connessione con le Università e nell'ambito della collaborazione e del confronto internazionale.

Sul versante della ricerca privata invece, in Italia, le nanotecnologie non godono della stessa attenzione che gli istituti pubblici di ricerca rivolgono ad esse. Attualmente, questi ultimi, possono contare su un ridotto numero di aziende private impegnate nella ricerca, nonostante nel Terzo Censimento pubblicato da AIRI/Nanotec IT sia registrato, negli ultimi anni, un aumento dell'iniziativa privata in ambito nanotecnologico.

Gli istituti di ricerca pubblici sono inoltre affiancati da tre distretti tecnologici: Environment Park, Servitec e Veneto Nanotech. Il primo, nato nel 1966 per iniziativa della Regione Piemonte, della Provincia di Torino e dell'Unione Europea, è diviso in due Business Unit, rispettivamente dedicate alla gestione immobiliare del complesso (*property management*) e all'attività di ricerca e innovazione, nel quale si possono selezionare quattro ambiti operativi

¹³² *ThunderNIL*, il progetto di start-up nato nel laboratorio TASC dell'INFM-CNR di Trieste, ha vinto su 31 proposte internazionali in competizione al *NanoChallenge* 2008, la competizione italiana che premia le migliori idee start-up e trasferimento tecnologico nei settori dei polimeri e delle nanotecnologie organizzata da Veneto Nanotech (Distretto tecnologico Veneto per le nanotecnologie) e da IMAST (Distretto tecnologico sull'ingegneria dei materiali polimerici e compositi e strutture). Questo progetto, che si è aggiudicato un premio di 300.000 euro da utilizzare per l'avviamento industriale, ha sviluppato la più avanzata tecnologia di nanolitografia che porterà una grande rivoluzione nella produzione dei dispositivi elettronici e ottici di uso quotidiano. Per un ulteriore approfondimento si veda www.infm.it.

¹³³ Si veda www.enea.it.

che sono la bioedilizia, i progetti ambientali integrati (con l'obiettivo di offrire ad imprese ed istituzioni soluzioni innovative ed eco-efficienti basate su trasferimento tecnologico, analisi ambientali e territoriali e strumenti innovativi di gestione ambientale), l'energia (finalizzato ad offrire un servizio di assistenza alle imprese e agli enti pubblici nel campo delle tecnologie energetiche attraverso attività di ricerca di soluzioni gestionali, tecnologiche ed impiantistiche-innovative, e test sui prodotti) e il plasma (orientato alla ricerca nell'ambito del trattamento delle superfici con nanotecnologie eco-efficienti basate sul plasma).¹³⁴ Servitec è nata nel 1996 con l'obiettivo di affiancare le imprese, gli enti pubblici ed operatori privati, attraverso l'erogazione di servizi e la diffusione sul territorio dell'innovazione e del trasferimento tecnologico. Questo distretto ha inoltre la gestione tecnico-scientifica del POINT (Polo per l'Innovazione Tecnologica della provincia di Bergamo), un'area destinata allo sviluppo di attività ad elevato contenuto tecnico e scientifico, nel quale sono presenti diversi centri di ricerca, laboratori ed imprese hi-tech, che operano in diversi settori. Un importante distretto tecnologico è Veneto Nanotech, nato nel 2003 come punto di riferimento per coordinare le attività del distretto hi-tech per le nanotecnologie applicate ai materiali. Il suo compito è quello di porsi come referente per le aziende e gli istituti di ricerca interessati all'innovazione e alla creazione di prodotti ad alto contenuto tecnologico, con l'obiettivo di favorire l'applicazione delle nanotecnologie e di creare eccellenza internazionale nell'ambito della ricerca.¹³⁵

Per quanto riguarda la nanoindustria italiana, è importante notare come essa si trovi ancora ad uno stadio embrionale di sviluppo rispetto ad altri Paesi quali Germania, Usa, Francia e Giappone. Queste "aziende nanotecnologiche" italiane si trovano in prevalenza nella parte settentrionale del Paese, e sono caratterizzate da una grande eterogeneità dal punto di vista dei settori industriali di provenienza. Un gran numero di aziende proviene dal settore dei materiali, dei rivestimenti e della microelettronica, mentre altre aziende sono specializzate in settori come chimica, strumentazione, energia e farmaceutica. Si può invece notare una certa omogeneità in termini di settore industriale di appartenenza e ambito di ricerca nel campo nanotecnologico. Per esempio, aziende provenienti dal settore industriale dei rivestimenti si sono sviluppate principalmente nei nanoprocessi (in particolare nei processi di deposizione di film sottili), mentre quelle provenienti dai settori dell'elettronica operano nella categoria delle nanostrutture.¹³⁶

¹³⁴ Si veda www.envipark.com.

¹³⁵ Si veda www.venetonanotech.it.

¹³⁶ Per un ulteriore approfondimento sulla classificazione della nanoindustria italiana in base alle categorie nanotecnologiche in cui si sta sviluppando si veda CHIESA, DE MASSIS, *La nanoindustria*, cit., pp. 45-49.

Nel panorama industriale italiano, lo sviluppo delle nanotecnologie è incentrato principalmente su alcune grandi e medie imprese che fondano le loro attività su business tradizionali, con l'obiettivo di migliorare ed innovare i prodotti da immettere sul mercato. Un esempio è il *Centro di Ricerche Fiat* (CRF S.c.r.l.) in provincia di Torino, il quale nel 1976 iniziò le sue attività di innovazione e servizi di R&S per il gruppo Fiat e, solo successivamente, verso l'inizio degli anni '90, iniziò ad operare nelle nanotecnologie all'interno della categoria dei nanomateriali e delle nanostrutture, con la produzione di microcombustori, OLED (Organic Light Emitting Diodes), nanosensori in film e membrane per fuel cell. Altri esempi di aziende italiane che hanno fatto il loro ingresso nel business nanotech solo alcuni anni dopo l'inizio delle loro attività, sono il *CSM* di Roma (nel 1963 iniziò le sue attività nel settore della siderurgia e materiali alternativi agli acciai, e cominciò ad occuparsi di nanomateriali e nanoprocessi solo nel 1999), l'*EniTecnologie S.p.a.* di Milano (nel 1997 iniziò le sue attività nel settore industriale dell'energia per operare solo successivamente nella categoria nanotecnologica dei nanomateriali ed dei nanoprocessi), *Sorin Biomedica Cardio S.r.l.* di Vercelli (nel 1975 iniziò le sue attività nel settore della biomedicina, e nel 1985 brevettò la tecnologia CarboFilm™, tecnologia che permette la deposizione di film nanostrutturati di carbonio turbostatico per la produzione di dispositivi impiantabili come valvole cardiache o dispositivi endovascolari).¹³⁷

Le grandi e medie imprese nanotecnologiche sono affiancate da molte piccole e micro-imprese di recente fondazione, nate specificamente per operare nel settore nanotecnologico in attività di ricerca e sviluppo destinate ad essere vendute o cedute in licenza ad altre aziende, contribuendo così al miglioramento e all'innovazione dei prodotti e processi tradizionali di quest'ultime. Il caso di due microimprese nate come start-up è quello di *Microcoat* e *Moma*, le quali, rispettivamente nel 1998 e nel 2000, hanno sviluppato le loro attività nel settore industriale dei rivestimenti, nella categoria nanotecnologica dei nanoprocessi. Altre piccole imprese nate come spin-off accademici sono *Tethis*, *APE Research*, *Organic Spintronics* e *Scriba Nanotecnologie*.¹³⁸

Nonostante in Italia la ricerca sia partita con ritardo, i risultati dell'ultimo censimento pubblicato da AIRI/Nanotec IT hanno evidenziato, negli ultimi anni, una grande crescita nelle applicazioni e nei prodotti nanotecnologici, l'ingresso di nuovi attori (soprattutto privati), e la

¹³⁷ Altri grandi e medie imprese che hanno fatto il loro ingresso nel business nanotech sono *STMicroelectronics*, *SIAD*, *SAES Getters*, *Kedron*, *Olivetti I-Jet*, *Pometon*, *Pirelli Labs*. Si veda CHIESA, DE MASSIS, *La nanoindustria*, cit., pp. 53.

¹³⁸ Per un ulteriore approfondimento sulle "aziende nanotecnologiche" in Italia si veda CHIESA, DE MASSIS, *La nanoindustria*, cit., pp. 45-49.

promozione di nuove iniziative destinate ad incentivare la ricerca e lo sviluppo in nuove tecnologie molto promettenti per il futuro industriale del nostro Paese.

In Cina, lo sviluppo delle nanotecnologie ha assunto delle caratteristiche molto diverse rispetto al caso italiano. È importante sottolineare che la Cina, per anni legata ad un'economia pianificata, iniziò la sua era di riforme e di apertura all'economia di mercato, alla proprietà privata e agli investimenti esteri, solo a partire dal 1978, anno in cui Deng Xiaoping lanciò la riforma delle quattro modernizzazioni (agricoltura, industria, scienza e tecnologia, apparato militare). La Cina diede il via ad una nuova fase di grandi cambiamenti dal punto di vista politico, economico e sociale che l'hanno portata a diventare la seconda economia mondiale dopo gli Stati Uniti.¹³⁹ A partire dagli anni '80, la Cina conobbe anche un grande sviluppo tecnologico e in particolare un grande crescita del settore di Ricerca & Sviluppo, grazie ai maggiori incentivi che vennero dati agli istituti di ricerca per promuovere la conoscenza e la diffusione delle nuove tecnologie, al maggior sostegno dato all'imprenditoria, l'incoraggiamento alla nascita di spin-off e all'esplosione degli investimenti diretti esteri (FDI) che, dopo il 1992, divennero la principale fonte dell'afflusso della tecnologia in Cina.¹⁴⁰

Lo studio e la ricerca sulle nanotecnologie sta avendo un peso molto grande anche in Cina, la quale, può essere considerata uno dei mercati nanotecnologici con un tasso di crescita più alta al mondo. La ricerca e la produzione sulle nanotecnologie, è perlopiù focalizzata sui nanomateriali, categoria nanotecnologica che trova applicazione nel settore tessile, farmaceutico, cosmetico, microelettronico, alimentare e dei materiali da costruzione. Negli ultimi anni, le applicazioni delle nanotecnologie hanno investito anche i settori dell'energia, della protezione ambientale, dell'agricoltura, della medicina e della comunicazione.

In Cina i maggiori centri di ricerca (circa 70) e le società che si occupano di nanotecnologie sono concentrati per l'80% a Nord (nell'area di Pechino) e ad Est (nell'area di Shanghai), mentre i distretti industriali si trovano solitamente vicino ai centri di ricerca con l'obiettivo di portare le nuove scoperte direttamente sul mercato.

I principali centri di ricerca sono: il *National Center for Nanoscience and Technology* (NCNST), fondato a Pechino nel 2003 dalla Chinese Academy of Science (CAS), la Peking University e la Tsinghua University, si occupa principalmente di nanoprocessi, nanomateriali, nanostrutture e nanomedicina;¹⁴¹ il *China National Academy of Nanotechnology & Engineering* (CNANE), fondato a Tianjin nel 2005 dal Ministero della Scienza e della

¹³⁹ Si veda www.indexmundi.it.

¹⁴⁰ Per un ulteriore approfondimento sullo sviluppo tecnologico in Cina si veda Barry NAUGHTON, *The chinese economy – transitions and growth*, Cambridge, Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology, 2007, pp. 353-361.

¹⁴¹ Per ulteriori informazioni si veda il sito english.nanoctr.cas.cn.

Tecnologia, il CAS e il governo locale, si occupa principalmente di nanoparticelle, nano-ottica, nano-filtri applicati ai processi di depurazione delle acque di scarico;¹⁴² lo *Shanghai Nanotechnology Promotion Center* (SNPC), fondato nel 2001 a Shanghai dal National Development and Reform Commission, dallo Shanghai municipal government e da imprese locali, si occupa principalmente di problemi ambientali e funge da coordinamento per 7 università e 9 imprese private;¹⁴³ il *Suzhou Institute of Nanotech and Nanobionics* (SINANO), fondata nel 2005 a Suzhou (nella provincia del Jiangsu) dal CAS, dal Jiangsu provincial government e dal Suzhou city government, si occupa principalmente di nanobionica, nanodispositivi, nanobiotecnologia e nanomedicina.¹⁴⁴

Le società nanotecnologiche cinesi si trovano principalmente a Pechino e a Shanghai, e sono per il 90% società nazionali. La maggior parte di esse focalizza la produzione nella categoria nanotecnologica dei nanomateriali, in particolare dei nano-ossidi, nanometalli e nanocomposti. Tra le principali società cinesi troviamo: *Shenzhen Nanotech Port*, *Shanghai Huaming Hi-Tech*, *Advapowder Nanotechnology*. Il restante 10% è costituito da società straniere, concentrate per la maggioranza a Shanghai, che svolgono le loro attività nel settore dei nanomateriali, del tessile e dei semiconduttori. Le principali società straniere sono: *Applied Materials*, *Physik Instrumente (PI Shanghai) Co.*, *Anson Nanotechnology Group*.

I distretti industriali stabilitesi in Cina si trovano principalmente a Shanghai e nella provincia del Jiangsu, molti dei quali hanno focalizzato le loro attività sulla ricerca. Tra i principali distretti troviamo l'*International Nanotech Innovation Park* (fondato nel 2007 a Suzhou nella provincia del Jiangsu, svolge attività di R&S per società nanotecnologiche e biotecnologiche), il *Nanotechnology Industrialization Base of China* (fondato a Tianjin nel 2001, si occupa della ricerca e delle applicazioni sulle nanoparticelle, la nano-ottica e i nanofiltri per i processi di depurazione) e il *Zhongguancun Yongfeng High-Tech Industrial Base* (fondato a Pechino nel 2001, si occupa dei nuovi materiali, tra cui i nanomateriali).

Nonostante il livello della ricerca sui nanodispositivi sia ancora poco sviluppato, esso è molto avanzato nelle applicazioni sui nanomateriali e nelle operazioni con i singoli atomi. Inoltre, grandi progressi sono stati fatti anche nella manipolazione e nell'assemblaggio delle nanostrutture attraverso i processi bottom-up.¹⁴⁵

¹⁴² Per maggiori informazioni si consulti il sito www.chnsourcing.com.

¹⁴³ Per maggiori informazioni si consulti il sito www.snpc.org.cn.

¹⁴⁴ Per ulteriori informazioni si consulti il sito english.sinano.cas.cn.

¹⁴⁵ Per un ulteriore approfondimento sullo sviluppo dell'industria nanotecnologica in Cina si consulti Italian Trade Commission 意大利对外贸易委员会, *Market report on China Biotechnology and Nanotechnology Industries*, 2009, al sito

http://www.biotechitaly.com/pdfUffici/MarketReportOnChinaNanotechnologyBiotechnology_2009-6-18.pdf.

Il mercato nanotecnologico cinese è un mercato in grande espansione, il quale ha registrato dal 2005 al 2010 un tasso di crescita annuo del 44% in termini di *industry output value*.¹⁴⁶ Il governo cinese, principale finanziatore della ricerca nanotecnologica, ha attribuito alla nanoindustria un ruolo chiave per lo sviluppo del paese. Una parte dei 64 progetti di ricerca finanziati alla fine del 2011 dal Ministero Cinese della Scienza e della Tecnologia (un finanziamento di 244 milioni di dollari) si riferiscono all'ambito nanotecnologico.¹⁴⁷ Nonostante la commercializzazione dei prodotti nanotech sia ancora poco sviluppata, il grande sostegno dato al settore di R&S sta portando la Cina ad essere uno dei paesi con un livello di ricerca nanotech più elevato al mondo.

¹⁴⁶ Si consulti Italian Trade Commission 意大利对外贸易委员会, *Market report on China Biotechnology and Nanotechnology Industries*, 2009, al sito http://www.biotechinitaly.com/pdfUffici/MarketReportOnChinaNanotechnologyBiotechnology_2009-6-18.pdf.

¹⁴⁷ Si veda www.nanochina.cn.

Capitolo 2

Il database

2.1 Introduzione al database

MULTITERM '95 Plus, è un software di gestione terminologica che consente la compilazione di due tipi di schede: terminografiche e bibliografiche. Tali schede, compilate secondo uno specifico formato chiamato SGML, contengono rispettivamente le informazioni relative ai termini (come le definizioni, i contesti o i sinonimi) e i riferimenti bibliografici.

Ogni scheda terminografica comprende tutti i termini che, nelle diverse lingue scelte per la compilazione del glossario (in questo caso l'inglese e il cinese), definiscono un determinato concetto. Ogni concetto è descritto attraverso una serie di campi, i nomi dei quali sono scritti esclusivamente in lingua inglese e sono racchiusi tra i simboli < >, per esempio <Morphosyntax>, <Definition>, <Context>. Il campo <Source> contiene i riferimenti bibliografici scritti in forma abbreviata (autore, anno) e contrassegnati dai simboli ^ ^, che consentono, all'interno del software MULTITERM, di operare un collegamento ipertestuale con la relativa scheda bibliografica, nella quale si troveranno per esteso tutte le informazioni bibliografiche come il nome e cognome dell'autore, il titolo dell'opera e la casa editrice. Nelle singole schede terminografiche sono inseriti anche i sinonimi e le varianti sinonimiche (abbreviazioni, acronimi, varianti ortografiche) del termine principale. Ogni scheda è separata dalla successiva da due asterischi **.

Il programma MULTITERM gestisce tre diverse tipologie di campi: l'*index field*, il *text field* e l'*attribute field*. Il primo comprende tutti i termini delle varie lingue del glossario (i termini in lingua inglese saranno inseriti nel campo <en>, mentre quelli in lingua cinese nel campo <zh>) e i riferimenti bibliografici in forma abbreviata (autore, anno) inseriti nel campo <Source>. Il programma consente di creare automaticamente un vero e proprio indice alfabetico sia dei termini del glossario che degli autori citati nelle schede bibliografiche. Il *text field* invece, consente di inserire un testo, che dovrà essere scritto nelle lingue del glossario. Questo testo può corrispondere ad una definizione, ad una nota o può avere la funzione di dare un'informazione supplementare del termine. Infine, attraverso il campo *attribute field*, è

possibile descrivere il termine utilizzando alcune formule standard come “noun” o “noun group” se si parla del campo <Morphosyntax> e quindi degli aspetti grammaticali, oppure “loan word” o “loan translation” se ci si riferisce all’origine del termine. La scelta di questi attributi non è arbitraria, ma è vincolata da una lista di valori predefinita.

2.2 Struttura delle schede terminografiche

I primi due campi che introducono ogni scheda terminografica, sono il campo <Subject> e <Subfield>. Il primo indica il macroordinamento disciplinare del glossario (es. tecnica e tecnologia) e il secondo l’argomento del glossario (es. nanotecnologia). Questi due campi devono sempre essere inseriti sia in inglese che in italiano a prescindere dalle lingue del glossario; inoltre essi sono inseriti solo una volta all’inizio delle schede, e non vengono più ripetuti nel passaggio da una lingua ad un’altra all’interno della stessa scheda.

I campi <en> e <zh> si riferiscono alle lingue trattate nel glossario. Essi sono seguiti dal termine principale che in questo caso sarà in lingua inglese in corrispondenza del campo <en> e in cinese nel campo <zh>.

Le informazioni grammaticali sono inserite nel campo <Morphosyntax>. Per i termini in inglese ed in cinese sarà importante distinguere se si tratta di sostantivi “noun” o sintagmi nominali “noun group”. Per i termini in inglese si deve specificare se essi sono “count.” (countable) o “uncount.” (uncountable) solo nel caso in cui essi, nel linguaggio comune, abbiano entrambe le forme.

A seguire, i campi <Usage label>, <Regional label>, <Style label>, <Origin> e <Standardisation>, inseriti secondo questo ordine, sono tutti facoltativi. Il primo è obbligatorio solo nel caso in cui siano presenti altri sinonimi o varianti del termine principale; in questo caso nel campo <Usage label> verrà inserito l’attributo “main term”. Nel caso in cui il termine principale sia una proposta terminologica si inserirà l’attributo “proposal”, e nel campo <Source> si inseriranno il cognome di colui che ha redatto il glossario con l’anno di redazione. Il campo <Regional label> si riferisce alla regione geografica di provenienza del termine (es. se il termine è di origine americana, l’attributo da inserire sarà “USA”), mentre il campo <Style label> serve a specificare se il termine è usato in modo colloquiale, formale, ufficiale, ecc. (l’attributo “official” si usa esclusivamente per i termini contenuti in testi di legge). Il campo <Origin> va inserito ogni qualvolta il termine sia un calco, un neologismo semantico, un prestito ecc. Infine, nel caso il termine sia stato standardizzato da un ente

normativo, il campo <Standardisation> è seguito dalla sigla dell'ente normativo stesso (es. ISO, UNI, SI).

Nel campo <Source> viene inserita la fonte del termine, la quale si presenta in forma abbreviata (autore, anno) racchiusa tra i simboli ^ ^. Essi costituiscono i rimandi attraverso i quali il software MULTITERM consente il collegamento ipertestuale con la relativa scheda bibliografica. Il numero della pagina nella quale compare il termine viene posta al di fuori dei rimandi (es. ^Stoker 2012^:32). Il termine dovrebbe essere reperito da un testo specialistico e possibilmente non da un dizionario. Inoltre, la fonte del termine dovrebbe coincidere con l'eventuale contesto.

Nel campo <Lexica> invece, va inserita l'eventuale attestazione del termine in un dizionario specialistico. Nel caso della lingua inglese si indicherà "Found in..." mentre nella lingua cinese "按...", entrambi seguiti dalla relativa fonte scritta in forma abbreviata.

Altri due campi facoltativi che seguono il campo <Lexica> sono il campo <Grammar> e <Phraseology>. Il primo comprende le eventuali considerazioni grammaticali come particolari forme plurali o nomi composti, il secondo invece compare solo in caso il termine presenti delle collocazioni fisse dove è usato frequentemente.

Dopo il campo <Phraseology> è obbligatorio inserire la definizione (<Definition>) con la relativa fonte (<Source>). È possibile riportare più di una definizione; in tal caso esse dovranno essere indicate con <Definition 1>, <Definition 2>, ecc. Se la definizione viene adattata, la fonte deve essere preceduta da "cf.".

Il campo <Context> non è obbligatorio, ma è opportuno inserirlo quando si ritiene che esso dia un'informazione supplementare rispetto alla definizione. Tre sono i tipi di contesto che si possono usare: il contesto definitorio (in caso si voglia integrare una definizione), il contesto d'uso (quando si ritiene necessario esemplificare l'uso del termine), mentre nel terzo caso il contesto ha la funzione di evidenziare l'utilizzo del termine in casi particolari. Come per la definizione anche i contesti possono essere più di uno: essi saranno indicati con <Context 1>, <Context 2>, ecc. Se il contesto viene adattato, la relativa fonte (<Source>) sarà anch'essa preceduta da "cf.".

Dopo il contesto, è obbligatorio inserire il campo <Concept field>, attraverso il quale è possibile determinare il microordinamento disciplinare del termine in esame, attraverso la suddivisione in gruppi tematici del glossario stesso. Poiché il <Subfield> del presente glossario è "nanotechnology", alcuni gruppi tematici che sono stati utilizzati sono "nanostructures", "nanomaterials" e "nanoscience".

Un altro modo di determinare il microordinamento dei termini del glossario è l'inserimento del campo <Related words>, nel quale sono collocati tutti quei termini che hanno una stretta relazione con il termine principale. La tipologia di queste relazioni è inserita nel campo <Type of relation> attraverso una serie di attributi: "sub." (*subordinate*, indica gli iponimi), "super." (*superordinate*, indica gli iperonimi), "coord." (*coordinate*, indica i coiponimi), "ant." (*antonym*, indica gli antonimi) e "general" (indica relazioni di qualsiasi tipo con il termine principale). I campi <Related words> e <Type of relation> vanno ripetuti per ogni tipo di relazione seguendo questo ordine appena citato. Se un termine inserito in <Related words> è anche il termine principale di un'altra scheda terminografica esso deve essere racchiuso dai simboli ^ ^. I rimandi possono essere inseriti anche negli altri campi come ad es. nel contesto o nella definizione. I termini inseriti nel rimando devono coincidere con i termini delle altre schede (es. se il termine principale è "nanostructure" il rimando dovrà essere ^nanostructure^s e non ^nanostructures^).

Eventuali considerazioni su differenze semantiche tra il termine principale e i suoi sinonimi vanno inserite nel campo <Synonyms>.

Infine, è obbligatorio inserire il campo dell'"equivalence", nel quale è importante annotare le varie considerazioni interlinguistiche relative alle lingue del glossario. Poiché le lingue del presente glossario sono l'inglese e il cinese, il campo sarà indicato in questo modo: <Equivalence en-zh>. Esso sarà inserito solo alla fine della struttura relativa al termine in lingua inglese e non sarà ripetuto nella parte in cinese. Questo campo presenta tre casi distinti: equivalenza assoluta, equivalenza relativa e corrispondenza funzionale.

Anche per i sinonimi relativi ai termini principali (sia in lingua inglese che in lingua cinese), è possibile associare una serie di campi, che presentano una struttura più semplice rispetto a quella del termine principale. Oltre al termine sinonimico inserito nell'index field, è possibile specificare il campo <Morphosyntax>, <Usage label> (in questo campo è possibile specificare se il termine è "common" o "uncommon"), <Style label>, <Origin> e <Standardisation>. Inoltre il campo <Synonymy> viene inserito ogni qualvolta l'estensione semantica del sinonimo sia più ampia (>), più ristretta (<) o parzialmente coincidente (~) con quella del sinonimo principale. Anche le varianti sinonimiche presentano una struttura simile a quella dei sinonimi. Dopo il campo <Morphosyntax> viene inserito il campo <Category> che specifica se le varianti sono sigle, acronimi, forme estese, forme abbreviate, varianti ortografiche, ecc. Nel campo <Variant of> va invece inserito il termine al quale la variante fa riferimento.

La fine di ogni scheda viene contrassegnata dai due asterischi **.

Il campo <Note> va inserito ogni qualvolta si vogliono approfondire le considerazioni relative ad un determinato campo (se si vogliono fare ulteriori considerazioni sull'origine del termine, il campo <Note> deve essere inserito dopo il campo <Origin>).

2.3 Struttura delle schede bibliografiche

Le schede bibliografiche sono formate da due campi: il campo <Source> e il campo <Reference>. Nel primo devono essere inseriti i riferimenti bibliografici in forma abbreviata (autore, anno) senza i simboli ^ ^ dei rimandi. Per un corretto funzionamento dei rimandi, i riferimenti bibliografici inseriti nel campo <Source> all'interno delle schede terminografiche, devono coincidere con quelli presenti nelle schede bibliografiche. Nel campo <Reference> invece, si deve inserire il riferimento bibliografico scritto in forma estesa (cognome e nome dell'autore, titolo, luogo, casa editrice, anno di pubblicazione).

Ogni scheda bibliografica viene separata dalla successiva da due asterischi **.

Le schede bibliografiche devono essere inserite per ogni fonte citata nelle schede terminografiche. Anche se la fonte viene citata più di una volta, la scheda bibliografica corrispondente va compilata solo la prima volta.

Capitolo 3

Database terminografico inglese-cinese

3.1 Le schede terminografiche

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>chemical bond

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Source>^Zumdahl, Zumdahl 2010^:358

<Lexica>Found in ^Zanichelli 1980^.

<Definition>The attractive force that holds two atoms together in a more complex unit. Corresponding to the two broad categories of chemical compounds are two types of chemical attractive forces: ^ionic bond^s and ^covalent bond^s.

<Source>cf.^Stoker 2012^:86

<Context 1>Chemical bonds result from the tendency of a system to seek its lowest possible energy. From a simplistic point of view, bonds occur when collections of atoms are more stable (lower in energy) than the separate atoms.

<Source>cf.^Zumdahl, Zumdahl 2010^:358

<Context 2>When a chemical reaction occurs between two atoms, their valence electrons are reorganized so that a net attractive force – a chemical bond – occurs between atoms. There are two general types of bonds, ionic or covalent, and their formation can be depicted using Lewis symbols. The two types of bonding – complete electron transfer and the equal sharing of electrons – are extreme cases. In most chemical compounds, electrons are shared unequally, with the extent of sharing varying widely from very little sharing (largely ionic) to considerable sharing (largely covalent).

<Source>cf.^Kotz, Treichel, Weaver 2008^:349

<Concept field>chemistry

<Related words>electrostatic bond, ^covalent bond^, metallic bond, ^ionic bond^, ^Van der Waals force^, ^intermolecular interaction^, coordinate bond, homopolar bond, heteropolar bond

<Type of relation>sub.

<Related words>atom, ^molecule^, valence electron, bond energy, bond length

<Type of relation>general

<Equivalence>“Chemical bond” is conceptually equivalent to “化学键”.

<en>bond

<Morphosyntax>noun

<Category>short form

<Usage label>common

<Source>^Zanichelli 1980^:183

<Variant of>chemical bond

<zh>化学键

<Morphosyntax>noun group

<Source>^潘，张 2005^:141

<Lexica>按^中国大百科全书 1984^:化学。

<Definition>^分子^中原子之间存在的一种吸引的、把原子结合成分子的相互作用。如何，两个氢原子和一个氧原子通过化学键结合成水分子。

<Source>^中国大百科全书 1984^:化学-462

<Context>在自然界中，除了稀有为单原子分子以外，其他元素的原子都是相互结合成分子或晶体。分子或晶体之所以能稳定存在，是因为分子或晶体中相邻原子之间存在强烈的相互作用。通常把分子或晶体中直接相邻的原子或离子间的强烈相互作用称为化学键。化学键可以分为^离子键^、金属键和^共价键^ 3 种类型，相应形成的晶体为离子晶体、原子晶体和金属晶体。

在 3 种类型的化学键中，共价键地位特殊因为在已知的全部化学物中，以共价键结合的占 90%以上。

<Source>^潘，张 2005^:141

<Concept field>化学

<Related words>^离子键^，金属键，^共价键^，^范德瓦尔斯力^，^分子间相互作用^

<Type of relation>sub.

<Related words>原子, ^分子^, 价电子

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>covalent bond

<Morphosyntax>noun group

<Source>^Bettelheim, Brown, Campbell 2008^:79

<Lexica>Found in ^Zanichelli 1980^, ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1.

<Definition>^Chemical bond^ formed through the sharing of one or more pairs of electrons between two atoms.

<Source>^Stoker 2012^:86

<Context 1>Although all covalent bonds involve the sharing of electrons, they differ widely in the degree of sharing. We classify covalent bonds into two categories, nonpolar covalent and polar covalent, depending on the difference in electronegativity between the bonded atoms. In a nonpolar covalent bond, electrons are shared equally. In a polar covalent bond, they are shared unequally.

<Source>^Bettelheim, Brown, Campbell 2010^:80

<Context 2>There is another, less common way in which a covalent bond can form. It is possible for one atom to supply two electrons and the other atom none to a shared electron pair. A coordinate covalent bond is a covalent bond in which both electrons of a shared pair come from one of the two atoms involved in the bond.

<Source>^Stoker 2012^:118

<Context 3>In structural representations of molecules, covalent bonds are indicated by solid lines connecting pairs of atoms. A single line indicates a bond between two atoms (involving one electron pair), double lines (=) indicate a double bond between two atoms (involving two electron pairs), and triple lines (\equiv) represent a triple bond, as found, for example, in carbon monoxide ($C\equiv O$). Single bonds consist of one sigma (σ) bond, double bonds have one σ and one pi (π) bond, and triple bonds have one σ and two π bonds.

<Source>^britannica.com^

<Concept field>chemistry

<Related words>coordinate covalent bond, nonpolar covalent bond, polar covalent bond, single covalent bond, multiple covalent bond

<Type of relation>sub.

<Related words>^chemical bond^

<Type of relation> super.

<Related words>^ionic bond^, metallic bond, coordinate bond, ^Van der Waals force^, ^intermolecular interaction^

<Type of relation>coord.

<Related words>atom, valence electron, electronegativity, single bond, double bond, triple bond, bond energy

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Covalent bond” is conceptually equivalent to “共价键”.

<zh>共价键

<Morphosyntax>noun group

<Source>^潘，张 2005^:142

<Lexica>按^中国大百科全书 1984^:化学。

<Definition>一种原子间的键，由该键连接的两个原子各自贡献一个电子形成电子对。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:55

<Context 1>两个原子相接近时，自旋方向相反的未成对的价电子可以配对形成共价键。一个原子含有几个未成对电子，就可以和几个自旋方向相反的电子配对成键，或者说，原子能形成共价键的数目受原子中未成对电子数的限制，这就是共价键的饱和性。

<Source>^潘，张 2005^:142

<Context 2>根据成键时原子轨道重叠方式的不同，共价键可以为 σ 键与 π 键。

(1) σ 键 如果两个原子轨道都沿着轨道对称轴的方向重叠，键轴（原子核间的连线）与轨道对称轴重合，或者说以“头碰头”的方式发生原子轨道重叠，成为 σ 键。

(2) π 键 如果两个 p 轨道的对称轴向平行，同时它们的节面又互相重叠，那么这两个 p 轨道就可以从侧面互相重叠，重叠部分对称与节面，这样形成的共价键成为 π 键。形象地说， π 键是两个 p 轨道以“肩并肩”的方式重叠而形成的共价键。

<Source>^潘，张 2005^:142

<Concept field>化学

<Related words>双原子共价键，多原子共价键， π 键， σ 键

<Type of relation>sub.

<Related words>^化学键^

<Type of relation>super.

<Related words>^离子键^, 金属键, ^范德瓦尔斯力^, ^分子间相互作用^

<Type of relation>coord.

<Related words>原子, ^分子^, 价电子, 轨道

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>ionic bond

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Source>^Bettelheim, Brown, Campbell 2010^:75

<Lexica>Found in ^Zanichelli 1980^.

<Definition>^Chemical bond^ formed through the transfer of one or more electrons from one atom or group of atoms to another atom or group of atoms.

<Source>^Stoker 2012^:86

<Context>According to the Lewis model of bonding, an ionic bond forms by the transfer of one or more valence-shell electrons from an atom of lower electronegativity to the valence shell of an atom of higher electronegativity. The more electronegative atom gains one or more valence electrons and becomes an anion; the less electronegative atom loses one or more valence electrons and becomes a cation. The compound formed by the electrostatic attraction of positive and negative ions is called an ionic compound.

<Source>^Bettelheim, Brown, Campbell 2010^:75

<Concept field>chemistry

<Related words>^chemical bond^

<Type of relation>super.

<Related words>^covalent bond^, metallic bond, ^intermolecular interaction^, coordinate bond, ^Van der Waals force^

<Type of relation>coord.

<Related words>ion, anion, cation, electronegativity

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Ionic bond” is conceptually equivalent to “离子键”.

<en>electrovalent bond

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>uncommon

<Source>^britannica.com^

<en>electrostatic bond

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (>)

<Context>The most important electrostatic bond is the ionic bond, resulting from the Coulomb attraction of the excess electric charges of oppositely charged ions. The atoms of metallic elements lose their outer electrons easily, whereas those of nonmetallic elements tend to add additional electrons; in this way stable cations and anions may be formed, which may essentially retain their electronic structures as they approach one another to form a stable molecule or crystal.

<Source>^Pauling 1960^:6

<zh>离子键

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Source>^潘，张 2005^:147

<Lexica>按^中国大百科全书 1984^:化学。

<Definition>原子之间的一种^化学键^合方式，在成键过程中，电子从一个原子，转移到其他原子上，这样使得中性原子变成带电的离子。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:150

<Context>原子失去电子成为正离子，而原子得到电子成为负离子，正离子和负离子之间通过静电引力而形成的化学键成为离子键。由离子键形成的化合物成为离子化合物。

<Source>^潘，张 2005^:147

<Concept field>化学

<Related words>^化学键^

<Type of relation>super.

<Related words>^共价键^，金属键，^范德瓦尔斯力^，^分子间相互作用^

<Type of relation>coord.

<Related words>^原子^, ^分子^, 电子, 离子, 正离子, 负离子

<Type of relation>general

<zh>电价键

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^中国大百科全书 1984^:化学-652

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>Van der Waals force

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Source>^Masuda, Higashitani, Yoshida 2007^:157

<Phraseology>short-range van der Waals force, long-range van der Waals force

<Definition>Short-range electromagnetic force interacting between two ^molecule^s (or atoms). However, the force also acts between the macroscopic bodies such as particle-particle and particle-wall.

<Source>^Masuda, Higashitani, Yoshida 2007^:157

<Context 1>The Van der Waals force can be determined by London-Van der Waals theory (microscopic theory) or Lifshitz-Van der Waals theory (macroscopic theory). In London-Van der Waals theory, the so-called dispersion force acts between two symmetrical and electrically neutral molecules (or atoms).

<Source>^Masuda, Higashitani, Yoshida 2007^:157

<Context 2>Van der Waals forces may arise from three sources. First, the molecules of some materials, although electrically neutral, may be permanent electric dipoles. Because of fixed distortion in the distribution of the electric charge in the very structure of some molecules, one side of a molecule is always somewhat positive and the opposite side somewhat negative. The tendency of such permanent dipoles to align with each other results in a net attractive force. Second, the presence of molecules that are permanent dipoles temporarily distorts the electron charge in other nearby polar or nonpolar molecules, thereby inducing further polarization. An additional attractive force results from the interaction of a permanent dipole with a neighbouring induced dipole. Third, even though no molecules of a material are

permanent dipoles, a force of attraction exists between the molecules, accounting for condensing to the liquid state at sufficiently low temperatures.

<Source>^britannica.com^

<Concept field>chemistry

<Related words>Keesom force, Debye force, London dispersion force

<Type of relation>sub.

<Related words>^chemical bond^

<Type of relation>super.

<Related words>^ionic bond^, ^covalent bond^, coordinate bond, metallic bond

<Type of relation>coord.

<Related words>dipole, induced dipole, permanent electric dipole, ^molecule^, polar molecule, nonpolar molecule, electric charge

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Van der Waals force” is conceptually equivalent to “范德瓦尔斯力”.

<en>Van der Waals interaction

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^Cao, Wang 2011^:43

<en>intermolecular force

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (>)

<Source>^Senese, Brady 2009^:252

<zh>范德瓦尔斯力

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^中国大百科全书 1984^:化学-212

<Lexica>按^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^, ^中国大百科全书 1984^:化学。

<Definition>两个原子或两个非极性^分子^之间的吸引力。它起源于一个分子偶极矩的波动, 会在另一个分子上也产生偶极矩, 从而两个磁偶极矩相互作用。

<Source>^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:337

<Context>范德瓦尔斯力可能有三个来源: 1)极性分子的永久偶极矩之间的相互作用; 2)一个极性分子使另一个分子极化, 产生诱导偶极矩并相互吸引; 3)分子中电子的运动产生瞬时偶极矩, 它使邻近分子瞬时极化, 后者又反过来增强原来分子的瞬时偶极矩。这种相互耦合产生净的吸引作用, 称为伦敦力或色散力。

范德瓦尔斯力只有约 20 千焦/摩, 比一般化学键能小得多, 也没有方向性和饱和性, 所以不算是化学键。

<Source>cf.^中国大百科全书 1984^:化学-212

<Concept field>化学

<Related words>^化学键^

<Type of relation>super.

<Related words>^共价键^, ^离子键^

<Type of relation>coord.

<Related words>偶极矩, 极性分子, 非极性分子, 诱导偶极矩, 永久偶极矩, ^分子^

<Type of relation>general

<zh>范德瓦耳斯力

<Morphosyntax>noun group

<Origin>hybrid loan translation

<Usage label>common

<Source>^韦 2003^:18

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>molecule

<Morphosyntax>noun

<Source>^Kotz, Treichel, Townsend 2010^:380

<Lexica>Found in ^Zanichelli 1980^, ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1.

<Definition>A group of atoms held together by chemical forces; the atoms in the molecule may be identical as in H₂, S₂, and S₈, or different as in H₂O and CO₂; a molecule is the smallest unit of matter which can exist by itself and retain all its chemical properties.

<Source>^Zanichelli 1980^:970

<Context 1>Atoms consist of a single nucleus with a positive charge surrounded by a cloud of negatively electrons. When atoms approach one another closely, the electron clouds interact with each other and with the nuclei. If this interaction is such that the total energy of the system is lowered, then the atoms bond together to form a molecule. Thus from a structural point of view, a molecule may consist of a single atom, as in a molecule of a noble gas such as helium (He), or it may consist of an aggregation of atoms held together by valence forces.

<Source>^britannica.com^

<Context 2>The molecular weight of a molecule is the sum of the atomic weights of its component atoms. If a substance has molecular weight M , then M grams of the substance is termed one mole. The number of molecule in one mole is the same for all substances; this number is known as Avogadro's number ($6.02214179 \times 10^{23}$).

<Source>^britannica.com^

<Context 3>Because most molecules have polar bonds, molecules as a whole can also be polar. In a polar molecule electron density accumulates toward one side of the molecule, giving that side a partial negative charge, δ^- , and leaving the other side with a partial positive charge of equal value, δ^+ .

When placed in an electric field, polar molecules experience a force that tends to align them with the field. When the electric field is created by a pair of oppositely charged plates, the positive end of each molecule is attracted to the negative plate, and the negative end is attracted to the positive plate. The extent to which the molecules line up with the field depend on their dipole moment, μ , which is defined as the product of the magnitude of the partial charges (δ^+ and δ^-) on the molecule and the distance by which they are separated. The SI unit of the dipole moment is the coulomb-meter, but dipole moments have traditionally been given using a derived unit called the *debye* (D; $1\text{D} = 3.34 \times 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$).

<Source>cf.^Kotz, Treichel, Townsend 2010^:380

<Concept field>chemistry

<Related words>atom, diatomic molecule, macromolecule, Van der Waals molecule, polar molecule, nonpolar molecule

<Type of relation>sub.

<Related words>molecular orbital, molecular orbital theory, molecular geometry, molecular weight, ^chemical bond^, ^covalent bond^, ^Van der Waals force^, ^intermolecular interaction^, chemical element, chemical compound, dipole moment

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Molecule” is conceptually equivalent to “分子”.

<zh>分子

<Morphosyntax>noun

<Source>^中国大百科全书 1984^:化学-261

<Lexica>按^中国大百科全书 1984^:化学。

<Phraseology>分子结构，分子量，分子生物学，分子遗传学

<Definition>物质中能独立存在而保持其组成和一切化学特性的最小微粒。

<Source>^中国大百科全书 1984^:化学-261

<Context 1>分子可以由 1 个原子组成，如 He、Ar、Xe；也可以由一种元素的几个原子组成，如 O₂、O₃、S₈，这些原子以共价键结合而成单质分子。大多数的分子式有种不同元素的原子组成的，如 H₂O、CO₂、CH₄。

<Source>^中国大百科全书 1984^:化学-261

<Context 2>原子结合成分子主要是通过^化学键^。原子在结合成键的过程中都有一格趋势，就是使自己的外层电子（价电子）达到如同惰性气体那样的，充满 8 电子（或 2 电子）的稳定的电子层结构。根据成键时原子达到稳定电子层结构的方式不同，化学键主要分为^离子键^和^共价键^。

<Source>^王，杨 1997^:2

<Context 3>相同元素的原子间形成的共价键没有极性，不同元素的原子间形成的共价键，由于共用电子对偏向于电负性较大元素的原子而具有极性。但元素电负性差别较大时，成键的电子对在电负性较大元素的原子周围出现的几率较高，形成的共价键的极性也较大，键的极性以偶极矩（ μ ）表示。

偶极矩是一个向量，通常用箭头“ \rightarrow ”表示其方向，箭头指向负电荷中心。偶极矩越大，键的极性越强。对于双原子分子来说，键的偶极矩是分子的偶极矩；但对于多原子分子来说，则分子的偶极矩是各键偶极矩的向量和，也就是说多原子分子的极性不只决定于键的极性，也决定于各键在空间分布的方向，即决定于分子的形状。

<Source>^潘，张 2005^:143

<Concept field>化学

<Related words>原子，大分子，永久偶极矩，诱导偶极矩，极性分子，非极性分子

<Type of relation>sub.

<Related words>元素，化合物，价电子，电子层，偶极矩

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>supramolecular chemistry

<Morphosyntax>noun group

<Source>^Steed, Atwood 2009^:2

<Definition>Chemistry of molecular assemblies and of the intermolecular bond. More colloquially this may be expressed as ‘chemistry beyond the molecule’.

<Source>^Steed, Atwood 2009^:2

<Context>Originally supramolecular chemistry was defined in terms of the non-covalent interaction between a ‘host’ and a ‘guest’ molecule. Commonly the host is a large ^molecule^ or aggregate such as an enzyme or synthetic cyclic compound possessing a sizeable, central hole or cavity. The guest may be a monatomic cation, a simple inorganic anion, an ion pair or a more sophisticated molecule such as a hormone, pheromone or neurotransmitter. More formally the host is defined as the molecular entity possessing *convergent* binding sites. The guest possesses *divergent* binding sites.

Work in modern supramolecular chemistry encompasses not just host-guest systems but also molecular devices and machines, molecular recognition, so-called ‘self-processes’ such as ^self-assembly^ and self-organisation and as interfaces with the emergence of complex matter and nanochemistry.

<Source>cf.^Steed, Atwood 2009^:2

<Concept field>chemistry

<Related words>host-guest chemistry

<Type of relation>sub.

<Related words>^self-assembly^, self-organization, ^intermolecular interaction^, molecular recognition, non-covalent interaction, supermolecule

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Supramolecular chemistry” is conceptually equivalent to “超分子化学”.

<zh>超分子化学

<Morphosyntax>noun group

<Origin>loan translation

<Source>^中华人民共和国教育部编 2004^:39

<Definition>超分子化学，即研究利用分子间作用力把两个或更多的化学形态聚合在一起形成的具有更高复杂度的有组织的实体，更广义的定义就是具有两个或更多分子组分的系统的化学。这个概念是 J. M. 莱恩 (J. M. Lehn) 提出的。

<Source>^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:320

<Context 1>超分子化学是化学、生物、材料、信息的一个交叉研究领域，处于当代科学技术的前沿，主要是以分子识别为基础、分子组装为手段、组装体功能为目标的一门边缘性学科。主攻研究方向包括：合成受体的分子识别与纳米超分子体系的组装；分子间弱相互作用的本质研究；超分子化学的类酶研究；分子组装和印迹的新方法等。

<Source>^中华人民共和国教育部编 2004^:39

<Context 2>就分别的表现形式而言，通常有两种形式：一种是指发生在分子之间的识别称为分子识别；另一种是指发生在实体局部之间的识别，称为位点识别。值得注意的是，无论分子识别，还是位点识别都非人力强加之过程，而是一个自组织过程。

<Source>^吴, 蒋, 王 2004^:327

<Concept field>化学

<Related words>超分子, 自组织, ^自组装^, 非共价键, 客体化学理论, ^分子间相互作用^

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>polymer

<Morphosyntax>noun

<Origin>loan word

<Source>^Gedde 1999^:1

<Lexica>Found in ^Zanichelli 1980^, ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.2.

<Definition>Substance composed of ^molecule^s characterized by the multiple repetition of one or more species of atoms or groups of atoms (constitutional repeating units) linked to each other in amounts sufficient to provide a set of properties that don't vary markedly with the addition of one or a few of the constitutional of repeating units.

<Source>^Gedde 1999^:1

<Context 1>The constitutional repeating units, which are also called simply ‘repeating units’, are linked by covalent bonds, and the atoms of the repeating unit are also linked by covalent bonds. A molecule with only a few constitutional repeating units is called oligomer. The physical properties of an oligomer vary with the addition or removal of one or a few constitutional repeating units from its molecules. A monomer is the substance that the polymer is made from, which in the case of polypropylene is propylene (propene). The process that converts a monomer to a polymer is called polymerization.

<Source>^Gedde 1999^:1

<Context 2>Organic polymers play a crucial role in living things, providing basic structural materials and participating in vital life processes. For example, the solid parts of all plants are made up of polymers. These include cellulose, lignin, and various resins. Other important natural polymers include the proteins, which are polymers of amino acids, and the nucleic acids, which are polymers of nucleotides – complex molecules composed of nitrogen-containing bases, sugar and phosphoric acid.

Many inorganic polymers are also found in nature, including diamond and graphite. Both are composed of carbon.

Synthetic polymers are produced in different types of reactions. Many simple hydrocarbons, such as ethylene and propylene, can be transformed into polymers by adding one monomer after another to the growing chain. Polyethylene, composed of repeating ethylene monomers, is an addition polymers.

<Source>cf.^britannica.com^

<Context 3>One way of classifying polymeric materials is according to their end use. According to this scheme, the several types include plastics, fibers, coatings, adhesives, films, foams, and advanced materials. Plastic materials are perhaps the most widely used group of polymers and include the following: polyethylene, polypropylene, poly(vinyl chloride), polystyrene, and the fluorocarbons, epoxies, phenolics, and polyesters.

<Source>^Callister, Rethwisch 2008^:590

<Concept field>chemistry

<Related words>constitutional repeating unit, monomer, copolymer, homopolymer, organic polymer, inorganic polymer, synthetic polymer

<Type of relation>sub.

<Related words>polymerization, ^covalent bond^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Polymer” is conceptually equivalent to “聚合物”.

<zh>聚合物

<Morphosyntax>noun

<Source>^郑, 陈, 张 2001^:14

<Definition>由数目不限的子单元分子或者说单体 (monomer) ^分子^连接在一起组成的大分子, 不同于有限数目的子单元分子组成的低聚物。

<Source>^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:238

<Context>聚合物通常包含一个碳加上一个或多个其他元素, 如氢、氮和氯。聚合物可分为三类:

- 1) 热塑性聚合物。热塑性聚合物可以承受多次冷热循环和不会改变其分子结构, 常用的热塑性聚合物包括聚乙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯和尼龙。
- 2) 热硬性聚合物。当它们的分子从热态的塑性状态下冷却后会发生化学变化形成一种刚性结构, 故名热硬性。这类聚合物常包括酚醛树脂和氨基树脂。尽管这类材料被命名为热硬性聚合物, 但一些热硬性聚合物通过非热机理形成。
- 3) 橡胶。这类聚合物展现出极好的弹性, 包括天然橡胶、氯丁橡胶、桂酮和氨基酯等。

<Source>^郑, 陈, 张 2001^:14

<Concept field>化学

<Related words>子单元分子, 单体分子, 热塑性聚合物, 热硬性聚合物, 橡胶

<Type of relation>sub.

<Related words>聚合作用, ^共价键^

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>micelle

<Morphosyntax>noun

<Source>^Lee 2008^:47

<Phraseology>micelle packing parameter

<Lexica>Found in ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1.

<Definition>Colloidal-size object with 2-20 nm diameter that is formed by spontaneous association of surfactant (or amphiphilic polymer) ^molecule^s. It is formed mainly in aqueous solution, but a variety of micelles also are formed in a nonaqueous solutions and

aqueous/nonaqueous solvent mixtures. Typically, the ionic (or hydrophilic) head groups are exposed to the bulk aqueous solution, while the hydrophobic hydrocarbon tail groups form the interior of the micelle.

<Source>^Lee 2008^:48

<Context 1>The surfactant molecules are soluble in aqueous solution. Part of the initially added molecules is adsorbed onto the air-liquid interface and forms an adsorbed monolayer. Since the space for the monolayer formation is limited at the surface, the rest of the molecules remain in the solution as a free form of molecules (monomers). For most of the cases, the main attractive driving force for the micellization is hydrophobic interaction. As the concentration of surfactant is increased, the monomers come close together by this interaction. This also brings closely together the head groups, which can be either ionic (for ionic surfactants) or hydrated (for non-ionic surfactants and the amphiphilic ^polymer^s). Thus, the repulsive force between the head groups begins to arise on the surface of the self-assembled aggregate (micelle). The transition from monomers into this self-assembled aggregate form is balanced when these two opposite forces are balanced. The micelle is at equilibrium with monomers.

For most of the surfactants, the initially formed micelle has spherical or near-spherical shape (close to ellipsoidal in the case of longer chain length). There are no ^covalent bond^s involved in the entire process.

The whole micelle itself is a dynamic entity that experiences a constant disassemble-assemble process (constant formation and breakup) with the time scale of $10^{-3} - 10^{-1}$ s.

<Source>^Lee 2008^:50

<Context 2>The monomer concentration where the first micelle begins to appear is defined as *cmc* (Critical Micellar Concentration).

The aggregation number is the number of surfactant or polymer molecules within a micelle. It ranges 50-10,000. No micelle has a clear-cut aggregation number.

<Source>cf.^Lee 2008^:51

<Context 3>Micelle formation is a process of force balance and no strong covalent bonding is involved. Any changes that can influence either the attractive or repulsive force components (or both) can change this force balance. For micelles, this usually results in the change of micellar structures.

The typical evolution of micelle structures in aqueous solution is spherical → rod-shaped → wormlike → liquid crystal (or mesophase).

<Source>cf.^Lee 2008^:58

<Concept field>chemistry

<Related words>micellization, ^self-assembly^, critical micellar concentration, aggregation number, force balance, colloid

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Micelle” is conceptually equivalent to “胶束”.

<zh>胶束

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:195

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^，^辞海 1999^:下。

<Phraseology>水包油胶束，油包水胶束，临界胶束浓度

<Definition>分散在液体胶体（colloid）中的表面活性剂（surfactant）^分子^的聚集体。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:195

<Context 1>水溶液中一种典型的胶束形成的聚集体中，其亲水性的（hydrophilic）“头部”区域和周围溶剂接触，而疏水性的（hydrophobic）尾部区域被隔绝在胶束中心。这种类型的胶束即为正常相胶束（水包油胶束），反转胶束则是头部在中心、尾部朝外伸出（油包水胶束）。胶束形状上近似为球形，也可能出现其他相，包括椭圆、圆柱和双层结构形状。胶束的形状和大小是表面活性剂分子的几何形状和溶液条件作用的结果，后者如表面活性剂浓度、温度、pH 和离子强度。

胶束是多种分子包括肥皂和洗涤剂加到水里时形成的。分子可能是脂肪酸、脂肪酸盐（肥皂）、磷脂（phospholipid）和别的类似分子。形成胶束的过程即为胶束化（micellization）。这是许多类脂（lipids）依照其多态性而引起的相行为的一部分。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:195

<Context 2>表面活性剂的水溶液中开始形成胶束时的浓度称为临界胶束浓度，通常用符号 CMC 表示。

<Source>^朱 1995^:146

<Concept field>化学

<Related words>表面活性剂，脂肪酸，脂肪酸盐，磷脂，球状胶束，层状胶束，棒状胶束

<Type of relation>sub.

<Related words>胶束化，临界胶束浓度，胶体

<Type of relation>general

<zh>胶团

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Source>^辞海 1999^:下-4303

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>allotropy

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Tegetmeier 1863^:28

<Lexica>Found in ^Zanichelli 1980^, ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1.

<Definition>The assumption by an element or other substance of two or more different forms or structures which are most frequently stable in different temperature ranges, such as different crystalline forms of carbon as charcoal, graphite, or diamond.

<Source>^Zanichelli 1980^:49

<Context>The term Allotropy is employed to signify the remarkable circumstance, that the same substance can exist in two or more totally different states, which are distinguished from each other by extraordinary variations both in their physical and chemical properties. The same substance can exist in two or more totally different states, which are distinguished from each other by extraordinary variations both in their physical and chemical properties. The same substance, for instance, may be in one state fearfully poisonous, in other perfectly harmless. In one condition it may be brittle, in another extremely elastic. Again, it may have a liquid and several solid states, being in one vitreous or glassy, in another crystalline, and in a third perfectly amorphous.

The most familiar examples of allotropic substances are the elements of carbon, phosphorous, and sulphur.

<Source>^Tegetmeier 1863^:28

<Concept field>chemistry

<Related words>monotropic allotrope, enantiotropic allotrope, carbon, phosphorus, tin, sulphur, oxygen

<Type of relation>sub.

<Related words>chemical element, allotropic substance, allotrope

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Allotropy” is conceptually equivalent to “同素异性”.

<en>allotropism

<Morphosyntax>noun

<Usage label>uncommon

<Source>^Zanichelli 1980^:49

<zh>同素异性

<Morphosyntax>noun group

<Source>^韦, 张, 先 2006^:3

<Lexica>按^鲍里先科, 奥西奇呢 2010^。

<Phraseology>同素异性物, 同素异性体

<Definition>由同种化学元素组成的固体, 结构上存在两种或两种以上不同构型变体的特性。

<Source>^鲍里先科, 奥西奇呢 2010^:5

<Context>碳的同素异形体由原来的 2 种扩展到 4 种: 金刚石、石墨、C60 (^富勒烯^) 以及碳纳米管, 也将碳原子的排列扩展到零维 (C60)、一维 (碳纳米管)、二维 (石墨) 以及三维 (金刚石) 的完整体系, 使碳成为元素周期表中惟一具有从零维到三维结构排列的元素。

<Source>^韦, 张, 先 2006^:3

<Concept field>化学

<Related words>碳, 硫磺, 氧, 磷

<Type of relation>sub.

<Related words>化学元素, 同素异形物

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>cell

<Morphosyntax>noun

<Source>^Allen, Cowling 2011^:3

<Phraseology>cell division, cell membrane, cell growth, daughter cell

<Lexica>Found in ^The New Shorter Oxford 1999^:Vol.1.

<Definition>The basic membrane-bound unit that contains the fundamental ^molecule^s of life and of which all living things are composed. A single cell is often a complete organism in itself, such as a bacterium or yeast. Other cells acquire specialized functions as they mature. These cells cooperate with other specialized cells and become the building blocks of large multicellular organisms, such as animals and humans.

<Source>^britannica.com^

<Context 1>The cell is a basic unit of life, and as such must fulfil three requirements: (1) to be a separate entity, requiring a surface membrane; (2) to interact with the surrounding environment to extract energy in some way for maintenance and growth; and (3) to replicate itself. These parameters are the same for all living beings, from the smallest bacterium, to any one of the 200 different cell types that create a human being.

<Source>^Allen, Cowling 2011^:3

<Context 2>A cell is enclosed by a plasma membrane, which forms a selective barrier that allows nutrients to enter and waste products to leave. The interior of the cell is organized into many specialized compartments, or organelles, each surrounded by a separate membrane. One major organelle, the nucleus, contains the genetic information necessary for cell growth and reproduction. Each cell contains only one nucleus, whereas other types of organelles, are present in multiple copies in the cellular contents, or cytoplasm. Organelles include mitochondria, which are responsible for the energy transactions necessary for cell survival; lysosomes, which digest unwanted materials within the cell; and the endoplasmic reticulum, and the Golgi apparatus, which play important roles, in the internal organization of the cell by synthesizing selected molecules and then processing, sorting, and directing them to their proper locations. In addition, plant cells contain chloroplasts, which are responsible for photosynthesis. Between all these organelles is the space in the cytoplasm called the cytosol. The cytosol contains an organized framework of fibrous molecules that constitute the cytoskeleton, which gives a cell its shape, enables organelles to move within the cell, and provides a mechanism by which the cell itself can move. Specialized organelles are

characteristic of cells of organisms known as eukaryotes. In contrast, cells of organism known as prokaryotes don't contain organelles and are generally smaller than eukaryotic cells.

<Source>cf.^britannica.com^

<Concept field>biology

<Related words>prokaryotic cell, eukaryotic cell, plasma membrane, nucleus, organelle, cytoplasm, mitochondria, lysosome, endoplasmic reticulum, Golgi apparatus, cytoskeleton, protein

<Type of relation>sub.

<Related words>cell division, enzyme, ^molecule^, replication, multicellular organism, unicellular organism, photosynthesis, cell theory, cell doctrine

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Cell” is conceptually equivalent to “细胞”.

<zh>细胞

<Morphosyntax>noun

<Source>^中国大百科全书 1984^:生物学-1790

<Lexica>按^中国大百科全书 1984^:生物学。

<Phraseology>细胞结构，细胞分化，细胞体系，细胞周期，细胞增殖，细胞融合，细胞杂交

<Definition>生命的结构和功能的基本单位。在某种意义上说，有活性的生物材料都是细胞与细胞外基质组成的复合材料。

<Source>^崔，冯 1996^:7

<Context 1>细胞能够表现各种生命现象，例如新陈代谢、生长和发育、繁殖、遗传、变异、应激性和对环境的适应等。

<Source>^中国大百科全书 1984^:1790

<Context 2>细胞的基本共性：（1）细胞膜：所有的细胞表面均有由磷脂双^分子^层与镶嵌蛋白质构成的生物膜；（2）遗传物质：所有的细胞都含有两种核酸，即 DNA 与 RNA 作为遗传信息复制与转录的载体；（3）核糖体：作为蛋白质合成的机器——核糖体，毫无例外地存在于一切细胞内；（4）增值：所有细胞的增殖都以一分为二的分裂方式进行。

<Source>cf.^章 2005^:6

<Context 3>几乎每一个生物体都是由细胞所组成的。生物能简单到只有一个细胞，也能复杂到有几万亿个细胞组成为人。然而，不论低等或高等生物的细胞，都有自己的结构层次。每个细胞都含有多种细胞器。一般来说，这些细胞器体积有大有小、数目有多有少。这其中以细胞核为最大而数目最少（通常只有一个）。但是实际上，细胞核本身也拥有它自己的“细胞器”，即核膜、染色质及核仁。除此之外，整个细胞还被星罗棋布的细胞骨架网络所支撑。真可谓细胞虽小，五脏俱全。

<Source>^王，叶，涂 2005^:9

<Context 4>根据进化的地位、结构的复杂程度、遗传装置的类型与主要生命活动的方式，细胞可以分为原核细胞（prokaryotic cell）和真核细胞（eucaryotic cell）两大类。

<Source>^章 2005^:7

<Concept field>生物学

<Related words>原核细胞，真核细胞，细胞膜，细胞壁，细胞核，细胞器，细胞质，线粒体，溶酶体，内质网，高尔基体，细胞骨架，蛋白质

<Type of relation>sub.

<Related words>细胞分裂，酶，^分子^，多细胞生物，单细胞生物，光合作用，繁殖，新陈代谢，遗传

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nano

<Morphosyntax>prefix

<Usage label>main term

<Standardisation>SI

<Source>^Schmid 2008^:1

<Lexica>Found in ^Zanichelli 1980^, ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.2.

<Definition>Official SI prefix for physical units, which is equivalent to the factor 10^{-9} . This prefactor can be combined with units of physical quantities such as time (nanoseconds), mass (nanograms) or length (nanometers).

<Source>^Schmid 2008^:41

<Context 1>The relevant scientific communities have agreed that the term “nano” must always be linked with the appearance of a novel property.

<Source>^Schmid 2008^:1

<Context 2>Typical *size-dependent* nano-effects that spontaneously occur when a critical dimension is reached are observed when metal particles are downsized. Depending on the kind of change of property, the critical size may vary for the same element.

<Source>^Schmid 2008^:4

<Concept field>scientific notation

<Related words>nanosecond, nanogram, ^nanometre^, ^nanotechnology^, ^nanoscience^, ^nanoelectronics^, ^nanomaterial^, ^nanoparticle^, nanocrystal, ^nanomachine^, nanoengineering, ^nanorobot^, ^nanotube^, nanomanufacturing, nanodesign, nanoeffect, ^nanofabrication^, ^nanocluster^

<Type of relation>sub.

<Related words>micro

<Type of relation>coord.

<Equivalence en-zh>“Nano” is conceptually equivalent to “纳”.

<en>n

<Morphosyntax>noun

<Category>symbol

<Usage label>common

<Standardization>SI

<Source>^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.2-1882

<Variant of>nano

<zh>纳

<Morphosyntax>prefix

<Usage label>main term

<Origin>loan word

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:209

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^。

<Definition>一种十进制前缀，表示 10^{-9} ，简写为 n。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:209

<Concept field>科学计数法

<Related words>纳少, ^纳米^, 纳米技术, ^纳米科技^, ^纳米科学^, ^纳米材料^, ^纳米结构^, ^纳米管^, 纳米线, ^纳米微粒^, 纳米光子学, 纳米聚合物, ^纳米医学^, ^纳米光刻^, 纳米电子学, ^纳米复合材料^, 纳米生物技术

<Type of relation>sub.

<zh>纳诺

<Morphosyntax>prefix

<Category>full form

<Usage label>uncommon

<Origin>loan word

<Source>^向 1999^:517

<Variant of>纳

<zh>n

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Origin>loan word

<Standardization>SI

<Source>^向 1999^:517

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanometre

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Standardisation>SI

<Source>^Royal Commission on Environmental Pollution 2008^:11

<Grammar>The word *nanometre* combines the SI prefix *nano-* with the parent unit name *metre*.

<Phraseology>^nanometre scale^, nanometre dimension, nanometre resolution

<Definition>One nanometre is equal to one-billionth (1,000,000,000) of a metre, 10^{-9} m.

<Source>^Royal Commission on Environmental Pollution 2008^:11

<Concept field>scientific notation

<Related words>nanometre material, nanometre film, nanometre wave, nanometre structure

<Type of relation>sub.

<Related words>metre

<Type of relation>super.

<Related words>decimetre, centimetre, millimetre, ^micrometre^, picometre, femtometre, attometre, zeptometre, yoctometre

<Type of relation>coord.

<Equivalence en-zh>“Nanometre” is conceptually equivalent to “纳米”.

<en>nm

<Morphosyntax>noun

<Category>symbol

<Usage label>common

<Standardization>SI

<Source>^Royal Commission on Environmental Pollution 2008^:11

<Variant of>nanometre

<en>nanometer

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Regional label>USA

<Source>^Schwierz, Wong, Liou 2010^:2

<zh>纳米

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^林 2010^:3

<Phraseology>^纳米尺度^, 纳米体系, 纳米量级

<Definition>纳米（nm）是一长度单位，1 纳米是十亿分之一米，即 10^{-9} m。

<Source>^朱 2003^:1

<Concept field>科学计数法

<Related words>^纳米技术^, ^纳米材料^, ^纳米结构^, ^纳米管^, 纳米线, ^纳米微粒^, ^纳米科学^, ^纳米科技^, 纳米纤维, ^纳米棒^, ^纳米复合材料^, 纳米光子学, 纳米聚合物, ^纳米医学^, ^纳米光刻^, 纳米电子学, 纳米生物技术, 纳米产品

<Type of relation>sub.

<Related words>米

<Type of relation>super.

<Related words>分米, 厘米, 毫米, ^微米^, 皮米, 飞米, 阿米, 灰米, 幺米

<Type of relation>coord.

<zh>nm

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Origin>loan word

<Standardization>SI

<Source>^朱 2003^:1

<Context 1>1nm 大约是 2~3 个金属原子或 10 个氢原子排列在一起的“宽度”。一般病毒的直径为 60~250nm, 红血球的直径为 6000~8000nm, 头发丝的直径则为 30000~50000nm。

<Source>^林 2010^:3

<Context 2>当物质的尺度小于 100nm 时, 其在较大尺度上所表现出来的许多性质将会发生改变, 自然界中就有许多由纳米尺度物质所表现出来的奇特现象。

<Source>^林 2010^:3

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>micrometre

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Standardization>SI

<Source>^britannica.com^

<Grammar>The word *micrometre* combines the SI prefix *micro-* with the parent unit name *metre*.

<Phraseology>micrometre resolution, micrometre scale

<Lexica>Found in ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1.

<Definition>A millionth of a metre (10^{-6} m).

<Source>cf.^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1-1766

<Context>The micrometre is commonly employed to measure the thickness or diameter of microscopic objects, such as microorganisms and colloidal particles. Minute distances, as, for example, the wavelengths of infrared radiation, are also given in micrometres.

<Source>^britannica.com^

<Concept field>scientific notation

<Related words>micrometre wavelength, micrometre cell

<Type of relation>sub.

<Related words>metre

<Type of relation>super.

<Related words> decimetre, centimetre, millimetre, ^nanometre^, picometre, femtometre, attometre, zeptometre, yoctometre

<Type of relation>coord.

<Equivalence en-zh>“Micrometre” is conceptually equivalent to “微米”.

<en>micron

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Source>^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1-1766

<en> μm

<Morphosyntax>noun

<Category>symbol

<Usage label>common

<Standardization>SI

<Source>^britannica.com^

<Variant of>micrometre

<en>micrometer

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Regional label>USA

<Source>^Solomon, Berg, Martin 2005^:74

<Phraseology>micrometer scale, micrometer dimension, micrometer resolution

<Context>The micrometer (μm) is the most convenient unit for measuring cells. A bar 1 μm long is 1/1,000,000 (one-millionth) of a meter, or 1/1000 of a millimetre.

<Source>^Solomon, Berg, Martin 2005^:74

<zh>微米

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>loan translation

<Source>^张, 牟 2001^:1

<Phraseology>微米级, ^微米尺度^, 微米体系

<Lexica>按^辞海 1999^:中。

<Definition>一种长度单位。符号 μm 。等于 1 米的百万分之一。常用以计量微小的长度。

<Source>^辞海 1999^:中-2281

<Context>长度的基本单位是米。在机械制造中常用的单位是毫米和微米。在精密测量中多用微米为单位。

<Source>^胡, 甘 2005^:80

<Concept field>科学计数法

<Related words>微米科技, 微米线, 微米波

<Type of relation>sub.

<Related words>米

<Type of relation>super.

<Related words>分米, 厘米, 毫米, ^纳米^, 皮米, 飞米, 阿米, 仄米, 幺米

<Type of relation>coord.

<zh> μm

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Origin>loan word

<Standardization>SI

<Source>^纳米技术手册 2005^:3

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanoscale

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Ratner, Ratner 2003^:7

<Grammar>The word *nanoscale* combines the SI prefix *nano-* with the word *scale*.

<Definition>Scale with ^nanometre^ order of magnitude, generally agreed as 1-100 nm. It can also be defined as the scale of atoms and ^molecule^s.

<Source>^Manara 2012^

<Context 1>The nanoscale is unique because it is the size scale where the familiar day-to-day properties of materials like conductivity, hardness, or melting point meet the more exotic properties of the atomic and molecular world such as wave-particle duality and quantum effects. At the nanoscale, the most fundamental properties of materials and machines depend on their size in a way they don't at any other scale.

<Source>^Ratner, Ratner 2003^:7

<Context 2>In today's scientific realm, the prefix "nano" describes physical lengths that are on the order of a billionth of a meter long (10^{-9} m). Nanoscale materials lie in a physical size regime between bulk, macroscale, materials (the realm of condensed matter physics) and molecules or atoms (the realm of traditional chemistry and atomic physics).

<Source>^Kuno 2012^:2

<Concept field>^nanoscience^

<Related words>nanoscale science, nanoscale technology, nanoscale material, nanoscale fabrication, nanoscale electronic

<Type of relation>sub.

<Equivalence en-zh>"Nanoscale" is conceptually equivalent to "纳米尺度".

<en>nanometer scale

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^Lee 2008^:173

<zh>纳米尺度

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^林 2010^:23

<Definition>1~100 nm 范围的几何尺度。

<Source>^林 2010^:11

<Context>在纳米尺度下，物质中电子的波动性以及原子之间的相互作用受到尺寸大小的影响，物质会因此出现完全不同的性质。即使不改变材料的成分，^纳米材料^的热学性能、磁学性能、电子性能、光学性能、力学性能和化学活性能等都将与传统材料大不相同，呈现出用传统模式和理论无法解释的独特性能和奇异现象。

<Source>^林 2010^:23

<Concept field>^纳米科学^

<Related words>纳米尺度材料，^纳米材料^，^纳米结构^，^纳米微粒^，^纳米管^，^纳米棒^，^量子点^

<Type of relation>sub.

<zh>纳米级

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^林 2010^:11

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanoparticle

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Lee 2008^:184

<Grammar>The word *nanoparticle* combines the SI prefix *nano-* with the word *particle*.

<Definition>Particle with at least one of its three-dimensional sizes in the range of 1-100 nm. This is between the size of atoms or ^molecule^s and bulk materials. Within this size range, they can usually consist of 10-10,000 atoms.

<Source>cf.^Lee 2008^:222

<Context 1>Various terms that describe that nanosized particles have been adopted in the literature. The term is sometimes based on just the size, sometimes based on the physical property of the particles, and sometimes based on the shape of the particles. The term nanoparticle is obviously the most widely used one, and it is safe to say that this term encompasses most of the nanosized particles regardless of their physical property, size, and shape. Also, nanoparticles can be in either an amorphous or crystalline state. Nanoparticles refers to both states. When the crystalline state is taken into account, the term nanocrystal is preferred.

<Source>^Lee 2008^:222

<Context 2>Based on the materials, nanoparticles can be composed of semiconductive, pure metallic, metal oxide, organic, polymeric, and biological components. A variety of different shapes of nanoparticles have been identified. This includes, but is not limited to, sphere, prism, cube, tetrapod, branched, triangle, hexagon, and pentagon. Their shapes can also be tube, rod, needle, and hollow sphere. By composition, acorn, core-shell, and alternative types have been widely synthesized.

<Source>cf.^Lee 2008^:223

<Context 3>The most straightforward reason why nanoparticles are so important for current and future science and technology developments is the fact that their mesoscopic properties are at the intermediate state between atoms or molecules and bulk materials. For the most representative example, two gold atoms have the same properties, and two gold bulks have the same properties, too. This is always the case, regardless their volume, size, and shape. But two gold nanoparticles do not share the same properties; they can be greatly different, based on their size and shape. Their melting temperature, colour, electrical conductivity, and semiconductivity are all different. Also, bulk gold is non- (or barely) reactive inert metal, but gold nanoparticle is highly reactive and shows great catalytic reactivity.

<Source>cf.^Lee 2008^:224

<Concept field>^nanostructure^s

<Related words>magnetic nanoparticle, catalytic nanoparticle, bimetallic nanoparticle, multimetallic nanoparticle, metal nanoparticle, gold nanoparticle, oxide nanoparticle, ^nanotube^, ^quantum dot^, nanocrystal, atom, ^nanocluster^, ^nanotube^

<Type of relation>sub.

<Related words>quantum size effect, surface atom effect, catalysis, ^self-assembly^

<Type of relation>general

<Synonyms>The term cluster had better not be used to replace the term nanoparticle. Cluster is originally adopted to define the size range of atomic aggregates whose optical transition is not dependent on the number of atoms. The optical properties of nanoparticles are strongly dependent on their size.

<Equivalence en-zh>“Nanoparticle” is conceptually equivalent to “纳米微粒”.

<zh>纳米微粒

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^张, 牟 2001^:25

<Definition>指颗粒尺寸为纳米量级的超细微粒，它的尺度大于原子簇（cluster），小于通常的微粉。通常，把仅包含几个到数百个原子或尺度小于 1nm 的粒子称为“簇”，它是介于单个原子与固态之间的原子集合体。

<Source>^张, 牟 2001^:24

<Context 1>纳米微粒一般在 1~100nm 之间，有人称它为超微粒子（ultra-fine particle），也有人把超微粒子范围划为 1~1000nm。纳米微粒是肉眼和一般显微镜看不见的微小粒子。用电子显微镜（TEM）能看到的微粒称为纳米微粒。

<Source>^张, 牟 2001^:25

<Context 2>纳米微粒是介于大块物质与原子的中间物质态，对纳米微粒的性质研究和开发是了解微观世界如何过渡到宏观世界的关键。纳米微粒虽然小却可以对材料性质产生重大影响，并发生变化，使材料呈现出极强的活跃性。

<Source>^林 2010^:23

<Context 3>小尺寸效应、表面效应、量子尺寸效应及量子隧道效应等是纳米微粒和纳米固体的基本特性。它使纳米微粒和纳米固体呈现出许多奇异的物理、化学性质，并出现一些反常现象，这就使得它具有广阔的应用前景。

<Source>^林 2010^:28

<Concept field>^纳米材料^

<Related words>原子，纳米晶体，^纳米管^，^量子点^

<Type of relation>sub.

<Related words>量子尺寸效应，小尺寸效应，表面效应，宏观量子隧道效应，催化，高能球磨，高速气流粉碎

<Type of relation>general

<zh>纳米颗粒

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^倪，姚，沈，周 2007^:6

<zh>超微粒子

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^张，牟 2001^:25

<Context>有人称纳米微粒为超微粒子，也有人把超微粒范围划为 1~1000nm。

<Source>cf.^张，牟 2001^:25

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanomaterial

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Köhler, Fritzsche 2007^:149

<Grammar>The word *nanomaterial* combines the SI prefix *nano-* with the word *material*.

<Definition>Material where the sizes of individual building blocks are less than 100 nm, at least in one dimension. It have properties which depend inherently on the small grain size.

<Source>cf.^Vollath 2008^:1

<Context 1>The term “nanomaterial” is nowadays applied to very different classes of materials, including: dry solid ^nanoparticle^s and clusters; dispersions of nanopartcles in liquids (“nanosuspensions” and “colloidal solutions”); nanocrystalline materials held together by glassy material or embedded in a glassy matrix, such as ceramics or glass ceramics with nanosized phases; nanocomposite materials including organic as well as inorganic

components; stiff macromolecular or supermolecular aggregates composed of ^fullerene^s, ^nanorod^s, ^nanotube^s, or similar rigid molecular objects.

Normally not included in the term “nanomaterials” are nanopolycrystalline materials, partially crystalline polymers, and emulsions with nanodroplets.

<Source>^Köhler, Fritzsche 2007^:149

<Context 2>The synthesis of nanomaterials and assembling the ^nanostructure^s into ordered arrays to render them functional and operational are crucial aspects of ^nanoscience^. The materials/structures include nanoparticles, nanowires, nanotubes, nanocapsules, nanostructured alloys and ^polymer^s, nanoporous solids and DNA chips.

<Source>^Rao, Müller, Cheetham 2004^:4

<Context 3>Some of the important applications and technologies based on nanomaterials are the following: (i) Production of nanopowders of ceramics and other materials, (ii) nanocomposites, (iii) development of nanoelectrochemical systems (NEMS), (iv) applications of nanotubes for hydrogen storage and other purposes, (v) DNA chips and chips for chemical/biochemical assays, (vi) gene targeting/drug targeting and (vii) nanoelectronics and nanodevices. The last one, which is probably the most challenging area, includes new lasers, nanosensors, nanocomputers (based on nanotubes and other materials), defect-free electronics for future molecular computers, resonant tunnelling devices, spintronics and the linking of biological motors with inorganic nanodevices.

<Source>^Rao, Müller, Cheetham 2004^:8

<Concept field>^nanoscience^

<Related words>nanoporous material, monolayer, ^nanocomposite^, nanofilm, nanofiber

<Type of relation>sub.

<Synonyms>“Nanostructured material” is the synonym of “nanomaterial”. Nanostructured material is defined as material whose inner critical structural features are within the range of the nanometer scale.

<Equivalence en-zh>“Nanomaterial” is conceptually equivalent to “纳米材料”.

<en>nanostructured material

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^Lee 2008^:184

<zh>纳米材料

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^林 2010^:11

<Definition>三维外观尺度中至少有一维处于纳米级（约 1~100 nm）的物质以及以这些物质为主要结构单元所组成的材料。

<Source>^林 2010^:11

<Context 1>纳米材料可以分为两种主要类型，一类是具有^纳米尺度^外形的材料，即狭义的“纳米材料”，它包括原子团簇、^纳米微粒^、纳米线、^纳米管^、纳米薄膜等；一类是以^纳米结构^单元作为主要结构组分所构成的材料，即具有纳米结构的材料（nanostructured materials），常被简称为纳米结构材料，它包括纳米固体、^纳米复合材料^、纳米介孔材料、纳米陈列等。

<Source>^林 2010^:11

<Context 2>纳米材料的主要特征在于其外观尺度，从三维外观尺度上对纳米材料进行分类是目前流行的纳米材料分类方法，可分为零维纳米材料、一维纳米材料、二维纳米材料和三维纳米材料。其中，零维纳米材料、一维纳米材料和二维纳米材料可作为纳米结构单元组成纳米固体材料、纳米复合材料以及纳米有序结构。

<Source>^林 2010^:14

<Concept field>^纳米科学^

<Related words>纳米薄膜，纳米纤维，纳米固体，^纳米复合材料^，纳米介孔材料，纳米陈列

<Type of relation>sub.

<Synonyms>在《纳米材料术语》标准中，把力学性能得到显著改善的纳米材料称为结构纳米材料。

<zh>纳米结构的材料

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Origin>hybrid loan translation

<Synonymy> (~)

<Source>^林 2010^:11

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanostructure

<Morphosyntax>noun

<Source>^Köhler, Fritzsche 2007^:2

<Grammar>The word *nanostructure* combines the SI prefix *nano-* with the word *structure*.

<Definition>Nanometric structure with peculiar properties.

<Source>^Gonella, Manara 2012^

<Context 1>With solid materials, it is known that the properties of surfaces may differ from the bulk conditions. In the classical case, the number of surface atoms and ^molecule^s is small compared with the number of bulk particles. This ratio is inverted in the case of ^nanoparticle^s, thin layers and nanotechnical elements. The properties of nanostructures are therefore more closely related to the states of individual molecules, molecules on the surfaces or interfaces than to the properties of the bulk material. Also the terminology of classical chemistry is not fully applicable to nanostructures. Key terms, such as diffusion, reactivity, reaction rate, turnover and chemical equilibrium, are only defined for vast number of particles. So their use is limited to the case of nanostructures with small numbers of similar particles. Reaction rate is replaced by the probability of a bond change, and diffusive transport by the actual particle velocity and direction.

<Source>^Köhler, Fritzsche 2007^:5

<Context 2>Nanostructures are classified on the basis of the number of dimensions in which the carriers are confined or, alternatively, free to move. The structure in which carriers are confined in one dimension is a quantum well (QW): it consists of a thin layer of a semiconductor with low energy gap embedded in a material with higher energy gap, and the confinement occurs in the direction perpendicular to the interfaces. In a ^quantum wire^ (QWr) the carrier motion is confined in two dimensions: a QWr consists in a long and thin rod of a semiconductor with low energy gap embedded in a material with higher energy gap. In this structure carriers are free to move in the direction of the rod only. Finally, in a ^quantum dot^ (QD) the carrier confinement is in the three spatial directions: a QD consists of a low energy gap semiconductor nanocrystal embedded in a material with higher energy gap.

<Source>^Lamberti 2008^:182

<Concept field>^nanoscience^

<Related words>NEMS, nanomagnetic structure, molecular electronic structure, spintronic structure, biomimetic structure, nanofluidic structure, nanopore-based nanostructure, nanoparticle-based nanostructure, metal nanostructure, carbon nanostructure, zero-dimensional nanostructure, one-dimensional nanostructure, two-dimensional nanostructure, ^nanoparticle^, ^nanorod^, nanowire, ^quantum dot^, nanocrystal

<Type of relation>sub.

<Related words>^nanofabrication^ technique, ^nanolithography^, scanning probe techniques, ^self-assembly^, ^top-down approach^, ^bottom-up approach^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Nanostructure” is conceptually equivalent to “纳米结构”.

<zh>纳米结构

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^倪, 姚, 沈, 周 2007^:7

<Lexica>按^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^。

<Phraseology>纳米结构单元, 纳米结构材料

<Definition>键合原子堆砌而成的一种集合体, 这种结构至少有一个维度的尺寸在一^纳米^到几百纳米之间 ($1\text{nm} = 10 \text{ \AA} = 10^{-9}$)。

<Source>^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:210

<Context 1>纳米结构是将以^纳米尺度^的物质为基础单元, 按一定规律构筑或制成的一种新体系, 进一步可以说是按照材料设计者的意愿排列分子和原子或^量子点^, 植被纳米结构, 它包括零维德体系、一维的体系、二维的体系、三维的体系。这些物质单元包括^纳米微粒^、稳定的团簇或人造原子、^纳米管^、^纳米棒^、纳米丝以及纳米尺寸的空洞等。

<Source>^倪, 姚, 沈, 周 2007^:7

<Context 2>制造这种纳米结构有两条途径可走: 一条是使用传统的微细加工技术, 把它做得最好, 达到其可能的极限; 另一条是突破微细加工技术原来所使用的方法, 把一个一个的原子或分子堆砌起来形成纳米结构, 再把它们组合成新的器件或材料。前一条形成单一纳米结构的制造方式被称为从上至下工艺; 后一条路子则称为从下至上工艺。

<Source>^纳米技术手册 2005^:22

<Concept field>^纳米科学^

<Related words>一维结构, 二维结构, 三维结构, 零维结构, ^纳米微粒^, NEMS, ^量子点^, ^纳米棒^, 纳米线, ^纳米管^, 纳米晶体

<Type of relation>sub.

<Related words>^从下至上方式^, ^从上至下方式^, 纳米材料制备方法, ^自组装^

<Type of relation>general

<zh>纳米尺度下的结构

<Morphosyntax>noun group

<Category>full form

<Usage label>uncommon

<Source>^纳米技术手册 2005^:22

<Variant of>纳米结构

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>carbon nanotube

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Source>^Bhushan 2007^:44

<Grammar>The word *nanotube* combines the SI prefix *nano-* with the word *tube*.

<Definition>Hollow cylinder of graphite sheet. It can be looked at as single ^molecule^, regarding its small size (~nm in the diameter and ~µm length), or as quasi-one dimensional crystal with translational periodicity along the tube axis. There are infinitely many ways to roll a sheet into a cylinder, resulting in different diameters and microscopic structures of the tubes. These are defined by the chiral angle, the angle of the hexagon helix around the tube axis. Some properties of carbon nanotubes can be explained within a macroscopic model of an homogeneous cylinder; whereas others depend crucially on the microscopic structure of the tubes. The latter include, for instance, the electronic band structure, in particular their metallic or semiconducting nature.

<Source>cf.^Reich, Thomsen, Maultzsch 2004^:3

<Context 1>It is relatively easy to imagine a single-wall carbon nanotube (SWNT). Ideally, it is enough to consider a perfect graphene sheet (graphene is a polyaromatic monoatomic layer consisting of sp^2 -hybridized carbon atoms arranged in hexagon; genuine graphite consists of layers of this graphene) and to roll it into a cylinder, making sure that the hexagonal rings placed in contact join coherently. Then the tips of the tube are sealed by two caps. Each cap being a semi-[^]fullerene[^] of the appropriate diameter.

<Source>[^]Bhushan 2007[^]:44

<Context 2>Building multiwall carbon nanotubes is a little bit more complex, since it involves the various ways graphenes can be displayed and mutually arranged within filamentary morphology. A similar versatility can be expected to the usual textural versatility of polyaromatic solids. Likewise, their diffraction patterns are difficult to differentiate from those of anisotropic polyaromatic solids. The easiest MWNT to imagine is the concentric type (c-MWNT), in which SWNTs with regularly increasing diameters are coaxially arranged (according to a Russian-doll model) into a multiwall nanotube.

<Source>[^]Bhushan 2007[^]:47

<Concept field>[^]nanostructure[^]s

<Related words>single-wall carbon nanotube (SWNT), multi-wall carbon nanotube (MWNT), zig-zag-type single-wall carbon nanotube, armchair-type single-wall carbon nanotube, chiral single-wall carbon nanotube, herringbone texture multiwall carbon nanotube, heteronanotube, hybrid carbon nanotube.

<Type of relation>sub.

<Related words>[^]nanotube[^]

<Type of relation>super.

<Related words>[^]fullerene[^], graphite, diamond.

<Type of relation>coord.

<Related words>electric arc method, laser ablation, solar furnace, catalytic chemical vapour deposition, templating technique.

<Type of relation>general

<Synonyms>The synonym “buckytube” developed from the so-called fullerene (or buckball), that are structures similar to the way geodesic domes, originally conceived by the architect R. Buckminster Fuller, are built.

<Note>The term “nanofiber” is not the synonym of “nanotube”. However, in the so-called herringbone multiwall nanotube, in which the graphenes make an angle with respect to the

nanotube axis, the inner diameter varies so that the tubular arrangement can be lost, meaning that the latter are more accurately called “nanofiber” rather than nanotube.

<Equivalence en-zh>There is completely conceptual identity between “carbon nanotubes” and “碳纳米管”.

<en>buckytube

<Morphosyntax>noun

<Usage label>uncommon

<Source>^Rouquerol, Rouquerol, Sing 1999^:414

<en>CNT

<Morphosyntax>noun

<Category>initials

<Usage label>common

<Source>^Bhushan 2007^:64

<Variant of>carbon nanotube

<zh>碳纳米管

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>hybrid loan translation

<Source>张，牟 2001^:28

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^。

<Definition>所有键都饱和的碳原子组成的管状天然自组织^纳米结构^。它有两种主要形式 – 单壁和多壁^纳米管^。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:39

<Context>采用高分辨电镜技术对碳纳米管的结构研究证明，多层纳米碳管一般由几个到几十个单壁碳纳米管同轴构成，管间距为 0.34nm 左右，这相当于石墨的 {0002} 面间距。碳纳米管的直径为零点几^纳米^至几十纳米，每个单壁管侧面有碳原子六边形组成，长度一般为几十纳米至微米级，两端有碳原子的五边形封顶。单壁碳纳米管可能存在三种类型的结构，分别称为单臂纳米管、锯齿形纳米管、手性纳米管。这些类的碳纳米管的形成取决于碳原子的六角点阵二维石墨片是如何“卷起来”形成圆筒形的。

<Source>^张, 牟 2001^:29

<Concept field>^纳米结构^

<Related words>单壁纳米管, 多壁纳米管, 单臂纳米管, 锯齿形纳米管, 手性纳米管, 二层纳米管

<Type of relation>sub.

<Related words>^纳米管^

<Type of relation>super.

<Related words>^富勒烯^, 石墨, 钻石

<Type of relation>coord.

<Related words>直流电弧放电法, 碳氢化合物的热解法, 激光熔蒸

<Type of relation>general

<Synonyms>巴基管的名称取自一个美国建筑师 R. 巴克敏斯特·富勒 (R. Buckminster-Fuller) 的名字他在 1967 年设计了一个球状的圆屋顶。

<zh>CNT

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Origin>loan word

<Source>^纳米技术手册 2005 ^:592

<zh>纳米碳管

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Source>^张, 牟 2001^:28

<Phraseology>单壁纳米碳管, 多层纳米碳管

<zh>巴基管

<Morphosyntax>noun

<Usage label>uncommon

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^张, 牟 2001^:28

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>fullerene

<Morphosyntax>noun

<Category>short form

<Usage label>main term

<Standardization>IUPAC

<Source>^Cotton 1999^:212

<Lexica>Found in ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1.

<Variant of>buckminsterfullerene

<Context>One of the most well-known fullerene ^molecule^s is C₆₀, commonly known as buckyballs. Since these C₆₀ molecules are very stable and don't require additional atoms to satisfy chemical bonding requirements, they are expected to have low adhesion to the mating surface and low surface energy. Since the C₆₀ molecule, which has perfect spherical symmetry, bonds only weakly to other molecules, C₆₀ clusters readily become detached, similar to other layered lattice structures, and either get transferred to the mating surface by mechanical compaction or are present as loose wear particles that may roll like tiny ball bearings in a sliding contact, resulting in low friction and wear. The low surface energy, the spherical shapes of molecules, the weak intermolecular bonding, and the high load bearing capacity offer vast potential for various mechanical and tribological applications.

<Source>^Bhushan 2007^:1270

<Concept field>^nanostructure^s

<Related words>C₆₀, C₇₀, C₇₆, C₈₂, C₈₄

<Type of relation>sub.

<Related words>^carbon nanotube^, graphite, diamond

<Type of relation>coord.

<Synonyms>C₆₀, one of the most well-known fullerene molecules, is commonly used as a synonym for fullerene. Buckyball is a familiar, nontechnical synonym for fullerene.

<Equivalence en-zh>“Fullerene” is conceptually equivalent to “富勒烯”.

<en>buckminsterfullerene

<Morphosyntax>noun

<Category>full form

<Usage label>common

<Standardization>IUPAC

<Source>^Kuno 2012^:30

<Variant of>fullerene

<en>buckyball

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Standardization>IUPAC

<Source>^Bhushan 2007^:1340

<en>C₆₀

<Morphosyntax>chemical formula

<Category>symbol

<Usage label>common

<Standardization>IUPAC

<Source>^Bhushan 2007^:1340

<Variant of>fullerene

<Context 1>The most common of these roughly spherical ^molecule^s, C₆₀, consists of arrays of 60 atoms with the geometry of truncated icosahedron, having 20 hexagons and 12 pentagons, a geometry typical of a soccer ball.

<Source>^Cotton 1999^:212

<Context 2>C₆₀ was discovered in 1985 by Harold Kroto, Richard Smalley, and Robert Curl, for which they were eventually awarded a Nobel Prize in Chemistry. Since then, other variants of C₆₀ have found, with different numbers of carbon atoms. Examples include C₇₀ and C₈₄.

<Source>^Kuno 2012^:70

<zh>富勒烯

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Origin>loan word

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:115

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^。

<Definition>由碳原子形成一系列笼形分子 (C_{2n} , $n \geq 30$) 的总称。它是碳单质金刚石和石墨之外的第三种稳定存在形式。而 C_{60} 是富勒烯系列全碳原子的代表。

<Source>^胡 2005^:35

<Context 1>富勒烯的民称取自一个美国建筑师 R. 巴克敏斯特·富勒 (R. Buckminster Fuller) 的名字, 他在 1967 年为蒙特利尔国际博览会设计了一个足球状的圆屋顶。

<Source>^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:115

<Context 2>标准的富勒烯是 C_{60} , 由 60 个分布在一个直径为 0.7 nm 的球面上的碳原子组成的分子。这些碳原子以截去顶端的十二面体, 且多面体的每个角都有一个碳原子的形式聚集在一起。这些碳原子组成了 20 个六边形和 12 个五边形, 五边形引起了曲率, 引此导致分子的闭合准球形结构。

<Source>^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:115

<Concept field>^纳米结构^

<Related words> C_{60} , C_{70} , C_{76} , C_{82} , C_{84}

<Type of relation>sub.

<Related words>^碳纳米管^, 石墨, 钻石

<Type of relation>coord.

<Synonymy> C_{60} 是富勒烯系列全碳原子的代表。

<zh> C_{60}

<Morphosyntax>chemical formula

<Category>symbol

<Usage label>common

<Origin>loan word

<Standardization>IUPAC

<Source>^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:115

<Variant of>fullerene

<zh>巴基球

<Morphosyntax>noun

<Usage label>uncommon

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^林 2010^:3

<zh>足球烯

<Morphsyntax>noun

<Usage label>uncommon

<Source>^林 2010^:3

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>top-down approach

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Source>^Schmid 2008^:42

<Definition>Approach which starts with a bulk or thin film material and removes selective regions in order to fabricate ^nanostructure^s. It's obviously an offshoot of standard lithography and micromachining techniques.

<Source>^Bhushan 2007^:222

<Context 1>In experiments in which only a few nanostructures need to be patterned and probed, scanning probe microscopes can be exploited to structure and shape materials at the nanometer scale. To define an array of millions of nanoscale systems in parallel – such as in integrated electronic circuits – the top-down approach of microlithography is the technique of choice.

<Source>^Schmid 2008^:44

<Context 2>At present, there are several possible successor top-down nanotechnologies for industry, for example, extreme ultraviolet light lithography (EUV), electron beam lithography with multicolumn processing facilities, the focused ion beam (FIB) technique and the ultraviolet nano-imprinting technique.

<Source>^Schmid 2008^:45

<Concept field>^nanofabrication^ techniques

<Related words>e-beam lithography, nanoimprint fabrication, scanning probe nanofabrication techniques, ^nanolithography^, dip-pen nanolithography, focused ion beam technique, ultraviolet nano-imprinting technique, extreme ultraviolet light lithography

<Type of relation>sub.

<Related words>^bottom-up approach^

<Type of relation>ant.

<Related words>scanning probe microscope, ^scanning tunneling microscope^, ^atomic force microscope^, scanning electron microscope, transmission electron microscope, ^photoresist^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Top-down approach” is conceptually equivalent to “从上至下方式”.

<en>top-down process

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^Bhushan 2007^:467

<zh>从上至下方式

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Origin>loan translation

<Source>^纳米技术手册 2005^:16

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^。

<Phraseology>“从上至下”的纳米加工技术，“从上至下”加工方式，“从上至下”工艺，“从上至下”的微细加工技术，“从上至下”的纳米加工工艺。

<Definition>构造集成电路的^微米^或^纳米^组件的两种方法之一。它从芯片级别开始构造，使用了一系列诸如光刻和蚀刻术的复杂技术，目的是在衬底上形成图样。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:327

<Context 1>“从上至下”方式主要用于制造存储器和 CPU 等半导体器件的微细加工，是利用光线或电子束等来削除大片材料，从而留下所需要的微细图形结构。

<Source>^纳米技术手册 2005^:16

<Context 2>从上至下的微细加工技术一直是推进微细加工向着越来越微细化方向发展的一项重要技术。

<Source>^纳米技术手册 2005^:23

<Concept field>纳米材料制备方法

<Related words>光学制版技术，远紫外线制版方法，^纳米光刻^，电子束制版工艺，聚焦离子束方法

<Type of relation>sub.

<Related words>^从下至上^

<Type of relation>ant.

<Related words>图形结构，粒子束，电子束，离子束，^光阻剂^

<Type of relation>general

<zh>自上而下法

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:327

<zh>自顶向下法

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:327

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>bottom-up approach

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Source>^Schmid 2008^:46

<Definition>Approach which relies on molecular recognition and ^self-assembly^ to fabricate ^nanostructure^s from smaller building blocks (^molecule^s, colloids, clusters). It's more strongly influenced by chemical engineering and material science, and relies on fundamentally different principles.

<Source>cf.^Bhushan 2007^:222

<Context>In a bottom-up approach the building block (^nanoparticle^, molecular machine component, etc.) is identified and produced naturally and then assembled to produce the material or device required.

<Source>^Binns 2010^:8

<Concept field>^nanofabrication^ techniques

<Related words>^self-assembly^, self-assembled monolayers, template manufacturing, DNA-directed assembly of network materials.

<Type of relation>sub.

<Related words>^top-down approach^

<Type of relation>ant.

<Related words>building block, ^nanoparticle^, ^nanotube^, nanowire, layer, dendrimer, DNA nanotweezer

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Bottom-up approach” is conceptually equivalent to “从下至上方式”.

<en>bottom-up assembly technique

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonyms> (~)

<Source>^Schmid 2008^:47

<Context>Generally, bottom-up assembly techniques seek to fabricate composite materials comprising ^nanoscale^ objects which are spatially ordered via molecular recognition. The prime examples of the technique are self-assembled monolayers (^SAM^s) of molecules. A substrate is immersed in a dilute solution of a surface-active organic material that adsorbs on the surface and organizes via self-assembly process. The result is a highly ordered and well-packed molecular monolayer. The method can be extended towards layer-by-layer (LBL) assembly, by which polymer light-emitting devices (LEDs) have already been fabricated.

<Source>^Schmid 2008^:47

<en>bottom-up technique

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonyms> (~)

<Source>^Bhushan 2007^:228

<Context>Template manufacturing is another bottom-up technique which utilizes material deposition (electroplating, CVD, and so on) into nanotemplates in order to fabricate nanostructures. The nanotemplates used in this technique are usually prepared using ^self-assembly^ techniques.

<Source>^Bhushan 2007^:228

<zh>从下至上方式

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Origin>loan translation

<Source>^纳米技术手册 2005^:16

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^。

<Phraseology> “从下至上”的纳米加工工艺，“从下至上”的纳米加工技术，“从下至上”加工方式，“从下至上”工艺，“从下至上”的技术

<Definition>制造集成电路中的纳米尺度元件的两种方法中的一种，也就是通过在基件上对原子和^分子^进行精确的定位来建造^纳米结构^的方法。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:33

<Context> “从下至上”方式，则是利用薄膜形成技术，即通过人工手段把原子或分子一层一层淀积（在极端情形可以把原子或分子一个一个的淀积）来形成新的晶体结构（人工晶格）从而造出新的物质或新的器件。

<Source>^纳米技术手册 2005 ^:17

<Concept field>纳米材料制备方法

<Related words>^自组装^，自组织，原子工程

<Type of relation>sub.

<Related word>^从上至下方式^

<Type of relation>ant.

<zh>自下而上法

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:33

<zh>自底向上法

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:33

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanomachine

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Lee 2008^:330

<Grammar>The word *nanomachine* combines the SI prefix *nano-* with the word *machine*.

<Definition>An integrated nanodevice that can show a communication capability with the macroworld.

<Source>^Lee 2008^:312

<Context 1>Nanomachines are molecular scale objects that are capable of performing simple tasks such as actuation and sensing. Nanomachines are categorized into two types. While one type mimics the existing machines, other type mimics nature made nanomachines such as molecular motors and receptors.

<Source>^Priami 2008^:60

<Context 2>While macromachines work at μm - m range of mechanical movement, nanomachines will work at nm - μm range. The main operational force for macromachines is mechanical, while the interplay between intermolecular and colloidal forces is critical for nanomachines. Classical mechanics can fully describe the operation of macromachines, but it will take both quantum and classical mechanics for the proper description of nanomachines. Components for the assembly of macromachines are of course macroscopic objects, but atoms, molecules, and nanoscale objects (nanocomponents) are used for nanomachines. Finally, even though the types of energy input and signal output will not have to be much different, the mode of interaction with specific components and of generation principles usually will be quite different between macromachines and nanomachines.

<Source>^Lee 2008^:330

<Context 3>Nanomachines operate at up to yocto (10^{-24}) Joule of energy with usually nano (10^{-9}) to pico (10^{-12}), but sometimes up to atto (10^{-18}), Newton of force. Detection up to a single small molecule is not uncommon. Movement of their parts is usually in nm ranges with frequency of a few nm to nanosecond, which makes their moving speed $\sim\text{nm}$ - $\sim\mu\text{m}$ per second. Voltage is also applied in the range of nV . For example, the biological motor kinesin generates $\sim 5 \times 10^{-24}$ W per ^molecule^. Also, a variety of nanoscale spaces that can be used for nanoscale reactions or as nanochambers can have capacities down to femtoliter (10^{-15}) and sometimes to yoctoliter.

<Source>^Lee 2008^:312

<Concept field>nanoscale devices

<Related words>^atom^, ^molecule^, nanocomponent

<Type of relation>sub.

<Related words>intermolecular force, colloidal force, ^self-assembly^

<Type of relations>general

<Equivalence en-zh>“Nanomachine” is conceptually equivalent to “纳米机器”.

<en>nanoscale machine

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^Priami 2008^:60

<en>molecular nanomachine

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^Pradeep 2007^:318

<zh>纳米机器

<Morphosyntax>noun

<Source>^李, 李 2004^:262

<Definition>^纳米科技^研究的最终目标之一，从^分子^水平上制造各种功能的机器人和器件，或者模拟生命将是最为有效的制造技术。

<Source>^李, 李 2004^:261

<Context>目前纳米机器已经不再仅仅是一种设想，美国加州大学伯克利分校报道了多层炭管的线性轴承。他们在多层炭管的内层端部自组装了一个操作臂，操纵内层作相对于外层的运动。郎诒贝尔实验室和牛津大学合作用 DNA 键组装成“分子镊子”。这个镊子由三股 DNA 分子组成，分别称其为 A, B, C。A 居中，A 键的大约一半与 B 缠绕，另一半与 C 缠绕形成双股，B, C 的另一半是单股约由 24 个碱基组成，自由悬浮在溶液中，A 键的中间仍有四个碱基部分为单股，大约为 7nm 长，其刚性比缠成双股的部分弱得多因而成为形如镊子的 ABC 分子复合物的可以开合的合页。当加入另一股 DNA（称为 F）到溶液，F 能与 B, C 的自由部分相结合时，就能把 B, C 键的具有刚性的 AB, AC 部分靠拢在一起，如镊子闭合。

<Source>^李, 李 2004^:262

<Concept field>纳米设备

<Related words>^分子^, 原子

<Type of relation>sub.

<Related words>自组织, ^自组装^, 机器

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanocomposite

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Wang, Liu, Zhang 2003^:69

<Grammar>The word *nanocomposite* combines the SI prefix *nano-* with the word *composite*.

<Definition>Composite in which the distinctive component, or Gibbsian solid phase, is in the nanometer range. The accepted length for the nanophase is less than 100 nm in at least one dimension. The continuous matrices can be ceramic, metallic or organic materials, either in bulk form or as thin films.

<Source>^Wang, Liu, Zhang 2003^:69

<Context 1>One way of classifying nanocomposites is by Newnham's classification of conventional composites. He has proposed a classification for a two-component composite by the numbers 0 – 1, 0 – 2, 1 – 3, etc to describe the connective relationship of the component phases in the composites, where the first number refers to the connectivity of one phase and the second to the connectivity of another phase. The numerals 0, 1, 2 and 3 mean that this phase connects by itself at zero dimensions, one dimensions, two dimensions, and three dimensions, respectively. This classification is convenient for recognizing the structural relationship of constitutional phases. Another classification of composite materials is based on the continuous matrix composition, such as ceramic, metallic or polymeric matrix, and it is also applied to nanocomposites.

<Source>^Wang, Liu, Zhang 2003^:69

<Context 2>There are three basic types of nanocomposites. (1) Composite consisting of zero-dimensional particles in a matrix; ideally the individual particles do not touch each other. (2) One-dimensional nanocomposite consisting of ^nanotube^s or ^nanorod^s distributed in a second matrix. (3) Two-dimensional nanocomposite built from stacks of thin films made of two or more different materials.

<Source>cf.^Vollath 2008^:6

<Context 3>Nanocomposites differ from traditional composites in the smaller size of the component phases. The small size of the phases may cause stronger physical sensitivity of bulk materials to physical or mechanical energy and higher chemical reactivity on grain boundaries.

<Source>^Wang, Liu, Zhang 2003^:74

<Context 4>Matrices play the roles of structural stability, passivation, and supporting substrates. Possible properties improvements differ for each matrix: ceramic matrix nanocomposites (1) increase in strength, hardness, and abrasion by refining particle size, (2) enhance ductility, toughness, formability, superplasticity by nanophases, (3) change electrical conduction and magnetic properties by increasing the disordered grain boundary interface; metallic matrix nanocomposites (1) increase in hardness and strength, (2) lower the melting point, (3) increase the electrical resistivity by increasing the disordered grain boundary area, (3) increase the solubility for solid solution; polymeric matrix nanocomposites (1) use fine filler in organic materials to increase properties such as abrasion, heat retardation, and modulus, (2) decrease the electrostatic properties by adding TiO₂, Cr₂O₃, Fe₂O₃, ZnO instead of carbon black, (3) increase absorption of ultraviolet wavelength, (4) provide magnetic fluid by adding magnetic ^nanoparticle^s in fluid polymers, (5) passivation of ^quantum dot^s.

<Source>cf.^Wang, Liu, Zhang 2003^:76

<Concept field>^nanomaterial^s

<Related words>ceramic-matrix nanocomposite, metal-matrix nanocomposite, polymer-matrix nanocomposite, rubber nanocomposite, intercalated nanocomposite, exfoliated nanocomposite, polyolefin nanocomposite, organic-inorganic nanocomposite, elastomeric nanocomposite

<Type of relation>sub.

<Related words>nanofiber, nanoporous material, nanofilm, monolayer

<Type of relation>coord.

<Equivalence en-zh>“Nanocomposite” is conceptually equivalent to “纳米复合材料”.

<zh>纳米复合材料

<Morphosyntax>noun group

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^田 2003^:351

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^。

<Definition>包含有几种致密组分材料，这些组分在^纳米尺度^或^分子^尺度上形成了材料的空间组织结构。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:209

<Context 1>纳米复合材料是于 20 世纪 80 年代初由 Roy 提出的，与单一相成的^纳米材料^不同，它是由两种或两种以上的固相至少在一个方向以纳米级（1~100nm）符合而成的复合材料，这些固相可以是非晶质、半晶质、晶质或者兼而有之，而且可以是无机、有机或二者都有。纳米相与其他相间通过化学（^共价键^、^离子键^等）与物理（氢键等）作用在纳米水平上复合，即相分离尺寸不得超过纳米数量级。因而，它与具有较大微相尺寸的传统复合材料在结构和性能上有明显的区别，近年来已成为聚合物化学和物理、物理化学、材料科学等多门学科交叉的前沿领域，受到各国科学家和政府的重视。

<Source>^林 2010^:272

<Context 2>纳米复合材料分散相可以是无机化合物，也可以是有机化合物。当基体为金属时，称为金属基纳米复合材料。当基体为陶瓷时，称为陶瓷基纳米复合材料。当基体相为聚合物时，称为聚合物基纳米复合材料。

<Source>^林 2010^:272

<Context 3>纳米复合材料充分发挥了分子层级的结构特性，如粒径比（aspect ratio）、层状增强结构、粒子键存在等性质。少量的（0.5% ~ 5.0%）添加纳米级无机层材，可以提高高分子各类性能。

<Source>^田 2003^:351

<Context 4>最先制得的纳米复合材料是无机复合材料（如陶瓷纳米复合材料）。近年来，人们用适当的方法将有机物与无机物复合，得到了接近分子尺度上复合的有机聚合物-无机物复合材料。在复合层次上，它与传统的有机聚合物基复合材料不同，并由此带来一些独特的性能。目前，这种材料被称为有机-无机纳米复合材料（OINC），或称为有机-无机杂化材料。后者只强调了材料的化学成分。

20 世纪 90 年代中期起，全世界各大石化、橡胶、树脂生产厂家，纷纷大力投入了有机-无机纳米复合材料的开发之中。

有机-无机纳米复合材料的制备方法常用的有：溶胶-凝胶（sol-gel）法、单体插层聚合（in situ polymerization）、捏合工艺法（kneading）等。

<Source>cf.^田 2003^:351

<Concept field>^纳米材料^

<Related words>金属基纳米复合材料，聚合物基纳米复合材料，陶瓷基纳米复合材料，有机-无机纳米复合材料

<Type of relation>sub.

<Related words>纳米薄膜，纳米纤维，纳米固体，^纳米复合材料^，纳米介孔材料

<Type of relation>coord.

<Related words>共混法，层间插入法，溶胶-凝胶法，辐射合成法

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>STM

<Morphosyntax>noun

<Category>initials

<Usage label>main term

<Source>^Bhushan 2007^:593

<Variant of>scanning tunneling microscope

<Definition>A scientific instrument that can make images of ^nanoscale^ details on an electrically conductive surface by moving a sharp metal probe very close to that surface, passing a low-voltage electric current across it, and measuring tiny fluctuations in the current as the probe is scanned across the surface.

<Source>^nano.gov^

<Context 1>The principle of STM is straightforward. A sharp metal tip (one electrode of the tunnel junction) is brought close enough (0.3 – 1 nm) to the surface to be investigated (the second electrode) to make the tunneling current measurable at a convenient operating voltage (10 mV – 1V). The tunneling current in this case varies from 0.2 to 10 nA. The tip is scanned over the surface at a distance of 0.3 – 1 nm, while the tunnelling current between it and the surface is measured. The STM can be operated in either the constant current mode or the constant height mode.

<Source>cf.^Bhushan 2007^:593

<Context 2>The STM probe has a cantilever integrated with a sharp metal tip with a low aspect ratio (tip length/tip shank) to minimize flexural vibrations. Ideally, the tip should be atomically sharp, but in practise most tip preparation methods produce a tip with a rather ragged profile that consists of several asperities where the one closest to the surface is

responsible for tunneling. STM cantilevers with sharp tips are typically fabricated from metal wires (the metal can be tungsten (W), platinum-iridium (Pt-Ir), or gold (Au)) and are sharpened by grinding, cutting with a wire cutter or razor blade, field emission/evaporation, ion milling, fracture, or electrochemical polishing/etching. The two most commonly used tips are made from either Pt-Ir alloy or tungsten wire.

<Source>cf.^Bhushan 2007^:596

<Concept field>characterization of nanoscale materials and devices

<Related words>metal probe, electrode, cantilever, piezoelectric tube scanner

<Type of relation>sub.

<Related words>scanning probe microscopy

<Type of relation>super.

<Related words>^AFM^

<Type of relation>coord.

<Related words>tunneling current, surface, resolution, ^nanoscale^, ^nanometre^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“STM” is conceptually equivalent to “STM”.

<en>scanning tunneling microscope

<Morphosyntax>noun group

<Category>full form

<Usage label>common

<Source>^Bhushan 2007^:591

<Variant of>STM

<Context>The scanning tunneling microscope can operate not only under ultrahigh vacuum conditions, but also at atmospheric pressure and various temperatures, which makes it a unique imaging and patterning tool for the nanosciences. For instance, scanning tunneling microscopes are utilized to pattern ^nanostructure^s by moving single atoms across surfaces, while the corresponding change of quantum mechanical configuration can be recorded in situ.

<Source>^Schmid 2008^:44

<zh>STM

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>loan word

<Source>^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:279

<Variant of>scanning tunneling microscope

<Lexica>按^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^, ^辞海 1999^:上。

<Definition>利用^量子力学^的电子隧道穿透效应研制的分辨本领可达原子级的显微工具。

<Source>^辞海 1999^:上-1897

<Context 1>把一个很尖锐的金属针尖, 典型如钨针尖, 固定在导体或者半导体样品表面上方约 1 nm 处。当在样品和针尖之间加上偏压 V 时, 电子可以隧穿通过把针尖和样品隔开的势垒。

<Source>^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:279

<Context 2>STM 不仅可以观察原子和^分子^, 已发展成用原子级分辨率检测费米面附近的电子状态密度和功函数的技术, 还发展成用非弹性隧道效应检测振动光谱的技术。进而, 在利用原子和分子写字绘画或者开动器件等方面也获得了成功。现在, 不仅能观察每个原子和分子, 还发展成检测、控制、操纵、装配的技术, 确立了由原子和分子装配(显微装配)新纳米物质或新纳米器件的第一代原子和分子技术的基础。

<Source>^纳米技术手册 2005^:313

<Concept field>纳米材料与设备的表征

<Related words>金属针尖, 扫描

<Type of relation>sub.

<Related words>扫描探针显微镜

<Type of relation>super.

<Related words>^STM^

<Type of relation>coord.

<Related words>样品表面, 隧穿电流, 隧道效应, 分辨率, ^纳米^, ^纳米尺度^, 原子, ^分子^

<Type of relation>general

<zh>扫描隧道显微镜

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Origin>loan translation

<Source>^纳米技术手册 2005^:18

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>AFM

<Morphosyntax>noun

<Category>initials

<Usage label>main term

<Source>^Bhushan 2007^:597

<Variant of>atomic force microscope

<Definition>A scientific instrument that can generate images of ^nanoscale^ details on a physical surface by scanning a tiny, flexible ceramic or semiconductor probe just above the surface – where it will be attracted or repelled slightly by features on the surface, and the deflection can be detected with the laser.

<Source>^nano.gov^

<Context 1>Like ^STM^, the AFM relies on a scanning technique to produce very high resolution, 3-D images of sample surfaces. The AFM measures ultrasmall forces (less than 1 nN) present between the atomic force microscope tip surface and a sample surface. While scanning tunnelling microscopes require the surface being measured be electrically conductive, AFMs are capable of investigating the surface of both conductors and insulators on an atomic scale if suitable techniques for measuring the cantilever motion are used.

<Source>cf.^Bhushan 2007^:597

<Context 2>In the contact (static) mode, the interaction force between tip and sample is measured by monitoring the cantilever deflection. In the noncontact (or dynamic) mode, the force gradient is obtained by vibrating the cantilever and measuring the shift in the resonant frequency of the cantilever. To obtain topographic information, the interaction force is either recorded directly, or used as a control parameter for a feedback circuit that maintains the force or force derivative at a constant value. Using an AFM operated in the contact mode, topographic images with a vertical resolution of less than 0.1 nm (as low as 0.01 nm) and a lateral resolution of about 0.2 nm have been obtained.

<Source>cf.^Bhushan 2007^:597

<Context 3>The key component in an AFM is the sensor used to measure the force on the tip due to its interaction with the sample.

<Source>^Bhushan 2007^:598

<Concept field>characterization of nanoscale materials and devices

<Related words>piezoelectric scanner, sharp tip, cantilever, deflection sensor

<Type of relation>sub.

<Related words>scanning probe microscopy

<Type of relation>super.

<Related words>^STM^

<Type of relation>coord.

<Related words>surface, high resolution, static mode, dynamic mode, scanning technique, laser deflection technique, ^nanoscale^, ^nanometre^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“AFM” is conceptually equivalent to “AFM”.

<en>atomic force microscope

<Morphosyntax>noun group

<Category>full form

<Usage label>common

<Source>^Bhushan 2007^:591

<Variant of>AFM

<Context>The atomic force microscope can be utilized as an instrument to image and to shape materials on the nanometer scale.

<Source>^Schmid 2008^:44

<en>scanning force microscope

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^Köhler, Fritzsche 2007^:134

<zh>AFM

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>loan word

<Source>^纳米技术手册 2005^:18

<Variant of>atomic force microscope

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^。

<Definition>利用一个安装在可伸缩悬臂上的探针来探测分子力的显微镜。在很好的近似下，悬臂的偏差正比于施加的作用力。它可以用光敏或电流来监控偏差以达到很高的精度。

<Source>cf.^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:14

<Context 1>Gerd Binnig 在 1986 年研究出原子力显微镜（AFM）。这种利用探针的显微镜能够直接接触及表层原子，显示出原子的图像，因而有可能对原子进行逐个加工。

<Source>cf.^纳米技术手册 2005^:18

<Context 2>接着在 1984 年，有了原子力显微镜（AFM: Atomic Force Microscope）的发明，这种显微镜不是利用隧道电流，而是利用在探针和样品表面的原子之间的作用力来显示图像，因此可应用于检测绝缘体和观测处在润湿状态的^纳米结构^。

<Source>^纳米技术手册 2005^:23

<Concept field>纳米材料与设备的表征

<Related words>悬臂，偏差传感器，针尖

<Type of relation>sub.

<Related words>扫描探针显微镜

<Type of relation>super.

<Related words>^STM^

<Type of relation>coord.

<Related words>表面，偏差，原子，^分子^，^纳米^，^纳米尺度^

<Type of relation>general

<zh>原子力显微镜

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Origin>loan translation

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:14

<Context>原子力显微镜有三种对样品表面的成像模式：接触模式、轻敲模式和非接触模式。在接触模式上，针尖总是和样品表面接触，样品的表面结构可以通过悬臂的偏差取得。作用在针尖上的力是排斥力，平均值为 10^{-9} N。这个力是用一个压电定位装置向样品表面方向推拉悬臂产生的。在轻敲模式中，针尖周期性地和样品表面接触，样品的表面结构可以通过摆动悬臂的振动幅度或者相位的变化来确定。在非接触模式

中，针尖和样品表面不接触，表面结构也是通过悬臂的振动幅度或者谐振频率来获得的。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:14

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology>nanotecnologia

<en>photolithography

<Morphosyntax>noun

<Source>^Cao, Wang 2011^:371

<Lexica>Found in ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.2.

<Definition>Classical method for the fabrication of reliefs on substrates by pattern-transfer processes. Pattern transfer occurs by light. Light transfers the pattern from the original mask, e.g. a shadow mask, onto the substrate which incorporates a light sensitive layer. For a photolithographic process, this layer is a ^photoresist^, which means it must adsorb at the particular applied wavelength and undergo a photochemical reaction. A transfer without optics occurs either in direct contact (contact lithography) or in close proximity (proximity lithography) of the mask and substrate. The use of an optical system allows the scaled or distorted projection of the pattern onto a resist layer. With respect to the optical image transfer, photolithography corresponds to the principles known from photographic techniques. The difference lies in the result, which is a relief and not a change in colour or brightness. Because photolithographic transfer does not involve single structure but whole images or at least groups of structures, photolithography represents a process for group transfer.

<Source>cf.^Köhler, Fritzsche 2007^:63

<Context 1>There are two basic photolithographic approaches: (1) shadow printing, which can be further divided into contact printing (or contact-mode printing) and proximity printing, and (2) projection printing.

<Source>^Cao, Wang 2011^:371

<Context 2>Ideal materials for photolithography are resists based on relatively short-chain phenol or cresol resins (“Novolak”).

<Source>^Köhler, Fritzsche 2007^:63

<Context 3>The key limitation of photolithography lies in the fact that resolution of features is diffraction-limited by the wavelength of light used. To address this limitation, short-wave radiation (X-rays with wavelengths of about 1 nm) can be generated by synchrotron or other

sources (from X-rays tubes, discharge plasma, or laser plasma), controlled, and focused for use in X-ray lithographic techniques.

<Source>^Bhushan 2007^:467

<Concept field>micro/nanofabrication techniques

<Related words>lithography

<Type of relation>super.

<Related words>electron-beam lithography, X-ray lithography, extreme ultraviolet lithography, ion projection lithography, nanoimprint lithography, dip-pen lithography, soft lithography, magnetolithography

<Type of relation>coord.

<Related words>substrate, pattern, light, wavelength, ^photoresist^, mask, photochemical reaction

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Photolithography” is conceptually equivalent to “光学光刻”.

<en>optical lithography

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^Bhushan 2007^:467

<zh>光学光刻

<Morphosyntax>noun group

<Origin>loan translation

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:221

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^。

<Definition>一种在表面制作化学图案的过程。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:220

<Context 1>实际上，光学光刻是目前占主导的一种光刻技术。利用投影光学，图案的分辨率依赖于光源的波长，减小波长就能减小图案形成的临界尺寸。而利用光学临近修正和相移掩模技术，可以做出比临界尺寸还小的结构。光学光刻的最小尺寸可以达到 100 nm 范围。极紫外光刻是传统光学光刻技术向更短波长的自然延续。掩模则应用在波长 10~15 nm 范围和反射光学。波长在 1 nm 量级的 X 射线临近光刻技术代表了^纳米光刻^技术减小光子波长努力的最后一步。

<Source>^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:221

<Context 2>光刻工艺包含光复印和刻蚀工艺两个主要方面: (1) 光复印工艺, 指经曝光系统将预制在掩模版上的器件或电路图形按所要求的位置, 精确传递到预涂在晶片表面或介质层上的光致抗蚀剂薄层上; (2) 刻蚀工艺, 指利用化学或物理方法, 将未掩蔽的抗蚀剂薄层从晶片表面或介质层除去, 从而在晶片表面或介质层上获得与模板图形完全一致的抗蚀剂薄层。

<Source>^林 2010^:240

<Concept field>微/纳米材料制备的方法

<Related words>平版印刷术

<Type of relation>super.

<Related words>X 射线光刻, 远紫外线制版方法, 电子束制版工艺, 蘸笔式纳米刻蚀技术, 聚焦离子束技术

<Type of relation>coord.

<Related words>掩模, 图案, 波长, ^光阻剂^

<Type of relation>general

<zh>照相平版印刷

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^林 2010^:240

<zh>光刻工艺

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^林 2010^:240

<zh>光刻技术

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^林 2010^:240

<zh>光刻

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^辞海 1999^:下-5261

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>catalyst

<Morphosyntax>noun

<Source>^Cotton 1999^:1167

<Lexica>Found in ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1.

<Definition>Substance that accelerates the rates of chemical reactions, facilitates the establishment of equilibria and is capable of greatly enhancing product selectivities; it allow chemical transformations to be performed with increased efficiency, minimal waste and reduced energy consumption.

<Source>cf.^Cotton 1999^:1167

<Context 1>Enzymes are naturally occurring catalysts responsible for many essential biochemical reactions. Most solid catalysts are metals or the oxides, sulfides, and halides of metallic elements and of the semimetallic elements boron, aluminium, and silicon. Gaseous and liquid catalysts are commonly used in their pure form or in combination with suitable carriers or solvents; solid catalysts are commonly dispersed in other substances known as catalyst supports.

<Source>^britannica.com^

<Context 2>It is not surprising that the vast majority of products of the chemical industry involve a catalyst at some stage in their manufacture. This applies to bulk chemicals (“commodities”) produced on a large scale as the starting materials for innumerable end-products, such as alcohols, ketones, carboxylic acids, hydrocarbons such as olefins and dienes that can be polymerized to polyolefins (e.g. polyethylene, polypropylene, and rubbers), and also increasingly to fine chemicals, i.e., high added-value compounds produced on a smaller scale, as well as pharmaceuticals.

The term “catalyst” is often ambiguous and not clearly defined. Most catalysts, are heterogeneous, for example, finely divided metal particles or a metal oxide. On the other hand, homogeneous catalysts that operate in solution are usually derived from well-defined precursors. The simplest example of a homogeneous catalyst is H^+ , for example, in the acid catalysed esterification of carboxylic acids.

<Source>cf.^Cotton 1999^:1167

<Concept field>chemistry

<Related words>heterogeneous catalyst, homogeneous catalyst, biocatalyst

<Type of relation>sub.

<Related words>chemical reaction, substance, energy consumption, ^catalysis^, turnover number, turnover frequency

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh> “Catalyst” is conceptually equivalent to “催化剂”.

<zh>催化剂

<Morphosyntax>noun

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:44

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^，^中国大百科全书 1984^:化学，^辞海 1999^:上

<Definition>一种能够增加化学反应的速率但保持自身不变物质。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:44

<Context 1>催化剂的工作机理是为化学反应提供一个扩展的易发生的表面和降低反应的活化能。反应粒子聚集在催化剂表面上，更频繁地相互碰撞，化学产率因此提高。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:44

<Context 2>催化剂只能改变反应的历程，增大反应速率，不能使不发生反应的物质间起反应，不能改变反应体系的始态和终态，它只是同等程度地降低了正、逆反应的活化能，即同等程度地改变了正、逆反应的反应速率，因此它不能改变平衡状态。

<Source>^潘，张 2005^:20

<Context 3>催化剂改变化学反应速度的作用称^催化^作用，它本质上是一种化学作用。在催化剂参与下进行的化学反应称催化反应。

<Source>^中国大百科全书 1984^:化学-93

<Concept field>化学

<Related words>多相催化剂, 均相催化剂, 生物催化剂

<Type of relation>sub.

<Related words>化学反应, 物质, 活化能, 催化作用, 催化反应, 转换频率, ^催化^

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>catalysis

<Morphosyntax>noun

<Source>^Rothenberg 2008^:1

<Lexica>Found in ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1.

<Definition>The modification of the rate of a chemical reaction, usually an acceleration, by addition of a substance not consumed during the reaction. The rates of chemical reaction – that is, the velocities at which they occur – depend upon a number of factors, including the chemical nature of the reacting species and the external condition to which they are exposed.

<Source>^britannica.com^

<Context 1>We divide catalysis into three categories: homogeneous catalysis, heterogeneous catalysis, biocatalysis.

<Source>^Rothenberg 2008^:11

<Context 2>Two important quantities which are used for comparing ^catalyst^ efficiency, the catalyst turnover number (TON) and the turnover frequency (TOF), are crucial for work in catalysis.

<Source>^Rothenberg 2008^:40

<Context 3>Heterogeneous catalysis covers all the cases where the catalyst and the substrate are in different phases. However when the chemists speak about heterogeneous catalysis, they usually refers to a system where the catalyst is a solid and the reactants are (most often) gases or liquids. In fact the solid/gas combination is so common that some books and journals refer to it as “classic” heterogeneous catalysis or even simply as “catalysis”.

<Source>^Rothenberg 2008^:15

<Context 4>Biocatalysis is a rather special case, somewhere between homogeneous and heterogeneous catalysis. In most cases, the biocatalyst is an enzyme – a complex protein that catalyzes the reactions in living cells.

<Source>^Rothenberg 2008^:16

<Concept field>chemistry

<Related words>heterogeneous catalysis, homogeneous catalysis, biocatalysis

<Type of relation>sub.

<Related words>^catalyst^, chemical reaction, acceleration, energy consumption

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Catalysis” is conceptually equivalent to “催化”.

<zh>催化

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^中国大百科全书 1984^:化学-92

<Lexica>按^中国大百科全书 1984^:化学, ^辞海 1999^:上。

<Phraseology>催化反应, 催化作用, 催化过程, 催化活性

<Definition>改变化学反应速率而不影响化学平衡的作用。能显著提高化学反应速度, 其自身的组成和数量在反应前后保持不变的物质称为催化剂。

<Source>^中国大百科全书 1984^:化学-92

<Context 1>^催化剂^改变化学反应速度的作用称催化作用, 它本质上是一种化学作用。在催化剂参与下进行的化学反应称催化反应。催化是自然界中普遍存在的重要现象, 催化作用几乎遍及化学反应的整个领域。催化工艺已是现代化学工业的基石, 人的生命活动也于催化反应有密切联系。研究催化还有重要的理论意义, 有助于揭示物质及其变化的基本性质。

<Source>^中国大百科全书 1984^:化学-92

<Context 2>催化被公认为是化学工业的基石, 是制造织物、食品、燃料、药物的关键科学和技术。主要研究方向为: 与能源、环境、精细化学品有关的多相和均相催化, 光催化, 电催化; 酶催化与仿酶催化; 新型催化剂和催化机理的原位、动态表征和理论模拟; 催化反应动力学; 用组合化学法快速筛选催化剂; 绿色催化过程。

<Source>^中华人民共和国教育部编 2004^:43

<Concept field>化学

<Related words>多相催化, 均相催化, 生物催化

<Type of relation>sub.

<Related words>化学反应, 物质, 活化能, 速率, 化学平衡, ^催化剂^

<Type of relation>general

<zh>催化作用

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^辞海 1999^:上-741

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotecnology/nanotecnologia

<en>photoresist

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^O’Shea 2004^:134

<Lexica>Found in ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.2.

<Phraseology>photoresist layer, photoresist coating, photoresist process, photoresist material, photoresist pattern, photoresist film

<Definition 1>Organic composition consisting of light-sensitive polymers or ^polymer^ precursors dissolved in one or more organic solvents.

<Source>^Licari, Enlow 1988^:86

<Definition 2>A thin layer deposited on the surface of the active material destined to receive the radiation or the interaction used during the lithographic process.

<Source>^Dupas, Houdy, Lahmani 2007^:3

<Context 1>Photolithographic methods are based on the use of photoresist to create relief structures on substrate surfaces. This structure is used as a masking material to protect the underlying substrate during subsequent processing steps. In some cases, the photoresist structures themselves can be used as diffractive optical elements. Photoresists can be either positive, where the exposed resist dissolves upon development, or they can be negative, where the exposed resist polymerized and remains after development. Positive photoresists are the most common type.

<Source>^O’Shea 2004^:134

<Context 2>There are many types of photoresists, each of which has been optimized for different application. Most photoresists consists of three main chemical constituents: the photoactive compound (PAC), the solvent carrier, and the matrix material in which the PAC and solvent are contained. The PAC is the “light-sensitive” component of the photoresist and is typically designed to give optimal response at a specific exposure wavelength. The PAC in positive resists is typically diazine naphthaquinone, or DNQ. The solvent keeps the resist in a

liquid state during storage and initial processing steps. The matrix material (usually a novolak resin) gives the photoresist its mechanical properties and serves as the protective layer after exposure and development. The reaction to incident light determines the quality of the three-dimensional photoresist pattern created from the two-dimensional lithographic mask. Different resist respond differently to different exposure wavelengths.

<Source>^O'Shea 2004^:134

<Concept field>chemistry

<Related words>positive resist, negative resist

<Type of relation>sub.

<Related words>^photolithography^, photoengraving, microelectronics, light, wavelength

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Photoresist” is conceptually equivalent to “光刻胶”.

<en>resist

<Morphosyntax>noun

<Category>short form

<Usage label>common

<Source>^Xu, Arce 2010^:7

<Variant of>photoresist

<zh>光刻胶

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^冯 2004^:451

<Definition>有机感光乳胶。

<Source>^杨 2003^:67

<Context 1>光刻胶主要由树脂、感光剂及溶剂等不同材料混合而成，对特定波长的光线照射比较敏感，导致溶解性增加或减小。人们利用光刻胶的这种特性，在硅晶片上涂一薄层胶，根据掩模板的图形，令其某些部分感光。经显影后，就可在涂感光胶的硅晶片上留下掩模板上的图形，利用这种图形，进一步对未覆盖的 SiO₂，Si 或 Si₃N₃ 等材料进行刻蚀加工，即可把胶膜上的图形转换到硅衬底的薄膜上去，从而做成各种器件和电路结构。

<Source>^冯 2004^:451

<Context 2>光刻胶分为两类：一类叫做负性光刻胶，未感光部分能被某种溶剂溶解，感光部分被保留，与掩模图形相反。另一类叫做正性光刻胶，感光部分被溶解，未感光部分被保留。

曝光方式可采用光学（主要是紫外线）曝光、X射线曝光及电子束曝光。

刻蚀也叫做腐蚀，目的是为了去除光刻胶显影后裸露出来的介质层。

<Source>^董 2006^:311

<Concept field>化学

<Related words>负性光刻胶，正性光刻胶

<Type of relation>sub.

<Related words>^光刻光学^，光线，波长，^聚合物^，曝光，高光

<Type of relation>general

<zh>光阻剂

<Morphosyntax>noun

<Usage label>uncommon

<Source>^林 2010^:241

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>Moore's law

<Morphosyntax>noun group

<Source>^Seel 2012^:22

<Definition>Proposed by Intel founder Gordon Moore in the 1960s, this is a variously stated observation that the density of transistors on an integrated circuit chip has been doubling every 18 to 24 months, or the cost of a transistor has been dropping by half, or that the general capabilities of ^microelectronics^ have been improving at an exponential rate.

<Source>^nano.gov^

<Context>Many scientists have predicted the imminent death of Moore's law over the past 20 years, stating that there are fundamental physical limitations to how many small circuits can be compressed on a chip before current leakage (and related heat build-up) cause it to fail to function as designed. For now, the development of ^nanotechnology^ has extended the life of Moore's law by developing methods for the creation of ever-smaller circuits. Early in 2007, chip manufacturer Intel announced that it had succeeded in developing an innovative type of

integrated circuit that utilized new metallic alloys that facilitated the creation of very tiny circuits on a chip. At the time, the state of the art in chip fabrication defined circuits with a dimension of 90 nanometers (if one is counting, that is equivalent to 900 atoms in width). Intel announced that 22 nanometers circuits would be available in 2011 for their chips for CPUs in desktop, notebook, and tablet computers. Toshiba has developed a prototype chip with 15 nanometers circuits. The creation of new IBM-developed technologies for IC design such as one-atom-thick “graphene” carbon lattices and silicon “nanowires” placed vertically on a chip have the potential to significantly expand the number of circuits on a chip in the near future.

<Source>cf.^Seel 2012^:22

<Concept field>electronics

<Related words>^microelectronics^

<Type of relation>super.

<Related words>^microprocessor^, transistor, chip, integrated circuit

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Moore’s law” is conceptually equivalent to “摩尔定律”.

<zh>摩尔定律

<Morphosyntax>noun group

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^纳米技术手册 2005^:17

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^。

<Definition>这是一个经验定律，由 Intel 的创始人之一摩尔（Gordon Moore）在 1965 年提出。他指出，CPU 的性能及其位成本总会每过 18 个月便提高大约一倍（原来的提法是，集成在 LSI 上的晶体管数目增加一倍）。

<Source>^纳米技术手册 2005^:17

<Context>迄今为止，实际情况大致是符合这个规律的，也就是说，它反映了“从上至下”纳米加工技术发展的真实速度。为了支持信息化社会的发展，半导体器件的发展就必须要继续保持这个定律所预测的速度。然而，如果继续使用光束，由于存在着衍射现象，加工尺度最小只能达到光波波长的一半。受到这样的限制，摩尔定律就有可能失效，也就是说，硅器件的发展有可能停滞下来。

为了避免停滞，科学家就着手研究下一代的“从上至下”制版技术。目前正在开发中的利用 F₂（157 nm）的制版工艺，目标是加工出 70 nm 的最小尺度。比这更小的尺度（约 50 nm），正在进行的是把原紫外线（EUV: Extreme Ultraviolet）制版方法投入到实际应用的研究中去。

为了能够进行比光学制版尺度更小的微细加工，人们开始利用粒子束。利用电子束制版工艺可以获得小于 10 nm 的[^]纳米结构[^]。

<Source>cf.[^]纳米技术手册 2005[^]:17

<Concept field>电子学

<Related words>[^]微处理器[^]，芯片，晶体管，集成电路

<Type of relation>sub.

<Related words>[^]微电子学[^]

<Type of relation>super.

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>microprocessor

<Morphosyntax>noun

<Source>[^]Yadav 2008[^]:2

<Lexica>Found in [^]The New Shorter Oxford 1993[^]:Vol.1.

<Grammar>The word *microprocessor* combines the SI prefix *micro-* with the word *processor*.

<Definition 1>A single chip, containing the logic of a central processing unit, plus various amounts of the “depository and conduit” logic that must surround a CPU.

<Source>[^]Srinath 2005[^]:2

<Definition 2>A multipurpose, programmable, clock-driven, register based electronic device that reads binary instructions from a storage device called memory, accepts binary data as input and processes data according to those instructions, and provides as output.

<Source>[^]Yadav 2008[^]:2

<Context 1>A common way of categorizing microprocessors is by the number of bits that their ALU can work time. In other words a microprocessor with a 4-bit will be referred to as a 4-bit microprocessor, regardless of the number of address lines or the number of data bus lines that it has.

<Source>[^]Yadav 2008[^]:2

<Context 2>The world's first microprocessor, the Intel 4004, was a 4-bit microprocessor. A bit is a binary digit with a value zero or one and 4-bit microprocessor means the microprocessor can process 4-bit word in one cycle. It has 12-bit address lines to access 4096 4-bit wide memory locations. The 4004 microprocessor has only 45 instructions.

<Source>^Godse, Godse 2009^:1

<Context 3>The microprocessor contains two major functional units: the control unit and the arithmetic/logic unit (ALU). In addition to this units, the microprocessor contains a number of registers – instruction register (IR), program counter (PC), stack pointer (SP), general purpose registers, and temporary registers.

<Source>cf.^Srinath 2005^:9

<Concept field>electronics

<Related words>Intel 4004, Intel 8008, 4-bit microprocessor, 8-bit microprocessor, 12-bit microprocessor, 16-bit microprocessor, 32-bit microprocessor, 64-bit microprocessor, control unit, instruction register, program counter, stack pointer, general purpose registers, temporary registers, arithmetic/logic unit

<Type of relation>sub.

<Related words>^microelectronics^

<Type of relation>super.

<Related words>bit, digital data, input, output, operation, instruction, memory

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Microprocessor” is conceptually equivalent to “微处理器”.

<zh>微处理器

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>loan translation

<Source>^中国大百科全书 1984^:电子学-809

<Lexica>按^中国大百科全书 1984^:电子学。

<Definition>用一片或少数几片大规模集成电路组成的中央处理器。这些电路执行控制部件和算术逻辑部件的功能。

<Source>^中国大百科全书 1984^:电子学-809

<Context>微处理器与传统的中央处理器相比，具有体积小，重量轻合容易模块化等优点。微处理器的基本组成部分有：寄存器堆、运算器、时序控制电路，以及数据和地

址总线。维持处理器能完成取指令、执行指令、以及与外界存储和逻辑部件交换信息等操作，是微型计算机的运算控制部分。它可与存储器和外围电路芯片组成微型计算机。

<Source>^中国大百科全书 1984^:电子学-809

<Concept field>电子学

<Related words>寄存器堆，时序控制电路，运算器，数据和地址线

<Type of relation>sub.

<Related words>^微电子学^

<Type of relation>super.

<Related words>指令，操作，运算，输入，输出

<Type of relation>general

<zh>MPU

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Origin>loan word

<Source>^吴 2005^:92

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>drug delivery system

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Source>^Jain 2008^:1

<Definition>A formulation or a device that enables the introduction of a therapeutic substance in the body and improves its efficacy and safety by controlling the rate, time, and place of release of drugs in the body.

<Source>^Jain 2008^:1

<Context 1>This process includes the administration of the therapeutic product, the release of the active ingredients by the product, and the subsequent transport of the active ingredients across the biological membranes to the site of action. The term therapeutic substance also applies to an agent such as gene therapy that will induce in vivo production of the active

therapeutic agent. Gene therapy can fit in the basic and broad definition of a drug delivery system.

<Source>^Jain 2008^:1

<Context 2>Entrapping and encapsulating drugs in nanostructured systems have been developed with remarkable success, releasing a drug uniformly over longer time periods. They are based on guest-host systems. Different kinds of ^chemical bond^s between the guest (drug) and the host system determine the speed of release.

Another interesting nano-based drug delivery system uses superparamagnetic iron oxide nanoparticles, usually embedded in a ^polymer^ matrix and attached to a drug system. External, high-gradient magnetic fields are applied to transport drug-loaded beads to the corresponding site in the body. Once the system has concentrated in the tumor, the drug is released using different techniques such as increase in temperature, change of pH value or enzymatic activity.

A rapidly growing drug delivery development is based on the use of multifunctional nanoengineered capsules containing various kinds of active compounds. The inner volume can be filled with magnetic ^nanoparticle^s which allow aimed transport by outer magnetic fields, by modification of the capsule surface with specific receptors to target specifically diseased cells or by generating capsules acting as a nanoreactor producing products which are only toxic for diseased cells and cause selective apoptosis.

<Source>cf.^Schmid 2008^:22

<Concept field>^nanomedicine^

<Related words>oral drug delivery, parenteral drug delivery, transdermal drug delivery, nasal drug delivery, pulmonary drug delivery, cardiovascular drug delivery

<Type of relation>sub.

<Related words>therapeutic substance, drug, device, guest-host system, dendrimer, superparamagnetic iron oxide nanoparticle, nanocapsule

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Drug delivery system” is conceptually equivalent to “药物传递系统”.

<en>DDS

<Morphosyntax>noun

<Category>initials

<Usage label>common

<Source>^Jain 2008^:1

<Variant of>drug delivery system

<zh>药物传递系统

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>loan translation

<Source>^胡 2005^:225

<Definition>在现代理论指导下，应用现代技术制备的药物新剂型及制剂，完善和提高现有普通剂型与制剂。是现代科学技术进步的结晶，突破性进展的重要标志性成果。目的是以适宜的给药方式、用最小剂量达到最佳疗效。

<Source>^周 2011^:42

<Context 1>药物传递系统制剂按照给药途径，可分为经口给药、非经口给药（注射剂）、经皮肤给药、植入型 4 类；依据所用载体的不同，又可分为药物—高分子复合制剂、前体药物制剂、指质体药物制剂、维囊药物和维球药物制剂、乳剂药物制剂等多种。

<Source>^胡 2005^:225

<Context 2>药物传递系统具有在治疗范围内维持血药水平、减少靶向传递对特定细胞或组织的伤害、减少所需药物种类、降低用药量、减少药物副反应以及促进半衰期较短药物给药（如指质、多肽）等众多优点。

<Source>^张，阒，张，余 2004^:833

<Concept field>^纳米医学^

<Related words>经口给药，经皮肤给药，注射剂，植入型

<Type of relation>sub.

<Related words>药物，传递，制剂，剂型，药剂

<Type of relation>general

<zh>DDS

<Morphosyntax>noun

<Origin>loan word

<Usage label>common

<Source>^张，阒，张，余 2004^:833

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>self-assembly

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Lee 2008^:3

<Grammar>A majority of authors seem to use a hyphen when referring to “self-assembly” or “self-assembled” systems. A minority omit the hyphen.

<Definition>The spontaneous formation of organized structures through a stochastic process that involves pre-existing components, is reversible, and can be controlled by proper design of the components, the environment, and the driving force.

<Source>^Pelesko 2007^:5

<Context 1>Self-assembly can be classified: (1) By the size/nature of building unit: atomic, molecular, and colloidal; (2) By the system where it occurs: biological and interfacial.

The classification of self-assembly can be further expanded by the nature of its process: thermodynamic or kinetic. The former includes atomic, molecular, biological, and interfacial self-assemblies, while the latter has colloidal and some interfacial self-assemblies. Some of the self-assembly processes are random, while others are directional to some degree. Molecular, colloidal, interfacial self-assemblies are random cases, and some atomic and biological self-assemblies are directional.

<Source>^Lee 2008^:4

<Context 2>Self-assembly is the force balance process between three classes of forces: attractive driving, repulsive opposition, and directional force. Directional force can be considered functional force in the sense that it is also responsible for the functionality. When only the first two classes of forces are in action, the self-assembly process is a random and usually one-step process. The self-assembled aggregates show non-hierarchical structure. Most of the molecular self-assembly processes such as micellization and most of the colloidal systems belong to this category of self-assembly. When the third class of force is involved with the first two classes of force, the self-assembly processes are now directional, and in many cases, they occur as multi-stepwise processes. The self-assembled aggregates usually show hierarchical structure. Most of the biological and bio-mimetic systems belong to this category of self-assembly.

<Source>^Lee 2008^:8

<Concept field>chemistry

<Related words>static self-assembly, dynamic self-assembly, programmed self-assembly

<Type of relation>sub.

<Related words>building unit, ^molecule^, atom, colloid, ^micelle^, attractive driving, repulsive opposition, directional force

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Self assembly” is conceptually equivalent to “自组装”.

<en>SA

<Morphosyntax>noun

<Category>initials

<Usage label>common

<Source>^Krasnogor, Gustafson, Pelta, Verdegay 2008^:22

<Variant of>self-assembly

<zh>自组装

<Morphosyntax>noun

<Origin>loan translation

<Source>^张 2009^:127

<Lexica>按^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^。

<Definition>基本结构单元在其内部或者局域的动力作用下构建形成结构的过程，出现于它们与外界环境相互作用时。

<Source>^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:283

<Context 1>自组装具有类似的意义，原子和/或分子在一定的条件下，通过它们之间的相互作用力，自发地、收敛地、协同地集聚形成超分子、纳米材料甚至纳米器件。

<Source>^张 2009^:127

<Context 2>不管是何种自组装，都有一些共同的特点，或者也可称为自组装的原理。

首先，自组装必须有组分。组分可以是一群^分子^或者是彼此相互作用的超分子块，它们可以相同也可以不同。

其次，自组装中组分间必须有相互作用力。自组装的稳定状态时平衡了吸引力与排斥相互作用的结果。这些相互作用力包括了非共价键或弱共价相互作用（^范德瓦尔斯力^，静电力和疏水相互作用，氢和配价键合等），与热能相比都要弱。

第三，组分必须能相互移动，产生质量迁移。比如，在溶液中热运动给分子运动提供了大部分条件，从而使它们能够相互接触。

第四，自组装的环境。自组装通常在液相或表面上进行，这是因为自组装要求组分可动。

第五，自组装中的可逆性或可调节性。由于平衡时通常要求自组装到达有序结构，组分间的结合必须是可逆的，或者必须容许聚集体一旦形成后，组分在其内部能够调整位置。因此，组分之间的键合强度必须与能够打开这种结合的力相当。

<Source>^张 2009^:130

<Concept field>化学

<Related words>静态自组装，动态自组装，模板自组装，生物学自组装

<Type of relation>sub.

<Related words>组分，相互作用力，原子，^分子^，超分子，吸引力，排斥相互作用

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>biomimetics

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Bar-Cohen 2006^:2

<Definition>The study and imitation of nature's methods, designs, and processes. While some of its basic configurations and designs can be copied, many ideas from nature are best adapted when they serve as inspiration for human-made capabilities.

<Source>^Bar-Cohen 2006^:2

<Context 1>There are many biomimetic processes that were learned from studying the activity of the body of living creatures. The imitation of biological processes, ranges from operations at the level of cells to the scale of the full body. Imitated processes, including artificial synthesis of certain vitamins and antibiotics, have been in use for many years. More recently, biomimetics have been used to design navigational systems, data converters, mathematical algorithms, and diffusion processes. The neural network is a hypothetical biomimetic computer that works by making associations and guesses, and that can learn from its own mistakes.

<Source>^Bar-Cohen 2006^:24

<Context 2>Benefits from the study of biomimetics can be seen in many applications, including stronger fiber, multifunctional materials, improved drugs, superior robots, and many others.

Nature has already provided a model for many human-made devices, processes, and mechanisms. One can envision the emergence of extremely strong fibers that are woven as the spider does, and ceramics that are shatterproof emulating the pearl.

<Source>^Bar-Cohen 2006^:36

<Concept field>biology

<Related words>biosensor, robotics, artificial muscle, nature, biological process, technology, imitation

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Biomimetics” is conceptually equivalent to “仿生”.

<en>biomimicry

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Source>biomimicryinstitute.com

<zh>仿生

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>loan translation

<Source>^姚, 苑 2006^:191

<Lexica>按^鲍里先科, 澳西奇尼 2010^。

<Phraseology>电子仿生, 控制仿生, 机械仿生, 化学仿生, ^分子^仿生学, 放生物学, 放生机械

<Definition>从自然界中获得灵感（模仿、复制和学习）并运用在其他技术中。

<Source>^鲍里先科, 澳西奇尼 2010^:26

<Context>结构仿生是指在新的创造物中, 仿照某种生物的结构形式或特征的方法。比如蜜蜂的复眼因为具有特殊的结构, 能够看到太阳偏振光的振动方向, 而这种方向与太阳的位置有确定的关系, 所以蜜蜂能够随时辨别太阳的方位, 确定自身的运动方向, 准确无误地找到蜜源或回巢。

能量仿生是指在新的创造物中，仿照某种生物的功能和质量的方法。比如人们发现某种名为“独角仙”的动物有这样一种能力，当看到在地面爬动的物体时，能测知它在地面移动的速度。通过对“独角仙”感觉器官的研究，人们发明了飞机用的速度计。

<Source>^姚，苑 2006^:191

<Concept field>生物学

<Related words>仿照，自然，技术

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>claytronics

<Morphosyntax>noun

<Source>^Goldstein, Mowry 2004^:1

<Definition>A form of programmable matter that can organized itself into the shape of an object and render its outer surface to much the visual appearance of that object.

Programmable matter refers to a technology that will allow one to control and manipulate three-dimensional physical artifacts. In other words, it will allow us to take a (big) step beyond virtual reality, to synthetic reality, an environment in which all the objects in a user's environment (including the ones inserted by the computer) are physically realized. Note that the idea is not to transport objects, nor is it to recreate an object chemical composition, but rather to create a physical artifact that will mimic the shape, movement, visual appearance, sound, and tactile qualities of the original object.

<Source>cf.^Goldstein, Mowry 2004^:1

<Context>Claytronics is made up of individual components, called catoms, that can move in three dimensions (in relation to other catoms), adhere to other catoms to maintain a 3D shape, and compute state information (with possible assistants from other catoms in the ensemble). Each catom is a self-contained unit with a CPU, an energy store, a network device, a video output device, one or more sensors, a means of locomotion, and a mechanism for adhering to other catoms.

<Source>cf.^Goldstein, Mowry 2004^:1

<Concept field>nanoelectronics

<Related words>catom, ^nanorobot^, molecular assembler, programmable matter

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Claytronics” is conceptually equivalent to “电子黏土”.

<zh>电子黏土

<Morphosyntax>noun

<Origin>loan translation

<Source>^zgnmjs.com^

<Definition>一个研究项目的名称。2002 年，它在美国化学家塞特·格尔德斯坦和多德·莫里的脑海里酝酿而生。该项目的目标是创造出一种可以人工控制，任意改变其形状、颜色、大小及其他一切特征的电子材料。这种听命于程序的“橡皮泥”由沙粒般大小的球体—电子黏土原子（catoms）构成。这些电子黏土原子可以移动，互相黏连、还可以披上和所要模拟的物体一样的颜色。

<Source>^bioon.com^

<Context>电子黏土可以塑造任何物体。它是由一个个被称为“catom”的微型智能部件组成，可根据被绑定的程序指令排列成所需的三维结构。

<Source>^zgnmjs.com^

<Concept field>纳米电子学

<Related words>电子黏土原子，^纳米机器人^，程序的橡皮泥

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>intermolecular interaction

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Source>^Hornback 1998^:44

<Definition>The electrostatic interaction between two or more ^molecule^s or molecules and ions. These intermolecular forces are weaker than intramolecular forces.

<Source>^Manara 2012^

<Context>The intermolecular attractive forces result from a charge or partial charge on one molecule interacting with a charge or partial charge on another molecule. The attraction between a positive and a negative center becomes stronger as the magnitude of the charges increases and as the distance between them decreases. *Ion-ion* interactions are the strongest of

these because they involve the most charge. Because of the lesser amount of charge involved when an ion interacts with a polar molecule, the magnitude of the resulting *ion-dipole* attraction is much less than that of an ion-ion attraction. The strength of the attraction continues to decrease as the amount of charge decreases. Therefore, the attraction of polar molecules for each other (*dipole-dipole*) is weaker than that of a ion for a polar molecule. The force attracting a polar molecule to a nonpolar molecule (*dipole-induced dipole*) is still weaker. The attraction between nonpolar molecules (*instantaneous dipole-induced dipole* or *London force*) is the weakest of all, but the total London force in a large molecule can be reasonably large and can have an important effect on the physical properties of the compound. These last three interactions are often called *van der Waals force*s. Another very important type of charge-charge interaction is *hydrogen bonding*. The interaction is a special type of dipole-dipole interaction. In hydrogen bonding, a hydrogen on an electronegative atom (O, N, or F) is a positive part of a dipole and is attracted to the negative end of a dipole (O, N, or F) in another molecule. Because of the small size of hydrogen, the partial charges are able to approach more closely, and a stronger than usual attraction – a hydrogen bond – results.

<Source>^Hornback 1998^:44

<Concept field>chemistry

<Related words>^Van der Waals force^, hydrogen bond

<Type of relation>sub.

<Related words>^chemical bond^

<Type of relation>super.

<Related words>dipole, induced dipole, permanent electric dipole, ^molecule^, polar molecule, nonpolar molecule, electric charge

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Intermolecular interaction” is conceptually equivalent to “分子间相互作用”.

<zh>intermolecular force

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^Stocker 2012^:192

<zh>分子间相互作用

<Morphosyntax>noun group

<Source>^中国大百科全书 1984^:化学-270

<Lexica>按^中国大百科全书 1984^:化学。

<Definition>^分子^是由带正电荷的原子核和带负电荷的电子组成的体系，由于电荷的相互作用，分子与分子间产生相互作用力。

<Source>^中国大百科全书 1984^:化学-270

<Context>一个分子的电荷分布可以均衡而使正电荷中心与负电荷中心合在一起，这样就没有永久偶极而成为非极性分子，如二氧化碳和甲烷；如果两个中心不重合，则产生电偶极而成为具有永久偶极的或极性的分子，如氯化氢和氯甲烷等。两个具有永久偶极的分子间的相互作用，是分子间的第一种相互作用，也称为偶极-偶极相互作用。一个极性分子和一个非极性分子间的相互作用，使第二种相互作用，这是因为非极性分子在极性分子的电场中可以被诱导而极化，所以也称为偶极-诱导偶极相互作用。这两种相互作用都要求至少一方为极性分子。在两个非极性分子间的相互作用，是第三种相互作用，这是因为每个分子中的电子运动受到另一分子的影响而互相被诱导，这种力是 F.W.伦敦首先用^量子力学^算出的，因此称为伦敦力，又称色散里力或诱导偶极-诱导偶极互相作用。第一种力较强，第二种力次之，第三种力最弱，但第三种力是普遍存在的。

<Source>^中国大百科全书 1984^:化学-270

<Concept field>化学

<Related words>^范德瓦尔斯力^，氢键

<Type of relation>sub.

<Related words>^化学键^

<Type of relation>super.

<Related words>电荷，正电荷，负电荷，^分子^，原子，永久偶极，诱导偶极，极性分子，非极性分子，伦敦力

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>quantum dot

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Source>^Kuno 2012^:3

<Phraseology>core-shell semiconductor quantum dot, quantum dot superlattice

<Definition>^Nanoparticle^ in which quantum confinement effect occurs in all three dimensions.

<Source>^Gonella, Manara 2012^

<Context 1>The structure is narrow along all three directions of a Cartesian coordinate system. Confinement occurs along all three directions of a Cartesian coordinate system. As such, carriers possess no degrees of freedom.

<Source>cf.^Kuno 2012^:62

<Context 2>Suppose the particles have their sizes smaller than the photon wavelength but still larger than the size of their crystal lattice. Then the de Broglie wavelength of their valence electrons becomes comparable to their diameter. This means that the free electrons can be confined (or trapped) in the nanoparticles; this is *quantum confinement*. This is the same picture as the classical quantum box, but with nanoparticles. The famous name *quantum dots* for nanoparticles stems from this.

<Source>cf.^Lee 2008^:238

<Context 3>Due to quantum confinement effects, zero-dimensional quantum dots (QDs) exhibit a range of novel and exciting properties. The size change other material properties such as the electrical and nonlinear optical properties of a material, making them very different from those of the material's bulk form.

<Source>^Ostrikov, Xu 2007^:160

<Concept field>^nanostructure^s

<Related words>^quantum wire^, quantum well

<Type of relation>coord.

<Related words>quantum size effect, quantum confinement, ^quantum mechanics^, wavelength, free carrier, photoluminescence

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Quantum dot” is conceptually equivalent to “量子点”.

<en>QD

<Morphosyntax>noun

<Category>initials

<Usage label>common

<Source>^Rao, Müller, Cheetham 2004^:405

<Variant of>quantum dot

<en>0D system

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (>)

<Source>^Kuno 2012^:62

<zh>量子点

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>loan translation

<Source>^鲍里先科，澳西奇尼 2010^:254

<Lexica>按^鲍里先科，澳西奇尼 2010^，^辞海 1999^:中-3969。

<Phraseology>量子点激光器，量子点固体

<Definition>零维（0D）结构，载流子在三个方向上的运动都受到限制。能态在三个方向上也都是量子化的，类似原子，它们的态密度由一系列分立的尖锐峰组成。因此量子点也被叫做人工原子（artificial atoms）。量子点通常由有限数目的原子组成，最典型的形式是原子团簇和纳米晶（nanocrystallites）。

<Source>^鲍里先科，澳西奇尼 2010^:254

<Context 1>考虑量子点和外电路的耦合，它们可被分为开放量子点和近孤立量子点或封闭量子点。开放量子点与外电路的耦合很强，电子通过点-引线结的运动在经典力学机理下是被允许的。当量子点与外电路的点接触被夹断时，就形成了一个有效势垒，电子只能通过隧穿才能导电，这就是近孤立量子点或封闭量子点。

<Source>^鲍里先科，澳西奇尼 2010^:254

<Context 2>量子点属于一种零维结构，它内部电子的能级完全处于分离状态（量子化），因而该能够在其中发现许多新的物理现象。

<Source>^纳米技术手册 2005^:70

<Concept field>^纳米结构^

<Related words>量子薄膜，^量子线^

<Type of relation>coord.

<Related words>量子效应，量子限域，^量子力学^，载流子

<Type of relation>general

<zh>人工原子

<Morphosyntax>noun

<Usage label>uncommon

<Synonymy> (~)

<Source>^鲍里先科, 澳西奇尼 2010^:254

<zh>人造原子

<Morphosyntax>noun

<Usage label>uncommon

<Synonymy> (~)

<Source>^倪, 姚, 沈, 周 2008^:20

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>quantum mechanics

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Source>^Zettili 2009^:1

<Lexica>Found in ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.2.

<Definition>The branch of physics that deals with the mathematical description of the motion and interaction of (subatomic) particles that incorporate the concepts of quantization of energy, wave-particle duality, the uncertainty principle, and the correspondence principle.

<Source>^The New Shorter Oxfors 1993^:Vol.2-2440

<Context 1>In sharp contrast to classical physics, quantum mechanics is a completely *indeterministic* theory. Asking about the position or momentum of an electron, one cannot get a definite answer; only a *probabilistic* answer is possible. According to the uncertainty principle, if the position of a quantum system is well defined, its momentum will be totally undefined. In this context, Heisenberg's Uncertainty Principle has clearly brought down one of the most sacrosanct concepts of classical physics: the deterministic nature of Newtonian mechanics.

<Source>^Zettili 2009^:29

<Context 2>A fundamental aspect of quantum mechanics is the particle-wave duality, introduced by de Broglie, according to which any particle can be associated with a matter

wave whose wavelength is inversely proportional to the particle's linear momentum. Whenever the size of a physical system becomes comparable to the wavelength of the particles that interact with such a system, the behaviour of the particles is best described by the rules of quantum mechanics. All the information we need about the particle is obtained by solving its Schrödinger equation. The solutions of this equation represent the possible physical states in which the system can be found. Fortunately, quantum mechanics is not required to describe the movement of objects in the macroscopic world. The wavelength associated with a macroscopic object is in fact much smaller than the object's size and therefore the trajectory of such an object can be derived with the principles of classical mechanics. Things change, for instance, in the case of electrons orbiting around a nucleus, since their associated wavelength is of the same order of magnitude as the electron-nucleus distance.

<Source>^Schmid 2008^:76

<Concept field>physics

<Related words>Heisenberg's Uncertainty Principle, Schrödinger Equation, de Broglie hypothesis, Copenhagen interpretation, wavefunctions, matter, atom, ^molecule^, electron, particle, nanoparticle, wave-particle duality, quantum effect, quantum confinement

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Quantum mechanics” is conceptually equivalent to “量子力学”.

<en>quantum physics

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^Zettili 2009^:1

<en>quantum theory

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^Zettili 2009^:172

<zh>量子力学

<Morphosyntax>noun group

<Origin>loan translation

<Source>^朱 2004^:1

<Lexica>按^辞海 1999^:中。

<Definition>研究微观粒子运动规律的科学。从量子力学的研究对象便可清楚地看到，人们要想深入地认知物质世界，不仅要学好物理学的经典理论，还要很好地学习量子理论。

<Source>^张 2000^:1

<Context 1>物理学理论一般分为两大部分 19 世纪以前的成就称为经典物理学，19 世纪以后的成就称为近代物理学，它的主要支柱是量子力学和相对论。当然，任何理论都是相对的，都有各自的局限性并总是处在不断的发展之中。

<Source>^朱 2004^:1

<Context 2>量子力学是科学假设法不断发展、不断深入的结晶：在 1900 年，德国物理学家普朗克提出了能量子假设，在理论上圆满地解决了黑体辐射问题；在 1905 年，德国物理学家爱因斯坦把普朗克的能量子概念应用于光学领域，提出了光量子假设，成功地解释了光电效应的问题；在 1913 年，丹麦物理学家玻尔把卢瑟福的原子模型与普朗克的能量子假设相结合，提出了原子的量子化模型，从而把普朗克的能量子假设推广到了原子结构和电子的运动之中，初步解决了原子的线状光谱问题；在 1924 年，法国物理学家德布罗意受爱因斯坦光量子假设的启发，进一步提出了物质波的假设，后相继被电子衍射所证实；在 1926 年，奥地利物理学家薛定谔在以上假设的基础上创立了量子力学。

<Source>^朱 2004^:4

<Context 3>薛定谔方程是反映微观粒子运动规律的基本方程，它在量子力学中的地位与经典力学的牛顿运动定律的地位相当。

<Source>^朱 2004^:320

<Concept field>物理学

<Related words>原子，^分子^，粒子，薛定谔方程，德布罗意假设，波函数

<Type of relation>general

<zh>量子论

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^赵, 李 2006^:58

<zh>量子物理学

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>uncommon

<Source>^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:282

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>laser

<Morphosyntax>noun

<Category>acronym

<Usage label>main term

<Source>^Silfvast 2004^:1

<Lexica>Found in ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1.

<Variant of>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

<Definition>A device that amplifies light and produces a highly directional, high-intensity beam that most often has a very pure frequency or wavelength.

<Source>^Silfvast 2004^:1

<Context 1>The laser makes use of processes that increase or amplify light signals after those signals have been generated by other means. These processes include (1) stimulated emission, a natural effect that was deduced by considerations relating to thermodynamic equilibrium, and (2) optical feedback (present in most lasers) that usually provided by mirrors. Thus, in this simplest form, a laser consists of a gain or amplifying medium (where stimulated emission occurs), and a set of mirrors to feed the light back into the amplifier for continued growth of the developing beam.

<Source>^Silfvast 2004^:1

<Context 2>The basic differences between lasers and other light sources are the characteristics often used to describe a laser: the output beam is narrow, the light is monochromatic, and the emission is coherent.

<Source>^Hecht 1992^:3

<Context 3>The industrial and commercial laser applications fall into several basic categories:

- Materials working
- Measurement and inspection

- Reading, writing, and recording of information
- Displays
- Communications
- Holography
- Spectroscopy and analytical chemistry
- Remote sensing
- Surveying, marking, and alignment
- Surgery and medical treatment

<Source>^Hecht 1992^:11

<Concept field>physics

<Related words>gas laser, helium-neon laser, solid-state laser, fiber laser, photonic crystals laser, semiconductor laser, dye laser, free electron laser, bio laser

<Type of relation>sub.

<Related words>light, light signal, laser beam, fully reflecting mirror, partially transmitting mirror, amplifying medium, optical resonator, stimulated emission, optical feedback, laser spectrum, wavelength, electromagnetic radiation

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Laser” is conceptually equivalent to “激光器”.

<en>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

<Morphosyntax>noun group

<Category>full form

<Usage label>uncommon

<Source>^Silfvast 2004^:1

<Variant of>laser

<zh>激光器

<Morphosyntax>noun

<Origin>loan translation

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:170

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^。

<Definition>为 “ a device producing light amplification by stimulated emission of radiation ” 也即通过受激辐射发射产生光放大的器件的缩写，也常指光放大本身即激

光。激光器和微波激射器（maser）的原理都采用了物质中辐射的受激发射（stimulated emission）。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:170

<Context>一个激光器包括一个包含在光学腔中的增益媒介，和一种给增益媒介提供能量的方法。增益媒介是具有合适光学特性的材料（气体、液体、固体或者自由电子），光学腔至少包括两个反射镜用于在它们之间来回反射光，每次反射的光都经过一次增益媒介，其中一个反射镜为输出耦合器，它是部分透明的，以便让光射出仪器。出射光具有很好的强度和相干性（单频），很容易聚焦。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:170

<Concept field>物理学

<Related words>固体激光器，液体激光器，半导体激光器，气体激光器，自由电子激光器

<Type of relation>sub.

<Related words>光，光射，受激发射，光学腔，增益媒介，反射镜

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>superconductivity

<Morphosyntax>noun

<Source>^Vanderah 1992^:2

<Definition>The sudden and complete disappearance of electrical resistance in a substance when it is cooled below a certain temperature, called the critical transition temperature, T_c .

<Source>^Vanderah 1992^:4

<Context>The phenomenon of superconductivity, a new state of matter, has intrigued physicists, metallurgists, electrical engineers, and material scientists ever since its discovery. In addition to the total loss of electrical resistance to the passage of a direct current in these materials, there also occurs an unusual magnetic behaviour: that tendency to expel a magnetic field from its interior below the T_c , this results in the formation of a perfect diamagnetic material. This effects allow superconductors to repel magnets and act as shields with high efficiency. This perfect diamagnetic behaviour is called the Meissner effect, after the physicist who first observed it in superconductors. The Meissner effect is responsible for the levitation phenomenon in superconductors. Because certain superconductors can carry high electrical

currents, coils with several turns of superconducting wire can generate very strong magnetic fields – some strong enough to levitate an entire train for high-speed travel on a smooth magnetic cushion.

These two properties, zero resistance and perfect diamagnetism, are critical parameters for superconductivity in materials. The superconductive state can be removed, not only by heating above T_c , but also by applying a strong magnetic field (above a certain threshold value), or by applying too high an electrical current, H_c or J_c , respectively.

<Source>^Vanderah 1992^:4

<Concept field>physics

<Related words>electric field, electric current, critical temperature, the Meissner Effect, magnetic field, zero resistance, perfect diamagnetism, London theory, type I superconductor, type II superconductor, ^quantum mechanics^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Superconductivity” is conceptually equivalent to “超导性”.

<zh>超导性

<Morphosyntax>noun

<Origin>loan translation

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:316

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^。

<Definition>当材料温度降低时，其电阻消失的现象。该现象用一系列临界参数来描述，包括临界温度 T_c 、临界磁场 H_c 和临界电流 I_c 。临界温度是材料电阻刚好消失时的温度。对大多数纯材料，临界温度只比 0K 高几开。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:316

<Context>当施加外磁场的时候，材料的超导态会被破坏。这一现象刚好在磁场达到临界磁场 H_c 的时候发生，其数量极大概是几百个奥斯特。实验中也发现，当超导体中的电流超过临界电流强度 I_c 时，超导态被破坏。这种现象被认为主要由电流产生的磁场诱发，而非电流本身的效应。

已知存在超导现象的元素、化合物和合金的总数超过几千个。26 个金属元素的正常形态就是超导体，还有 10 个金属元素只有在高压或者制备成高度无序薄膜才表现出超导性质。具有极高载流子密度的半导体也具有超导特性，其他半导体例如 Si 和 Ge 的高压金属相亦具有超导特性。

当超导材料位于临界温度附近时，根据外磁场进入超导材料特征的不同，将超导体分成两类。在外磁场低于临界场 H_c 、温度低于临界温度 T_c 的情况下，第一类超导体（type I superconductors）内部没有磁场，类似严格的抗磁性。

第二类超导体（type II superconductors）的特征是存在两个临界磁场：较低的 H_{c1} 和较高的 H_{c2} 。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:316

<Concept field>物理学

<Related words>临界温度，临界磁场，临界电流，伦敦理论，第一类超导体，第二类超导体，^量子力学^

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>optoelectronics

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Mitin, Kochelap, Stroschio 1999^:1

<Lexica>Found in ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.2.

<Definition>A new direction in electronics that employs photons (packets of light) instead of electrons. By common consent these new approaches are included in electronics, because the functions that are performed are, at least for the present, the same as those performed by electronic systems and because these functions usually are embedded in a largely electronic environment.

<Source>^britannica.com^

<Context>Optoelectronics complements ^microelectronics^ in many applications and systems. First, optoelectronics provides means to make electronic systems compatible with light-wave communication technologies. Furthermore, optoelectronics can be used to accomplish the tasks of acquisition, storage, and processing of information. Advances in optoelectronics make significant contributions to the transmission of information by means of optical fibers (including communication between processing machines as well as within them), to the high-capacity mass storage of information in laser disks, and to a number of other specific applications.

The principal components of optoelectronic systems are light sources, sensitive optical detectors, and properly designed light waveguides, for examples, optical fibers. These devices and passive optical elements are fabricated with optically active semiconductor materials. The III-V, IV-VI, and II-VI compounds belong to this group; most of these compounds have direct bandgaps, which make them suitable materials for optoelectronic devices. With direct-bandgap semiconductor materials, two main types of light sources have been developed: light-emitting diodes (LEDs) that produce spontaneous incoherent emission and lasers that emit stimulated coherent light. In both cases, electrical energy is converted into light energy. General goals for these devices include electric control, high-speed optical tuning, and achieving operation in the desired optical spectral range.

<Source>^Mitin, Kochelap, Stroschio 1999^:8

<Concept field>electronics

<Related words>photonics

<Type of relation>super.

<Related words>electronic device, optical fiber, light, electric field, semiconductor material, electrical-to-optical transducers, optical-to-electrical transducers, ^quantum mechanics^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Optoelectronics” is conceptually equivalent to “光电子学”.

<en>optical electronics

<Morphosyntax>noun group

<Category>full form

<Source>^britannica.com^

<Variant of>optoelectronics

<zh>光电子学

<Morphosyntax>noun

<Origin>loan translation

<Lexica>按^中国大百科全书^:电子学。

<Source>^中国大百科全书^:电子学-325

<Definition>由光学和电子学相结合而形成的新技术学科。电磁波范围包括 X 射线、紫外线、可见光和红外线。它涉及将这些辐射的光图像、信号或能量转换成电信号或电

能，并进行处理或转送；有时则将电信号再转换成光信号或光图像。它以光波代替无线电波作为信息载体，实现光发射、控制、测量和显示等。

<Source>^中国大百科全书^:电子学-325

<Context>光电子学的应用非常广泛。已制成和正在研制的光电子器件品种繁多。从能源角度来看，可将光能转换成电能，或将电能转换成光能。前者有晶态和非晶态太阳能电池，小者可用于电子表和电子计算器，大者可制成太阳能电站；后者有以电驱动的发光光源，如放电灯、霓虹灯、荧光灯、场致或极射线发光屏、发光二极管等。从信息角度来看，可利用光发射、放大、调制、加工处理、存储、测量、表示等技术和元件，构成具有特定功能的光电子学系统。例如，利用光纤通信可以实现迅速和大容量信息转送的目的。它使原来类似的技术水平得到大幅度的提高。

<Source>^中国大百科全书^:电子学-325

<Concept field>电子学

<Related words>光子学

<Type of relation>super.

<Related words>电子波，辐射，光源，光纤通信，电子设备，电场，^量子力学^

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanoindentation

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Bhushan 2007^:1057

<Grammar>The word *nanoindentation* combines the SI prefix *nano-* with the word *indentation*.

<Definition>Indentation test in which the length scale of the penetration is measured in nanometres (10^{-9} m) rather than microns (10^{-6} m) or millimetres (10^{-3} m), the latter being common in conventional hardness tests.

<Source>^Fischer-Cripps 2011^:1

<Context 1>Conventional indentation or microindentation tests involve pushing a hard tip of known geometry into the sample surface using a fixed peak load. The area of indentation that is created is then measured, and the mechanical properties of the sample, in particular its hardness, is calculated from the peak load and the indentation area. Various types of

indentation testing are used in measuring hardness, including Rockwell, Vickers, and Knopp tests.

<Source>^Bhushan 2007^:1139

<Context 2>It is critical to understand the nanometer-scale properties of materials. Experimental determination of these properties is most frequently done with the AFM, which provides a variety of data related to the interaction of the microscope tips with the sample surface. In AFM experiments, the tip has a radius about 1-100 nm and is pressed against the surface under ambient conditions (in air), ultrahigh vacuum (UHV) conditions, or in a liquid. The microscope tip can either move in the direction normal to the surface, which is the case in nanoindentation studies. When the tip is moved in the surface normal direction, it can penetrate the surface on the nanometer scale and provide information on the nanometer-scale mechanical properties of the surface. The indentation process also causes the force on the tip to increase, and the rate of increase is related to both the depth of indentation and the properties of the surface. The region of the force curve that reflects this high force is known as the repulsive wall region, or, an indentation curve.

<Source>cf.^Bhushan 2007^:1057

<Context 3>In general, nanoindentation instruments include a loading system that may be electrostatic, electromagnetic, or mechanical, along with a displacement measuring system that may be capacitive or optical. Among the many advantages of nanoindentation over conventional microindentation testing is the ability to measure the elastic, as well as the plastic properties of the test sample.

<Source>cf.^Bhushan 2007^:1139

<Context 4>Nanoindentation testing is probably the most important technique for characterizing the mechanical properties of thin films and surfaces.

<Source>^Bhushan 2007^:1141

<Concept field>characterization of nanoscale materials and devices

<Related words>mechanical property, hardness, elastic modulus, Young's modulus, continuous stiffness measurement, load-displacement curve, thin film, surface, AFM, scanning electron microscopy

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Nanoindentation” is conceptually equivalent to “纳米压痕技术”.

<en>nanoindentation testing

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common
<Synonymy> (~)
<Source>^Bhushan 2007^:1140

<en>nanoindentation method
<Morphosyntax>noun group
<Usage label>common
<Synonymy> (~)
<Source>^Bhushan 2007^:1139

<en>nanoindentation technique
<Morphosyntax>noun group
<Usage label>common
<Synonymy> (~)
<Source>^Oyen 2011^:1

<en>nanometer-scale indentation
<Morphosyntax>noun group
<Usage label>common
<Source>^Bhushan 2007^:1057

<zh>纳米压痕
<Morphosyntax>noun
<Origin>hybrid loan word
<Usage label>main term
<Source>^谢 2001^:432

<Definition>近几年发展起来的一种新技术。它可以在不用分离薄膜与基底材料的情况下直接得到薄膜材料的许多力学性质。例如弹性模量、硬度、屈服强度、加工硬化指数等等。在微电子科学、表面喷涂、磁记录以及薄膜等相关的材料科学领域得到越来越广泛的应用。

<Source>^谢 2001^:432

<Context 1>传统的压痕测量是将一特定形状和尺寸的压头在一垂直压力下试样，当压力撤除后，通过测量压痕的断截面面积，人们可以得到被测材料的硬度。这种测量方

法的缺点之一是仅仅能够得到材料的塑性性质。另外一个缺点就是这种测量方法只能适用于较大尺寸的试样。随着现代微电子材料科学的发展，试样尺寸越来越小型化。传统的硬度测量技术无法满足新材料研究的需要。此外，材料科学家们不仅要了解材料的塑性性质，而且需要掌握材料的弹性性质。近几年发展起来的纳米压痕技术有效地满足了科学家们的这一需要。

<Source>^谢 2001^:432

<Context 2>在纳米压痕测量技术中，两种最常用到的力学性质就是硬度（H）和弹性模量（E）。对于各向同性材料，如果不存在时间相关的形变，例如蠕变（creep）或粘弹性（viscoelasticity）以及在压痕过程中材料不存在凸出（pile-up），硬度和弹性模量的测量精度通常优于 $\pm 10\%$ 。

<Source>^谢 2001^:432

<Concept field>纳米材料与设备的表征

<Related words>弹性模量，硬度，断裂韧性，连续韧度测量，蠕变，粘弹性，薄膜，面积，力学性质

<Type of relation>general

<zh>纳米压痕技术

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^谢 2001^:432

<zh>深度敏感压痕

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>uncommon

<Synonymy> (~)

<Source>^谢 2001^:432

<zh>纳米压痕过程

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^李, 染, 张, 王 2003^:257

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>quantum confinement structure

<Morphosyntax>noun group

<Source>^Ostrikov, Xu 2007^:159

<Definition>Nanostructure in which quantum confinement effect occurs in one, two or three dimensions.

<Source>^Gonella, Manara 2012^

<Context>Quantum confinement structures can be classified by how many dimensions provide the electron confinement or inversely, how many dimensions allow free-electron behaviour. The electrons can be confined in one, two or three dimensions. The corresponding low-dimensional structures are commonly known as quantum wells (two-dimensional (2D) quantum structure), ^quantum wire^s (one-dimensional (1D) quantum structure), and ^quantum dot^s (zero-dimensional (0D) quantum structure) respectively.

<Source>^Ostrikov, Xu 2007^:159

<Concept field>^nanostructure^s

<Related words>^quantum dot^, ^quantum wire^, quantum well

<Type of relation>sub.

<Related words>^quantum mechanics^, quantum confinement effect

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Quantum confinement structure” is not conceptually equivalent to “低维结构”.

<zh>低维结构

<Morphosyntax>noun group

<Source>^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:253

<Definition>显示量子限域效应的纳米结构。

<Source>^Manara 2012^

<Context 1>根据电子在限域下自由运动方向的数目, 可将低维结构分为三类: 量子薄膜, 量子线和量子点。

<Source>^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:253

<Context 2>因电子被限制在有限空间中，导致的低维结构中有非零最低能级和能级量子化的现象。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:252

<Concept field>^纳米结构^

<Related words>^量子点^， ^量子线^， 量子薄膜

<Type of relation>sub.

<Related words>^量子力学^， 量子限域效应

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>microscopic

<Morphosyntax>noun

<Source>^Balian 1991^:4

<Lexica>Found in ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1.

<Grammar>The prefix *micro-* stems from the Greek *mikros*, meaning “small”.

<Definition>So small as to be invisible or indeterminate without the use of a microscope.

<Source>^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1-1767

<Context>There are obvious differences between the macroscopic and microscopic scale. The macroscopic and microscopic laws seem unrelated, as they are in *qualitative* contrast to one another. Microscopic physics is *discrete*, governed by *probabilistic* ^quantum mechanics^ and by a *few simple* laws, whereas the laws on our scale are *continuous*, *deterministic*, and *manifold*.

<Source>^Balian 1991^:4

<Concept field>scientific notation

<Related words>microscopic technique, microscopic level, microscopic scale

<Type of relation>sub.

<Related words>macroscopic

<Type of relation>ant.

<Equivalence en-zh>“Microscopic” is conceptually equivalent to “微观”.

<zh>微观

<Morphosyntax>noun

<Origin>loan translation

<Source>^辞海 1999^:中-2281

<Lexica>按^辞海 1999^:中。

<Definition>源出希腊语 mikros, “小”的意思。如：从微观考察。

<Source>^辞海 1999^:中-2281

<Context>物理学中，微观粒子和微观现象的总称。微观粒子一般指空间线度小于 10^{-9} ~ 10^{-8} 米的粒子，包括分子、原子和各种粒子。微观现象一般指微观粒子和场在极其微小的空间范围内的各种现象，如原子中电子绕原子核的运动，粒子的相互转化等。

<Source>^辞海 1999^:中-2281

<Concept field>科学计数法

<Related words>微观经济，微观粒子，微观现象，微观世界，微观级

<Type of relation>sub.

<Related words>宏观

<Type of relation>ant.

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>microelectronics

<Morphosyntax>noun

<Source>^Noyce 1977^:63

<Lexica>Found in ^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1.

<Grammar>The word *microelectronics* combines the Greek prefix *micro-*, meaning “small”, with the word *electronics*.

<Definition>The branch of technology that deals with the design, manufacture, and use of microcircuits.

<Source>^The New Shorter Oxford 1993^:Vol.1-1766

<Context>A qualitative change in technology, the integrated microelectronic circuit, has given rise to a qualitative change in human capabilities. It is not an exaggeration to say that most of the technological achievements of the past decade have depended on microelectronics. Small and reliable sensing and control devices are the essential elements in the complex systems that have landed man on the moon and explored Mars, not to speak of their similar role in the intercontinental weapons that dominate world politics. Microelectronic devices are also the essence of new products ranging from communications satellites to hand-held

calculators and digital watches. Somewhat subtler, but perhaps eventually more significant, is the effect of microelectronics on the computer. The capacity of the computer for storing, processing and displaying information has been greatly enhanced.

The small size of microelectronic devices has been important in many applications, but the major impact of this new technology has been to make electronic functions more reproducible, more reliable, and much less expensive.

<Source>^Noyce 1977^:63

<Concept field>electronics

<Related words>microelectronic device, microelectronic circuit, ^microprocessor^, transistor, integrated circuits, semiconductors, electronic component, miniaturization, ^Moore's law^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Microelectronics” is conceptually equivalent to “微电子学”.

<zh>微电子学

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>loan translation

<Source>^中国大百科全书 1987^:电子学-812

<Lexica>按^中国大百科全书 1987^:电子学。

<Definition>研究电子在半导体和集成电路中的物理现象、物理规律、并致力于这些物理现象、物理规律的应用，包括器件物理、器件结构、材料制备、集成工艺、电路与系统设计、自动测试及封装、组装等一系列的理论和 technical 问题。

<Source>^杨 2003^:1

<Context>微电子学研究的对象十分广泛，除各种集成电路（单片集成电路、薄膜电路和混合集成电路）外，还包括集成磁泡、集成超导器件和集成光电子器件等。

<Source>^中国大百科全书 1987^:电子学-812

<Concept field>电子学

<Related words>集成电路，半导体，集成磁泡，集成超导器件，集成光电子器件，^微处理器^，^摩尔定律^

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>neurobionics

<Morphosyntax>noun

<Source>Sendhoff, Körner, Sporns, Ritter, Doya 2009

<Grammar>The word *neurobionics* combines the Greek prefix *neuro-*, meaning “nerve”, with the word *bionics*.

<Definition>The elaboration of a common techno-biological realization of a brain-like computing system on silicon and/or organic materials for enhancing morphological and functional properties of natural neurons and developing neural prostheses.

<Source>^Mainzer 2004^:288

<Context>One approach to achieve ‘brain-like’ behaviour of technical systems is to more or less copy the functional anatomy or physiology of the biological brain in case they are known. This has led to the field of neurobionics which takes biological examples in order to build systems that come up with the same functionality. One example are artificial neural networks, especially biologically plausible ones. The biological neural networks offer powerful learning and memory capacity. Using artificial neurons as building blocks for technical systems has resulted in astounding machines that can recognize patterns in a fraction of a second or can move robot arms with the precision of a human.

<Source>cf.^Sendhoff, Körner, Sporns, Ritter, Doya 2009^:317

<Concept field>biology

<Related words>bionics

<Type of relation>super.

<Related words>artificial brain, neuron, science, technology, computer, central nervous system, nanodevice

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh> “Neurobionics” is conceptually equivalent to “神经仿生学”.

<zh>神经仿生学

<Morphosyntax>noun

<Origin>loan translation

<Source>^李 2004^:31

<Definition>神经科学与现代技术相结合的产物。最明显的例子是应用视觉三原色理论发明了彩色印刷和彩色电视，应用视觉暂留（视后像）的原理发明了电影。

<Source>^李 2004^:31

<Context>此外，模拟人脑控制和协调肢体运动的原理，设计了能自动调节握力的机器人，既能轻轻地握住一个鸡蛋，又能使劲地举起数十斤的重物。

在电子学技术和信息科学高度发展的今天随着科学和技术的进步神经仿生学会出现更加广阔的发展前景。

<Source>^李 2004^:31

<Concept field>生物学

<Related words>仿生学

<Type of relation>super.

<Related words>科学，技术，脑，神经，纳米设备

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanobiomaterial

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Tetsuya 2008^:30

<Grammar>The word *nanobiomaterial* combines the SI prefix *nano-* with the word *biomaterial*.

<Definition 1>A new generation of biomaterial whose critical structural features are in the range of nanometre scale.

<Source>^Manara 2012^

<Definition 2>Multidisciplinary scientific field with roots in life science, material science and ^nanotechnology^. The basic and application researches in nanobiomaterials have been the hot topic in the materials research for biomedicine and biotechnology, which have developed quickly in biomedical implant and intervention medicine, tissue engineering and regenerative medicine, and drug/gene delivery system.

<Source>^Shen 2006^:472

<Context 1>Nano-sized biomaterial are attracting plenty of interests in biomedical applications. Because of the ultrafine size and controllable size distribution, the nanobiomaterial are provided with serious of unique properties that can benefit the biological functions for medical preparations, such as drug delivery, gene transfer, bio-separation, molecular imaging, cellular marking.

<Source>^Tetsuya 2008^:30

<Context 2>Nanobiomaterials are one of the very important products of nanotechnology. Nanobiomaterials can be obtained, in general, by either the controlled assembly of the nanoscale building blocks (a ^bottom-up approach^) or controlled ‘elimination’ of starting materials and biomaterials to the ^nanoscale^ (a ^top-down approach^).

<Source>^Arben 2007^:739

<Concept field>^nanomaterial^s

<Related words>metallic nanobiomaterial, ceramic nanobiomaterial, semiconductor-based nanobiomaterial, organic/carbon-based nanobiomaterial, organic-inorganic hybrid nanobiomaterial, silica-based nanobiomaterial, polymeric nanobiomaterial

<Type of relation>sub.

<Related words>^nanoparticle^, ^drug delivery system^, biomedicine, biotechnology

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Nanobiomaterial” is conceptually equivalent to “纳米生物材料”.

<en>nano-sized biomaterial

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>uncommon

<Source>^Shen 2006^:472

<zh>纳米生物材料

<Morphosyntax>noun

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^沈 2006^:472

<Definition 1>具有^纳米结构^单元的生物材料。

<Source>^Manara 2012^

<Definition 2>当今国际生物材料研究中的前沿课题。

<Source>^蔡，周 2002^:1

<Context>纳米生物材料的理论和实验研究正成为现代生物和医用材料的研究热点。随着纳米技术和材料科学、生命科学的不断交叉，纳米生物医用材料已在新型医用植入材料和介入医用材料、组织工程和再生医学材料、新型药物和基因控释载体及高校生物诊断材料领域取得较大进展。

<Source>^沈 2006^:472

<Concept field>^纳米材料^

<Related words>磁性纳米生物材料, 介孔纳米生物材料

<Type of relation>sub.

<Related words>^药物传递系统^, ^纳米微粒^, 生物医学

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanotube

<Morphosyntax>noun

<Source>^Mittal 2010^:1

<Grammar>The word *nanotube* combines the SI prefix *nano-* with the word *tube*.

<Definition>Hollow, cylindrical structure, with a diameter usually less than 5 nanometers. They are often but not necessarily, composed of carbon, and having remarkable strength and electrical properties.

<Source>^nano.gov^

<Context>^Carbon nanotube^s represent high potential fillers owing to their remarkably attractive mechanical, thermal and electrical properties. The incorporation of nanotubes in the polymer matrices can thus lead to synergistic enhancements in the composite properties even at very low volume fractions.

<Source>^Mittal 2010^:1

<Concept field>^nanostructure^s

<Related words>^carbon nanotube^, TiO₂ nanotube, single-walled nanotube, multi-walled nanotube

<Type of relation>sub.

<Related words>^nanorod^, nanowire

<Type of relation>coord.

<Equivalence en-zh>“Nanotube” is conceptually equivalent to “纳米管”.

<zh>纳米管

<Morphosyntax>noun

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^林 2010^:16

<Definition 1>^纳米尺度^上的一维结构。

<Source>^Manara 2012^

<Definition 2>一维^纳米材料^研究的重点，其中又以对^碳纳米管^的研究最多。

<Source>cf.^林 2010^:16

<Context 1>纳米管的典型代表就是碳纳米管，它可以看作由单层或者多层石墨面按照一定的规则卷绕而成的无缝管状结构。其他的还有 Si、Se、Te、Bi、BN、BCN、WS₂、MoS₂、TiO₂、纳米管等。

<Source>^林 2010^:145

<Context 2>碳纳米管大批量制备与高效分离、纯化仍然是亟待解决的难题。最近的进展包括一步合成碳纳米管、把单层碳纳米管加工成所需要的任意形状、微波辅助纯化单壁碳纳米管、利用 DNA 序列分拣出特殊碳纳米管等。

<Source>^林 2010^:16

<Context 3>碳纳米管（CNT）自从 1991 年被发现之后，成了纳米材料的中心和热点之一，因为 CNT 有着许多良的电子、力学和化学性能，是最有可能在作为高强度^聚合物^复合材料中的添加剂、大容量电池的电极材料、有效场发射电子源以及纳米电子器件的功能元件等方面得到应用的佼佼者。

<Source>^张 2009^:35

<Concept field>^纳米结构^

<Related words>^碳纳米管^，TiO₂ 纳米管，氮化硼纳米管，二氧化碳纳米管，多层纳米碳管，单壁碳纳米管

<Type of relation>sub.

<Related words>^纳米棒^，纳米线

<Type of relation>coord.

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanocluster

<Morphosyntax>noun

<Source>^Ozin, Arsenault, Cademartiri 2009^:32

<Grammar>The word *nanocluster* combines the SI prefix *nano-* with the word *cluster*.

<Definition>Particle using in the size range of 0.5-1.5 nm where the atomic positions can be exactly determined and the crystal symmetry and structure are not the same as the corresponding bulk material.

<Source>^Ozin, Arsenault, Cademartiri 2009^:336

<Context 1>The thermodynamic stability is discontinuous with size and shape: Au₅₅ is extremely more stable than Au₅₆ even if the difference between the two is only one atom. Such clusters are seen and theoretically studied as giant ^molecule^s, as their atomic and electronic structure is well defined but more often than not completely dissimilar from the corresponding bulk material; the cluster Au₁₃ is formed by 13 atoms of gold, packed in an icosahedral symmetry, while bulk gold is face centered cubic. In the literature they are indicated with a specific stoichiometry, like Au₁₃, Au₅₅, and so on.

<Source>^Ozin, Arsenault, Cademartiri 2009^:336

<Context 2>From a basic science point of view, nanoclusters are species intermediate in size between microscopic atoms or molecules and macroscopic bulk matter, and these may be considered as new forms of matter or superatoms that display properties very different from their molecular and bulk counterparts. Small nanoclusters can show strongly size-dependent characteristics, for example, their structures can vary dramatically with size. Among others, manifestation of this strong-size dependence includes behaviour of “magic number” clusters, metal-nonmetal transition, nonmagnetic-magnetic transition, red or blue shift of optical gap, and selective ^catalysis^. The intriguing properties of nanoclusters stem from their finite size, large surface-to-volume ratio, and quantum effect.

<Source>^Liu, Fullerton, Gutfleisch, Sellmyer 2009^:35

<Concept field>^nanostructure^s

<Related words>gold nanocluster, metal nanocluster, magnetic nanocluster, semiconductor nanocluster

<Type of relation>sub.

<Related words>^nanoparticle^

<Type of relation>super.

<Equivalence en-zh>“Nanocluster” is conceptually equivalent to “纳米团簇”.

<zh>纳米团簇

<Morphsyntax>noun

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^张，王，边 2003^:35

<Definiton>直径在 1~10 nm，介于^分子^和晶体之间的团簇。

<Source>^张，王，边 2003^:35

<Context 1>其性质可以认为是随微粒数目的增多而逐步由分子向宏观晶体过渡，但从实验上得出中介尺度的范围目前还比较困难，这种体系的热力学的数据也比较少。

<Source>^张，王，边 2003^:35

<Context 2>制作纳米团簇，根据所需要的团簇的种类和大小的不同，可以采用许多种不同的方法。例如，若要制造的是蒸汽压很高的液体或者常温下为气体的物质的分子团簇，就可以采用先把原料混合在被当作载体的某种气体比如说氦气中，然后在室温下用喷嘴向真空中喷射的方法。

<Source>^纳米技术手册 2005^:67

<Concept field>^纳米结构^

<Related words>半导体纳米团簇，金属纳米团簇

<Type of relation>sub.

<Related words>^纳米微粒^

<Type of relation>super.

**

<Subject>technology/tecnic a e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanotribology

<Morphosyntax>noun

<Source>^Bhushan 1999^:5

<Grammar>The word *nanotribology* combines the SI prefix *nano-* with the word *tribology*.

<Definition>A new field of study which is concerned with experimental and theoretical investigations of processes ranging from atomic and molecular scales to microscales, occurring during adhesion, friction, wear, and thin-film lubrication at sliding surface.

<Source>cf.^Bhushan 1999^:5

<Context 1>In macrotribology, tests are conducted on components with relatively large mass under heavily loaded conditions. In these tests, wear is inevitable and the bulk properties of mating components dominate the tribological performance. In micro/nanotribology, measurements are made on components, at least one of the mating components, with relatively small mass under lightly loaded conditions. In this situation, negligible wear occurs and the surface properties dominate the tribological performance.

<Source>^Bhushan 1999^:5

<Context 2>The surface-force apparatus (SFA), the scanning tunneling microscope (STM), the atomic-force and the friction-force microscopes (AFM and FFM), as well as the quartz microbalance techniques, are widely used in nanotribological studies.

<Source>^Bhushan, Israelachvili, Landman 1995^:607

<Concept field>characterization of nanoscale materials and devices

<Related words>macrotribology

<Type of relation>ant.

<Related words>interface, adhesion, friction, thin-film lubrication, ^atomic force microscope^, ^scanning tunneling microscope^, friction-force microscope

<Type of related>general

<Equivalence en-zh>“Nanotribology” is conceptually equivalent to “纳米摩擦学”.

<zh>纳米摩擦学

<Morphosyntax>noun

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^温 2002^:1

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^。

<Definition>研究在原子级的长度和时间尺度上的摩擦、磨损和润滑。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:211

<Context 1>摩擦学的研究对象是发生在摩擦表面和界面上的^微观^动态行为与变化，而在摩擦过程中界面所表现出的宏观特性与微观结构密切相关。而纳米摩擦学提供了一种新的研究模式，即从原子分子尺度上揭示摩擦磨损与润滑机理，从而建立材料微观结构与宏观特性之间的构性关系，这将更加符合摩擦学的研究规律。可以说，纳米摩擦学的出现标志着摩擦学发展进入了一个新阶段。

<Source>^温 2002^:1

<Context 2>利用探针与表面原子的横向作用力（lateral force），人们已研制出摩擦力显微镜（friction force microscopy, FFM）。这种扫描探针技术的发明，为系统的研究纳米摩擦学（nanotribology）打开了一个窗口。利用这种技术可以从多组分夹杂相中，区分出化学成分不同的相，但尚无法确定这些相的成分。

<Source>^李，恽 2003^:124

<Concept field>纳米材料与设备的表征

<Related words>宏观摩擦学

<Type of relation>ant.

<Related words>摩擦，磨损，润滑，摩擦力显微镜

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanorobotics

<Morphosyntax>noun

<Source>^Bhushan 2007^:1546

<Grammar>The word *nanorobotics* combines the SI prefix *nano-* with the word *robotics*.

<Definition>The study of robotics at the nanometer scale, and includes robots that are ^nanoscale^ in size, i.e., ^nanorobot^s, and large robots capable of manipulating objects that have dimensions in the nanoscale range with nanometer resolution, i.e., nanorobotic manipulators.

<Source>^Bhushan 2007^:1546

<Context>The field of nanorobotics brings together several disciplines, including nanofabrication processes used for producing nanoscale robots, nanoactuators, nanosensors, and physical modeling at nanoscales. Nanorobotics manipulation technologies, including the assembly of nanometer-sized parts, the manipulation of biological cells or ^molecule^s, and the types of robots used to perform these types of tasks also form a component of nanorobotics.

<Source>^Bhushan 2007^:1546

<Concept field>nanotechnology applications

<Related words>nanorobotic manipulator, robot, ^nanorobot^, nanoactuator, nanosensor, nanomanipulation

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Nanorobotics” is conceptually equivalent to “纳米机器人技术”.

<zh>纳米机器人技术

<Morphosyntax>noun group

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^布尚 2009^:1545

<Definition>研究^纳米尺度^下的机器人技术，包括纳米尺寸的机器人，以及一些较大的机器人，其具有在纳米分辨率水平上操纵纳米范围物体的能力。

<Source>^布尚 2009^:1545

<Context 1>由于具有对纳米尺度的物体的定位及定向能力，纳米机器人操纵技术是一种有望用于组装纳米系统包括^纳米机器人^本身的方法。

<Source>^布尚 2009^:1545

<Context 2>纳米机械、纳米机器人技术，即具有纳米尺度结构的超微机械、超微机器人技术的广泛应用，将使工业时代遗留的庞大厂房、机器、矿山、熔炉、反应罐等笨重的生产设备都因多余而统统被废弃、拆除。

<Source>^沈 2003^:60

<Concept field>纳米科技的应用

<Related words>机器人，^纳米机器人^

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanotechnology

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Schmid 2008^:1

<Grammar>The word *nanotechnology* combines the SI prefix *nano-* with the word *technology*.

<Definition>The design, characterization, production and application of structures, devices and systems by controlling shape and size at the nanometre scale.

<Source>^Schmid 2008^:3

<Context 1>The term “nanotechnology” is a widely used keyword occurring in a variety of different context. Semantically, “^nano^” is an official SI prefix for physical units, which is equivalent to the factor 10^{-9} . Historically, nanotechnology has evolved from different scientific fields such as physics, chemistry, molecular biology, ^microelectronics^ and material sciences.

<Source>cf.^Schmid 2008^:41

<Context 2>The essence of nanotechnology is the ability to work at the molecular level, atom by atom, to create large structures with fundamentally new molecular organization. The aim is to exploit these properties by gaining control of structures and devices at atomic, molecular, and supramolecular levels and to learn to efficiently manufacture and use these devices.

<Source>^Mansoori 2005^:2

<Context 3>We can approach the ^nanoscale^ from two sides: by making things smaller, that is, by downscaling, and by constructing things from small building blocks, that is, by upscaling. The first method is referred to as the “top-down” and the second as the “bottom-up” approach. The ^top-down approach^ follows the general trend of the microelectronic industry towards miniaturization of integrated semiconductor circuits. Modern lithographic techniques allow the patterning of nanoscale structures such as transistor circuits with a precision of only a few nanometers. In contrast, the bottom-up approach is based on molecular recognition and chemical ^self-assembly^ of ^molecule^s. In combination with chemical synthesis techniques, the ^bottom-up approach^ allows for the assembly of macromolecular complexes with a size of several nanometers.

<Source>cf.^Schmid 2008^:42

<Context 4>Science and technology research in nanotechnology promises breakthroughs in areas such as materials and manufacturing, nanoelectronics, medicine and healthcare, energy, biotechnology, information technology, and national security. It is widely felt that nanotechnology will be the next industrial revolution.

<Source>^Bhushan 2007^:1

<Concept field>^nanoscience^

<Related words>^nanomaterial^, ^nanostructure^, ^nanoparticle^, ^nanocomposite^, nanodevice, ^nanotube^, nanowire, ^nanomachine^, ^nanolithography^, ^top-down approach^, ^bottom-up approach^, ^nanorobot^, nanoelectronics, nanomechanics, nanosystem, ^nanomedicine^, nanomanipulation, ^nanofabrication^, bionanotechnology, ^molecular nanotechnology^

<Type of relation>sub.

<Related words>miniaturization, nanoscale, ^nanometre^, atom, ^molecule^, ^atomic force microscope^, ^scanning tunneling microscope^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Nanotechnology” is not conceptually equivalent to “纳米科技”. In a broader sense, the term “纳米科技” means “nanoscience and technology”.

<en>nanotech

<Morphosyntax>noun

<Category>short form

<Usage label>uncommon

<Source>^Fisher, Selin 2008^:76

<Variant of>nanotechnology

<zh>纳米科技

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^林 2010^:1

<Lexica>按^鲍里先科, 奥西奇尼 2010^:211

<Definition 1>^纳米尺度^上的科学、工程与技术。

<Source>^林 2010^:7

<Definition 2>在纳米尺度（1~100 nm 之间）上研究物质（包括原子、分子的操纵）的特性和相互作用，以及利用这些特性的多学科交叉的科学和技术。

<Source>^百 2001^:89

<Context 1>纳米科技可以看作是对^纳米科学^（nanoscience）、纳米技术（狭义的nanotechnology）以及纳米工程（nanoengineering）的统称，是研究、开发、利用纳米尺度物质的一门新型的利用型学科，具有多学科交叉的特征。

<Source>^林 2010^:7

<Context 2>纳米科技关注的是物质在纳米尺度上表现出来的新现象与新规律，如果作为一个学科，可以把纳米科技概述为纳米尺度上的新概念、新理论、新原理、新方法与新用途的一门新型的、多学科交叉的应用型学科。

<Source>^林 2010^:7

<Context 3>纳米科技主要包括：（1）纳米体系物理学；（2）纳米化学；（3）^纳米材料^学；（4）纳米生物学；（5）纳米电子学；（6）纳米加工学；（7）纳米力学。

<Source>^张, 牟 2001^:3

<Concept field>^纳米科学^

<Related words>^纳米结构^, ^纳米材料^, ^纳米微粒^, ^纳米复合材料^, ^纳米管^, 纳米线, ^纳米机器^, 纳米光刻, ^从上至下方式^, ^从下至上方式^

<Type of relation>sub.

<Related words>^纳米尺度^, ^纳米^, 微型化, 原子, ^分子^, ^原子力显微镜^, ^扫描隧道显微镜^

<Type of relation>general

<zh>纳米技术

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Origin>hybrid loan translation

<Synonymy> (<)

<Source>^林 2010^:7

<zh>纳米科学技术

<Morphosyntax>noun group

<Category>full form

<Usage label>common

<Source>^张, 牟 2001^:2

<Variant of>纳米科技

<Context>纳米科学技术是 20 世纪 80 年代末期刚刚诞生并正在崛起的新科技, 它的基本涵义是在纳米尺寸范围内认识和改造自然, 通过直接操作和安排原子、分子创制新的物质。

<Source>cf.^张, 牟 2001^:2

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>molecular nanotechnology

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Source>^Wejnert 2004^:323

<Definition>The three-dimensional positional control of atomic and molecular structure to create materials and devices with molecular precision.

<Source>^Prasad 2008^:160

<Context>Molecular nanotechnology represents the next generation of technology beyond the current applications of organic chemistry, chemical engineering, and semiconductor fabrication. Science fiction writers and earnest futurists present a scenario where molecular-size devices and machines can be fabricated effortlessly and on a scale such that all manufacturing and economic needs can be solved for all mankind.

<Source>^Wejnert 2004^:323

<Concept field>^nanoscience^

<Related words>^nanorobot^, ^nanomachine^, molecular machine, nanosensor, nanosystem, molecular structure, ^self-assembly^, positional assembly

<Type of relation>sub.

<Related words>^nanometre scale^, ^nanometre^, atom, ^molecule^, molecular building block

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Molecular nanotechnology” is conceptually equivalent to “纳米分子技术”。

<en>MNT

<Morphosyntax>noun

<Category>initials

<Usage label>uncommon

<Source>^Peterson 2004^:9

<Variant of>molecular nanotechnology

<en>molecular manufacturing

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>uncommon

<Synonymy> (~)

<Source>^Peterson 2004^:9

<zh>分子纳米技术

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^范德摩伦 2007^:37

<Definition>^纳米科技^的“极端形式”，其工艺精确到接近大自然的理论极限，“以逐个^分子^为基础控制分子制造工艺的产品和副产品，从而对物质结构实施彻底的和成本低廉的控制”。

<Source>^范德摩伦 2007^:37

<Context>分子纳米技术的潜力取决于几个关键能力。第一个是在分子层面以机械方式导引化学反应的能力，称为机械化学能力。在分子纳米技术中，机械化学能力是通过分子制造元（molecular fabricators）实现的，这些制造元本质上是一些微小的、可控制的机械工具，能够以物理方式“抓住”特定的分子，按有用的形式将它们排列在一起。

<Source>^范德摩伦 2007^:37

<Concept field>^纳米科学^

<Related words>^纳米机器^， ^纳米机器人^， 纳米体系， 分子制造元， 组配元

<Type of relation>sub.

<Related words>原子， ^分子^， ^纳米^， ^纳米尺度^， ^自组装^

<Type of relation>general

<zh>MNT

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Origin>loan word

<Source>^范德摩伦 2007^:37

<zh>分子制造工艺

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>uncommon

<Synonymy> (~)

<Source>^范德摩伦 2007^:37

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>thin film photovoltaic material

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Source>^Scragg 2011^:1

<Definition>Semiconductor that overcome one limitation of crystalline silicon – the benchmark PV material – in that they have direct band gap. This means that their light

absorption coefficients are very high, and much thinner films of material can be used to be used to collect the same amount of light, making them less materials-intensive.

<Source>^Scragg 2011^:1

<Context 1>In the most part, the thin film materials are compound *p*-type semiconductors, the major systems being Cu(In,Ga)(S,Se)₂(CIGS), CuInS₂(CIS) and CdTe. The power conversion efficiency record for laboratory scale CIGS devices has recently exceeded 20% for the first time. Another key advantage of these materials as compared to Si is their tolerance to defects and grain boundaries, which allows for less stringent quality requirements. At the same time, their compound nature means that the range of processing methods available to produce them is immense. The success of CIGS, CIS and CdTe is only diminished by the fact that they contain expensive and rare materials. The cost and availability of In is a particular issue that will become pressing in the context of the anticipated deployment of PVs on terawatt scales.

<Source>^Scragg 2011^:1

<Context 2>Thin film photovoltaic materials can be deposited over a large area and patterned into cells or fabricated into individual cells and then mounted to a glass superstrate much the same way that Si cells are assembled.

<Source>^Ross 2005^:99

<Concept field>micro/nanostructures

<Related words>CIGS, CIS, CdTe, a-Si, organic thin film photovoltaic material, inorganic thin film photovoltaic material

<Type of relation>sub.

<Equivalence en-zh>“Thin film photovoltaic material” is conceptually equivalent to “薄膜光伏材料”.

<en>thin film PV material

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^Gupta, Ballato 2007^:8-14

<zh>薄膜光伏材料

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Origin>loan translation

<Source>^bipvcn.com^

<Definition>薄膜光伏材料是通过将一层超薄光伏材料沉积在基片上制成的。

<Source>^bipvcn.com^

<Context>最常见的薄膜光伏材料是使用 a-Si（非晶硅）制成，但也可以使用多种其它材料，例如 CIGS（铜铟/二硒化镓）、CIS（硒化铜铜）、CdTe（碲化镉）、染料敏化等电池以及有机太阳能电池。

<Source>^bipvcn.com^

<Concept field>微/纳米结构

<Related words>CIGS, CIS, CdTe

<Type of relation>sub.

<zh>薄膜 PV 材料

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^newenergy.in-en.com^

<Context>研究与信息提供商 Nanomarkets 公司于 2009 年 12 月 22 日发布薄膜 PV 材料预估报告，认为薄膜 PV 材料市场将增加到 2017 年 131 亿美元。

Nanomarkets 公司认为，新一类的封装材料现正在开拓 CIGS 和 CdTe 应用于柔性 BIPV 市场。最引入关注的是 2009 年陶氏化学公司、富士薄膜公司（FujiFilm）、杜邦公司和 3M 公司推出的聚合物/陶瓷配对薄膜。到 2017 年，TFPV 封装材料销售额预计将达到 16 亿美元。

<Source>^newenergy.in-en.com^

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanocatalyst

<Morphosyntax>noun

<Source>^Sanghi, Singh 2012^:357

<Grammar>The word *nanocatalyst* combines the SI prefix *nano-* with the word *catalyst*.

<Definition>Nanoscale material that have at least one ^nanoscale^ dimension, or have been subjected to nanoscale structural modification in order to enhance their catalytic activity.

<Source>^Sanghi, Singh 2012^:357

<Context 1>Nanocatalysts can be classified into four broad classes; nanoparticulate, nanoporous, nanocrystalline, and supramolecular ^catalyst^.

The nanocatalyst are far superior to the conventional catalysts due to (i) their higher surface area, achieved by reducing the size of particles of catalyst to nanometers or billionths of a meter, (ii) higher activity which leads to lesser usage of catalyst, (iii) higher selectivity, and (iv) longer life reducing the cost of catalysts.

<Source>^Sanghi, Singh 2012^:357

<Context 2>The catalysts of the nano-age, called nanocatalysts, are shaped atom-by-atom. Different approaches can be used to build nanocatalysts: these are ^self-assembly^, ^nanolithography^ or nanoarchitecturing by using the building blocks of ^nanotechnology^, which are nanocrystals, nanofilms, nanowires, and clusters.

<Source>^Rao, Müller, Cheetham 2004^:551

<Context 3>Nanocatalysts exhibit remarkable quantum size effects and structural fluxionality. This opens new avenues for atom-by-atom design of nanocatalysts whose chemical activity, specificity, and selectivity can be tuned by controlling the cluster size, through the incorporation of impurity atoms, and via manipulation of the strength of the cluster-support interaction, the degree of charging of the cluster, and by changing their magnetic properties.

<Source>^Rao, Müller, Cheetham 2004^:551

<Concept field>^nanomaterial^s

<Related words>gold nanocatalyst, platinum nanocatalyst, palladium nanocatalyst, metal nanocatalyst

<Type of relation>sub.

<Related words>^nanoparticle^

<Type of relation>super.

<Related words>quantum size effect, atom, chemical reaction, nanocatalysis, ^nanoscale^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Nanocatalyst” is conceptually equivalent to “纳米催化剂”.

<zh>纳米催化剂

<Morphosyntax>noun

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^张 2004^:38

<Definition>采用颗粒尺寸为纳米量级（颗粒直径一般在 1~100 nm 之间）的纳米微料为主体的材料。由于纳米粒子独特的性能，因而其^催化^活性和选择性大大高于传统催化剂，这就为化学工作者展示了一个富有活力的新兴研究领域。

<Source>^张 2004^:38

<Context 1>工业生产中的催化剂应该具有表面积大，稳定性好，活性高等优点，而纳米^催化剂^正好能满足这些条件。纳米催化剂的催化活性和选择性远远高于传统催化剂。

<Source>^张 2004^:38

<Context 2>纳米催化剂颗粒尺寸小，位于表面的原子占的体积分数很大，产生了相当大的表面能，随着纳米粒子尺寸的减少，比表面积急剧增大，表面原子数及所占的比例迅速增大。

<Source>^张 2004^:38

<Concept field>^纳米材料^

<Related words>氧化纳米催化剂，钴纳米催化剂，金属纳米催化剂

<Type of relation>sub.

<Related words>^纳米微粒^

<Type of relation>super.

<Related words>化学反应，物质，活化能，催化作用，催化反应，纳米催化，^纳米尺度^，量子限域效应

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanorobot

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Chee, Jain, Dehuri 2009^:177

<Grammar>The word *nanorobot* combines the SI prefix *nano-* with the word *robot*.

<Definition 1>Conceptual microscopic device that would work at the molecular and cellular level to perform tasks in medical and other fields.

<Source>^Schulz, Shanov, Yun 2009^:10

<Definition 2>A controllable machine at the nanometer or molecular scale that is composed of ^nanoscale^ components and algorithmically responds to input forces and information.

<Source>^Hamdi, Ferreira 2011^:1

<Context 1>In the current development of ^nanotechnology^ toward the realisation of nanoassemblers, referred as ^nanorobot^s or nanobots, there are two approaches: mechanical

and biological approach. In mechanical approach, the vision of early nanorobots is a nanometre-scale device comprising of nanomechanical parts – i.e. motors, actuators and sensors – with robotic arms to manipulate atoms in place and nanocomputers to control the behaviour. The study of similarly-sized biological machines – organic cells – suggests that there may be more effective alternatives to mechanical ones.

<Source>^Chee, Jain, Dehuri 2009^:177

<Context 2>This class of robots is characterized by operating at a scale similar to the biological cell, that is in the order of a few hundred nanometres. In contrast to the microrobot, the nanorobot would not be capable, in general, of manipulating biological cells using a ‘conventional’ mechanical approach. Rather a nanorobot could interact with cells or similar objects using electrochemical means, just like its biological counterparts.

<Source>^Gray, Caldwell 1996^:273

<Concept field>nanoscale devices

<Related words>medical nanorobot, bio-nanorobot, biomolecular robot

<Type of relation>sub.

<Related words>^nanorobotics^

<Type of relation>super.

<Related words>actuator, sensor, programmability, ^nanofabrication^, nanomanipulation, atom, ^molecule^, ^nanoscale^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Nanorobot” is conceptually equivalent to “纳米机器人”.

<en>nanobot

<Morphosyntax>noun

<Category>clipped term

<Usage label>uncommon

<Source>^Chee, Jain, Dehuri 2009^:177

<Variant of>nanorobot

<zh>纳米机器人

<Morphosyntax>noun

<Origin>loan translation

<Source>^胡, 张 2001^:1

<Definition>外形尺寸在 100 nm~10 μm 的范围内的机器人, 类似一个生物邮包。

<Source>^孙, 刘, 吴, 刘 2003^:327

<Context>纳米机器人是纳米机械装置与生物系统的有机结合。它是纳米技术应用于医学领域中的最具有诱惑的内容, 在生物医学工程中可充当微型医生, 解决了医生用传统技术难以解决的问题。这种纳米机器人可注入人体血管内, 成为血管中运作的^分子^机器人。

<Source>^胡, 张 2001^:1

<Concept field>纳米设备

<Related words>生物纳米机器人, 生物分子纳米机器人

<Type of relation>sub.

<Related words>^纳米机器人技术^

<Type of relation>super.

<Related words>^纳米尺度^, 原子, ^分子^, 纳米机械, 纳米操作

<Type of relation>general

<zh>分子机器人

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^胡, 张 2001^:1

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanoscience

<Morphosyntax>noun

<Source>^Schaefer 2010^:1

<Grammar>The word *nanoscience* combines the SI prefix *nano-* with the word *science*.

<Definition>The study of phenomena and manipulation of materials at atomic, molecular and macromolecular scales, where properties differ significantly from those at a larger scale.

<Source>^Schmid 2008^:3

<Context 1>Nanoscience, a field of science which has emerged during the last three decades, nowadays comprises many different fields and starts to play an important role as key technology in application and business.

The term ^nano^, derived from the Greek word nanos which means dwarf, designates a billionth fraction of a unit, e.g., of a meter. Thus the science of ^nanostructure^s is often defined as dealing with objects on a size scale of 1-100 nm.

<Source>^Schaefer 2010^:1

<Context 2>Nanoscience is a most interdisciplinary approach because all disciplines and areas converge at the ^nanoscale^ to the same basic principles and the same basic tools so that the frontiers between the disciplines even seem to disappear. It is well recognized that for the exploitation of nanoscience and ^nanotechnology^ one must understand the physics and chemistry of the nanoscale and one must learn how to make materials and functional devices.

<Source>^Schaefer 2010^:4

<Concept field>science

<Related words>^nanomaterial^, ^nanostructure^, ^nanoparticle^, ^nanocomposite^, nanodevice, ^nanotube^, nanowire, ^nanomachine^, ^nanolithography^, ^top-down approach^, ^bottom-up approach^, ^nanorobot^, nanosystem, ^nanomedicine^, nanomanipulation, nanofabrication, ^nanotechnology^, ^atomic force microscope^, ^scanning tunneling microscope^

<Type of relation>sub.

<Related words>miniaturization, ^nanometre scale^, ^nanometre^, atom, ^molecule^,

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Nanoscience” is conceptually equivalent to “纳米科学”.

<zh>纳米科学

<Morphosyntax>noun

<Origin>hybrid loan word

<Source>^倪, 姚, 沈, 周 2008^:3

<Definition>探索与发现物质在^纳米尺度^上所表现出来的各种物理、化学与生物学现象及其内在规律, 尤其是原子、^分子^以及电子在纳米尺度范围的运动规律, 为^纳米科技^产品的研发提供理论指导。

<Source>^林 2010^:7

<Context 1>纳米科学的理论研究的广泛和深入发展是与^纳米材料^的制备技术的形成与发展密切关联的。

<Source>^倪, 姚, 沈, 周 2008^:3

<Context 2>纳米技术和纳米科学是 21 世纪最有前途的新型科技和学科，世界各国对这种新学科给予评价。

<Source>^汪，尹 2002^:109

<Concept field>科学

<Related words>^纳米结构^， ^纳米材料^， ^纳米微粒^， ^纳米复合材料^， ^纳米管^， 纳米线， ^纳米机器^， ^纳米光刻^， ^从上至下方式^， ^从下至上方式^， ^原子力显微镜^， ^扫描隧道显微镜^， 纳米技术

<Type of relation>sub.

<Related words>^纳米尺度^， ^纳米^， 微型化， 原子， ^分子^

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanoelectronic device

<Morphosyntax>noun group

<Source>^Hoekstra 2010^:1

<Definition>Device which have an important component that lies in the nanometer scale.

<Source>^Fahrner 2005^:213

<Context 1>Due to the ongoing downsizing of microelectronic circuit components, many nanoelectronic devices have been proposed and manufactured in the past years. These nanoelectronic devices have critical dimensions of several nanometers and take advantage of quantum mechanical phenomena that appear at nanometer scale.

<Source>^Hoekstra 2010^:1

<Context 2>To understand the possible utilization of nanoelectronic devices, useful and competitive circuits have to be designed. New circuit ideas must be developed exploiting the quantum character, the small feature size, and the low power operation of the new nanoelectronic devices.

There are a couple of different definitions of nanoelectronics around today. From the physics point of view, nanoelectronics often deal with small circuits including nanoelectronic devices in which dimensions have reached such a small length that the wave nature of the electrons cannot be neglected, and that device and circuit simulations for basically classical device structures are confronted with a full quantum mechanical description rather than with mixed quantum-classical models. From the electrical engineering point of view, nanoelectronics is

understood merely as an electronics based on nanoelectronic devices which utilized quantum mechanical phenomena; they have to be described with quantum-classical models to make circuit synthesis possible.

<Source>^Hoekstra 2010^:2

<Concept field>nanoelectronics

<Related words>solid-state nanoelectronic device, molecular electronics, single electron transistor, resonant-tunneling device, semiconductor spintronic device

<Type of relation>sub.

<Related words>^top-down approach^, ^bottom-up approach^, ^nanolithography^, miniaturization, ^quantum mechanics^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Nanoelectronic device” is conceptually equivalent to “纳米电子器件”.

<zh>纳米电子器件

<Morphosyntax>noun group

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^沈，史 2004^:15

<Definition>利用纳米级加工和制备技术，如光刻、外延、微细加工、^自组装^生长及分子合成技术等，设计制备而成的具有纳米级（1~100 nm）尺度和特定功能的电子器件。

<Source>^沈，史 2004^:15

<Context 1>根据纳米电子技术的发展和对未来的预测，一种分法把纳米电子器件广义地分为以下 8 类：1) 纳米级 CMOS 器件；2) 量子效应器件；3) 单电子器件；4) 单分子器件；5) 纳米传感器；6) 纳米集成电路；7) 纳米存储器；8) 纳米 CMOS 混合电路。

<Source>cf.^沈，史 2004^:15

<Context 2>要制备纳米电子器件及实现其集成电路，有两种可能的方式。一种是将现有的电子器件、集成电路进一步向微型化延伸，研究开发更小线宽的加工技术来加工尺寸更小的电子器件，即所谓的“由上到下”的方式。另一种方式是利用先进的纳米技术与^纳米结构^的量子效应直接构成全新的量子器件和量子结构体系，即所谓的“由下到上”的方式。

<Source>^沈，史 2004^:16

<Concept field>纳米电子学

<Related words>纳米级 CMOS 器件, 量子效应器件, 单电子器件, 单分子器件, 纳米传感器, 纳米集成电路, 纳米存储器, 纳米 CMOS 混合电路

<Type of relation>sub.

<Related words>^光学光刻^, 电子束光刻, 分子束外延, 化学束外延, 扫描探针显微镜, ^扫描隧道显微镜^, ^原子力显微镜^

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanomedicine

<Morphosyntax>noun

<Source>^Jain 2008^:1

<Grammar>The word *nanomedicine* combines the SI prefix *nano-* with the word *medicine*.

<Definition>Process including the diagnosis, treatment and prevention of diseases and traumatic injuries, and the preservation and improvement of human health, using molecular tools and molecular knowledge of the human body.

<Source>^Varadan, Chen, Xie 2008^:18

<Context 1>Nanomedicine is the application of ^nanotechnology^ to medicine and is based on three mutual overlapping and progressively more powerful molecular technologies:

1. Nanoscale-structured materials and devices, which hold great promise for advanced diagnostics biosensors, targeted drug delivery, and smart drugs.
2. Benefits of molecular medicine via genomics, proteomics, and artificially engineered microorganisms.
3. Molecular machine systems such as ^nanorobot^s that will allow instant diagnosis with destruction of cause of pathology, chromosome replacement, and individual cell surgery *in vivo*, and the efficient augmentation and improvement in natural physiological function.

<Source>^Jain 2008^:1

<Context 2>Nanomedicine has obvious advantages. First, ^nanoparticle^ are potentially invaluable tools for investigating cells because of their small size. Second, as their size can be controlled, from that of large molecules to that of small cells, the ability of nanoparticles to escape the vasculature *in vivo* can also be controlled. Third, because of their small size, nanoparticle can circulate systematically in the bloodstream and thus serve in roles such as

magnetic resonance enhancement, iron delivery for the production of red blood cells and drug delivery to improve the availability of serum-insoluble drugs.

<Source>^Varadan, Chen, Xie 2008^:18

<Concept field>^nanoscience^

<Related words>^drug delivery system^, lab-on-chip, nanoelectronic biosensor, ^nanorobot^, nanonephrology, magnetic ^nanoparticle^, molecular motor, nanodevice

<Type of relation>sub.

<Related words>^nanomaterial^, nanofabrication, molecular ^self-assembly^, ^molecule^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Nanomedicine” is conceptually equivalent to “纳米医学”.

<zh>纳米医学

<Morphosyntax>noun

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^奇 2001^:154

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^。

<Definition>利用^纳米科技^解决医学问题的边缘交叉学科，与纳米生物学有许多重叠的领域，其研究内容十分广泛，涉及纳米药物、纳米医用材料、药物（基因、蛋白质及多肽）的传递与靶向释放、纳米生物传感器、芯片实验室（lab-on-chip）、医用^纳米机器人^、医学成像以及纳米毒理学等诸多领域，将给疾病的诊断、监测、治疗及防治带来革命性的变化，并有望实现细胞修复、计算机与神经的对接等。

<Source>^林 2010^:8

<Context>在纳米医学中的“^纳米^”，不仅意味着空间尺度，而且提供了一种对医学的全新认识方法和实践方法。

<Source>^奇 2001^:154

<Concept field>^纳米科学^

<Related words>芯片实验室，纳米生物传感器，^纳米机器人^，靶向释放，^药物传递系统^，纳米药物，^纳米微粒^，分子机械

<Type of relation>sub.

<Related words>^纳米材料^，^纳米制造^，分子^自组装^，^分子^，疾病诊断

<Type of relation>general

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>quantum wire

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Source>^Schmid 2008^:88

<Definition>Nanostructure in which quantum confinement effect occurs in one dimension.

<Source>^Gonella, Manara 2012^

<Context 1>Electrons can only move freely in the *x*-direction and their motion along the *y*- and *z*-axes is restricted by the borders of the solid. Such a system is called “quantum wire” and – when electrons are the charge carriers – a one-dimensional electron system (1DES). The charge carriers and excitations now can move only in one dimension and occupy quantized states in the other two dimensions.

<Source>^Schmid 2008^:88

<Context 2>The quantization of states in two dimensions has important consequences for the transport of charges. Electrons can only flow freely along the *x*-axes but are limited to discrete states in the *y*- and *z*-directions. Therefore, they are only transported in discrete “conductivity channels”. This may be of considerable importance for the microelectronics industry. If the size of electronic circuits is reduced more and more, at one point the diameter of wires will become comparable to the de Broglie wavelength of the electrons. The wire will then exhibit the behaviour of a quantum wire. Quantum aspects of 1D transport were first observed in so-called quantum point contacts which were lithographically defined in semiconductor heterostructures.

<Source>^Schmid 2008^:90

<Concept field>^nanostructure^s

<Related words>^quantum dot^, quantum well

<Type of relation>coord.

<Related words>quantum confinement, quantum size effect, ^quantum mechanics^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Quantum wire” is conceptually equivalent to “量子线”.

<en>QWR

<Morphosyntax>noun

<Category>initials

<Usage label>common

<Source>^Bhushan 2007^:1579

<Variant of>quantum wire

<en>nanowire

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^Kuno 2012^:61

<Context>Carriers in nanowires possess one degree of freedom with two degrees of confinement.

<Source>^Kuno 2012^:62

<zh>量子线

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:254

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^，^辞海 1999^:中-3969。

<Definition>一维（1D）结构。与量子薄膜相比，有多了一个方向因为尺寸太小而能够提供限域效应。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:254

<Context 1>载流子只能在沿着量子线的方向上自由运动。总能量中动能部分只有一个方向的分量。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:254

<Context 2>如果电子的运动在二个方向受到限制，而且限制的尺寸与它的德布罗意波长相当，则称为量子线（quantum line），量子线的宽度为纳米量级。

<Source>^李，恂 2003^:61

<Context 3>根据电子在限域下自由运动方向的数目，可将低维结构分为三类：量子薄膜、量子线和^量子点^。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:253

<Concept field>^纳米结构^

<Related words>量子点, 量子薄膜

<Type of relation>coord.

<Related words>量子效应, 量子限域, ^量子力学^, 载流子

<Type of relation>general

<zh>纳米线

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^倪, 姚, 沈, 周 2008^:22

<zh>纳米细线

<Morphosyntax>noun

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^纳米技术手册 2005^:53

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanofabrication

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Bhushan 2007^:197

<Grammar>The word *nanofabrication* combines the SI prefix *nano-* with the word *fabrication*.

<Definition>A set of techniques to pattern, grow, form and remove material with near nanometer control, repeatability and precision.

<Source>^Stepanova, Dew 2012^:4

<Context>One can broadly divide various nanofabrication techniques into top-down and bottom-up categories. The first approach starts with a bulk or thin film material and removes selective regions in order to fabricate ^nanostructure^s (similar to micromachining techniques). The second method relies on molecular recognition and ^self-assembly^ to fabricate nanostructures from smaller building block (^molecule^s, colloids and clusters). The ^top-down approach^ is obviously an offshoot of standard lithography and micromachining

techniques. ^The bottom-up approach^, on the other hand, is more strongly influenced by chemical engineering and material science, and relies on fundamentally different principles.

The five major nanofabrication techniques include: i) e-beam and nanoimprint fabrication, ii) epitaxy and strain engineering, iii) scanned probe techniques, iv) self-assembly and template manufacturing, and v) chemical techniques for fabricating ^nanoparticle^s and nanowires.

<Source>^Bhushan 2007^:222

<Concept field>nanoscience

<Related words>^top-down approach^, ^bottom-up approach^, lithography, electron beam lithography, ^self-assembly^, nanoimprint fabrication, scanning probe technique, ^scanning tunneling microscope^, ^atomic force microscope^, template manufacturing, molecular beam epitaxy

<Type of relation>sub.

<Equivalence en-zh>“Nanofabrication” is conceptually equivalent to “纳米制造”.

<en>nanofabrication technique

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^Bhushan 2007^:222

<en>nanofabrication process

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^Bhushan 2007^:837

<zh>纳米制造

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^周，叶，崔，张 1998^:1

<Definition>要实现^纳米科技^产品的工业化生产，是纳米技术取得商业成功的关键环节。

<Source>^林 2010^:9

<Context>从制造能力看，现在已进入纳米制造时代。纳米制造技术涉及超精密加工技术、精密测量、传感和控制技术，其中纳米级加工技术是其核心，可分为加工精度和加工尺度两个方面。

纳米加工的精度或尺度是近原子尺寸量级的，其加工技术包括：1) 超精密机械加工，如：超精密切削、磨削以及研磨、抛光等；2) 光刻加工，它是化学腐蚀加工的典型代表，其中用光刻加工的 VLSI 的最小线宽可达 100nm，实验室加工已达 10nm；3) 能量束加工，包括电子束加工、离子和等离子体蚀刻、分子束外延、物理和化学气相沉积，以及激光加工、电解射流加工、电火花加工、电化学加工等等；4) 扫描探针显微镜加工，可以进行原子级操作、装配和改性等加工处理。

<Source>cf.^周，叶，崔，张 1998^:3

<Concept field>纳米科学

<Related words>^光学光刻^， ^纳米光刻^， 扫描探针显微镜加工， ^扫描隧道显微镜^， ^原子力显微镜^， ^自组装^， ^从下至上方式^， ^从上至下方式^

<Type of relation>sub.

<zh>纳米制造技术

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^周，叶，崔，张 1998^:3

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>SAM

<Morphosyntax>noun

<Category>acronym

<Usage label>main term

<Source>^Lee 2008^:252

<Variant of>self-assembled monolayer

<Grammar>The acronym SAM may be pluralized by adding a lowercase s without the apostrophe (SAMs).

<Definition>A self-organized array of ^molecule^s chemically bound onto a solid substrate, forming reproducible stable films. Such a single layer of highly oriented molecules on a substrate is formed spontaneously on immersing a solid substrate into a solution containing the desired species with an appropriate functional group.

<Source>^Jiang 2010^:75

<Context>The main driving forces to self-assemble SAMs are the strong ^chemical bond^ of the building units with the solid substrates and the intermolecular forces between the building units. Sequential interplay between these interactions determines the process, structure, and properties of SAMs.

The ^self-assembly^ process can occur mainly at solid surfaces, from both liquid and gas phases. An exception is the SAMs that are formed on liquid-state metals at room temperature, such as mercury.

<Source>cf.^Lee 2008^:252

<Concept field>physics

<Related words>^molecule^, ^self-assembly^, ^intermolecular interaction^, ^chemical bond^, functional group

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“SAM” is conceptually equivalent to “SAM”.

<en>self-assembled monolayer

<Morphosyntax>noun group

<Category>full form

<Usage label>common

<Source>^Lee 2008^:252

<Variant of>SAM

<zh>SAM

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>loan word

<Source>^张，刘，冯 2002^:2

<Lexica>按^鲍里先科，奥西奇尼 2010^。

<Variant of>self-assembled monolayer

<Definition>通过一个活性的表面活性物质在固体表面吸附（adsorption）而形成的有序分子组装。它产生于一个^自组装^过程（self-assembling process）。

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:283

<Context>自组装单层膜（self-assembled monolayers, SAM）法：是指靠^化学键^合在基片表面的具有不同结构特点的有序分子膜，将基片浸入无机物质的过饱和溶液中，无机物在有机单分子膜的诱导下发生异相成核、取向生长。它广泛应用于金属和氧化物表面。

<Source>^张，刘，冯 2002^:2

<Concept field>物理学

<Related words>^分子^， ^自组装^， 表面， ^化学键^

<Type of relation>general

<zh>自组装单层膜

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Source>^鲍里先科，奥西奇尼 2010^:283

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanolithography

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Source>^Di Ventra, Evoy, Heflin 2004^:7

<Grammar>The word *nanolithography* combines the SI prefix *nano-* with the word *lithography*.

<Definition>Technique which consists of three major parts: a tool, a proper resist, and a pattern transfer process. A specific ^nanostructure^ pattern is carried by an illuminating source and beamed onto a resist layer that is sensitive to the particular source. The pattern in the resist is then transferred onto an underlying substrate. Nanolithography differs from optical lithography in exposing sources, masks, and resists.

<Source>^Wang, Liu, Zhang 2003^:279

<Context 1>Nanolithography refers to the ability to define patterns on surfaces at ever-decreasing length scales. Such capabilities are central to an enormous range of research fields

and emerging technologies, ranging from ^microelectronics^ to nanomechanical systems to biomedical applications. As such, nanolithography is a keystone of ^nanotechnology^ revolution.

<Source>^Di Ventra, Evoy, Heflin 2004^:7

<Context 2>Nanomanipulation is intimately related to nanolithography. This is an enabling tool for assembly and manipulation of nanosized objects like ^nanoparticle^s, ^nanotube^s and nanowires.

In the last five years the field of nanolithography has grown extensively and found innovative applications in the area of ^nanofabrication^. The field of nanolithography starts where microlithography stops.

<Source>^Rao, Müller, Cheetham 2004^:688

<Concept field>^nanofabrication^ techniques

<Related words>electron beam lithography, dip pen nanolithography, EUV lithography, vacuum-UV lithography, ion beam lithography, atomic beam lithography, AFM nanolithography, STM nanolithography, thermomechanical nanotechnology

<Type of relation>sub.

<Related words>resist, mask, ^nanometre scale^, ^nanostructure^

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Nanolithography” is conceptually equivalent to “纳米光刻”.

<en>nanolithography technique

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^Wang, Liu, Zhang 2003^:279

<en>nanolithography technology

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^Di Ventra, Evoy, Heflin 2004^:7

<zh>纳米光刻

<Morphosyntax>noun

<Usage label>main term

<Origin>hybrid loan translation

<Source>^朱, 张, 陈, 柏, 张, 王, 郭, 竇 2006^:186

<Lexica>按^鲍里先科, 奥西奇尼^。

<Definition>^纳米结构^制作的常用方法, 它包括波前工程、电子束光刻、离子束光刻、X 射线光刻、原子光刻、干涉光刻、极紫外光刻等。

<Source>^朱, 张, 陈, 柏, 张, 王, 郭, 竇 2006^:186

<Context>纳米光刻技术有望实现纳米量级的图形制作, 但各种技术可实现的分辨率极限有所不同。50 nm 以上分辨率可用 193 nm 光刻结合波前工程和干涉光刻实现, 约 50 nm 的分辨率可用极紫外光刻。而电子束光刻、离子束光刻、X 射线光刻、原子光刻可望实现几个纳米的分辨率。但这些技术的完善还有特于光学系统、抗蚀剂、精密控制等相关技术的成熟。近年来, 大规模集成电路和纳米器件快速发展, 光学光刻的分辨率已经满足不了需要。由于电子束的分辨率可达几个纳米量级, 在研制集成电路和纳米器件过程中, 电子束光刻是最有效的方法之一。电子束曝光技术发展一个新方向是采用扫描隧道显微镜作为曝光手段, 以实现原子级分辨率。然而这方面的研究还处于初级阶段, 真正实现能够适用于纳米加工的电子束曝光技术还存在效率低、成本高的问题, 目前一个主要的研究方向是采用平行直写陈列方式来成倍提高写速度, 基于微机械技术的扫描探针显微镜光刻技术 (μ -SPM) 的最小线宽可小于 30 nm, 并且可使写速度变得非常快。可是, 成本高仍然是存在的问题。

<Source>^朱, 张, 陈, 柏, 张, 王, 郭, 竇 2006^:186

<Concept field>纳米材料制备方法

<Related words>波前工程, 电子束光刻, 离子束光刻, X 射线光刻, 原子光刻, 干涉光刻, 极紫外光刻, 扫描探针显微镜加工, ^扫描隧道显微镜^, ^原子力显微镜^

<Type of relation>sub.

<Related words>^纳米结构^, ^纳米尺度^, 阻剂, 掩模

<Type of relation>general

<zh>纳米光刻技术

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^朱, 张, 陈, 柏, 张, 王, 郭, 竒 2006^:186

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>mesoporous material

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>main term

<Standardisation>IUPAC

<Source>^Ruiz-Hitzky, Ariga, Lvov 2008^:209

<Definition>Porous material with pore size range of 2-50 nm.

<Source>^Manara 2012^

<Context 1>According to the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), porous materials can be classified into three major categories based on the diameters of their pores, that is, microporous, mesoporous, and macroporous materials with pore diameters of <2, 2-50, >50 nm, respectively.

<Source>^Ruiz-Hitzky, Ariga, Lvov 2008^:209

<Context 2>Ordered mesoporous materials with uniform nanosized pore structures are expected to be applied in a wide range of fields as ^catalyst^s, adsorbents, and in electronic devices. Originally the framework of mesoporous materials was composed of silica (SiO₂) or silica-alumina (SiO₂- Al₂O₃), but the compositions of the framework have now been extended to include metalo-silicate (SiO₂-MO_{n/2}), transition metal oxides (MO_{n/2}), sulfides, phosphates, metals, carbon, and organic materials. These frameworks themselves can provide a variety of functions, and expanded the range of application for mesoporous materials.

<Source>^Hosokawa, Nogi, Naito, Yokoyama 2012^:262

<Concept field>^nanomaterial^s

<Related words>mesoporous silica material, zeolite, sol-gel derived porous monolith, organic mesoporous material, inorganic mesoporous material

<Type of relation>sub.

<Related words>porous material

<Type of relation>super.

<Equivalence en-zh>“Mesoporous material” is conceptually equivalent to “介孔材料”.

<en>nanoporous material

<Morphosyntax>noun group

<Usage label>common

<Synonymy> (~)

<Source>^Lee 2008^:192

<zh>介孔材料

<Morphosyntax>noun group

<Origin>loan translation

<Standardisation>IUPAC

<Source>^林 2010^:233

<Definition>一种孔径介于微孔与大孔之间的具有巨大表面积和三维孔道结构的新型材料，介孔材料具有其他多孔材料所不具有的优异特性。

<Source>^林 2010^:233

<Context>通常介孔材料孔径分布窄、介孔形状多样、孔径尺寸在较宽范围（2~50nm）可调、孔壁组成和性质可调控，具有较大的比表面积和控道体积，孔道结构有序度高；此外还可通过优化合成条件得到高热稳定性和水热稳定性。因此，在^催化^、吸附、分离及光、电、磁等许多领域有着广泛应用。

按照孔的有序程度，介孔材料可以分为无序介孔材料和有序介孔材料。无序介孔材料中的孔形形状复杂、不规则并且互为连通，孔形常用墨水瓶形状来近似描述，细颈处相当于孔间通道。

有序介孔材料是以表面活性剂形成的超分子结构为模板，利用溶胶-凝胶工艺，通过有机物-无机物界面间的定向作用，组装成孔径在 2~30 nm 之间孔径分布窄且有规则孔道结构的无机多孔材料，包括 MCM-41（六方相）、MCM-48（立方相）和 MCM-50（层状机构）。

<Source>cf.^林 2010^:233

<Concept field>^纳米材料^

<Related words>有序介孔材料，无有序介孔材料，硅系介孔材料，非硅系介孔材料

<Type of relation>sub.

<Related words>多孔材料

<Type of relation>super.

**

<Subject>technology/tecnica e tecnologia

<Subfield>nanotechnology/nanotecnologia

<en>nanorod

<Morphosyntax>noun

<Source>^Klabunde, Richards 2009^:156

<Grammar>The word *nanorod* combines the SI prefix *nano-* with the word *rod*.

<Phraseology>nanorod array

<Definition>A particle with ^nanoscale^ dimension in which the length of the particle can vary from 10 nm up to a few micrometers but the width is of the order of nanometers (10 to 100 nm).

<Source>^Klabunde, Richards 2009^:156

<Context 1>Aspect ratio is an important parameter for nanorods and it is defined as the ratio of length to width. In general, nanorods possess aspect ratio less than 10 while nanowires possess aspect ratio greater than 10, although this definition is not strictly followed in many cases.

<Source>^Klabunde, Richards 2009^:156

<Context 2>The synthesis of nanorods can be classified into two major types: physical methods and chemical methods. The physical methods involve a ^“top-down” approach^ and include sputtering, pulsed laser deposition, laser ablation, thermal evaporation, high energy ball milling, arc method, ^nanolithography^, and ion-beam implantation. These methods require expensive apparatus. The chemical methods involve a ^“bottom-up” approach^. Chemical methods provide better control to synthesize nanorods with required aspect ratio and uniform size distribution.

<Source>^Klabunde, Richards 2009^:158

<Related words>organic nanorod, inorganic nanorod, metal nanorod, metal-oxide nanorod, alloy nanorod, metal-sulphide nanorod, metal-nitride nanorod

<Type of relation>sub.

<Related words>^nanoparticle^

<Type of relation>super.

<Related words>^nanotube^, nanowire

<Type of relation>coord.

<Related words>^bottom-up approach^, ^top-down approach^, spontaneous growth, template synthesis, electrospinning, lithography

<Type of relation>general

<Equivalence en-zh>“Nanorod” is conceptually equivalent to “纳米棒”.

<zh>纳米棒

<Morphosyntax>noun

<Origin>hybrid loan word

<Source>^林 2010^:146

<Definition>长度较短、纵向形态较直的一维圆柱状（或其横截面呈多角状）实心^纳米材料^。

<Source>^林 2010^:146

<Context 1>目前对于纳米棒和纳米线的定义和区分比较模糊。

<Source>^林 2010^:146

<Context 2>一维纳米材料可以根据其空心或实心以及形貌不同，分为以下几类：^纳米管^、纳米棒或纳米线、纳米带以及纳米同轴电缆等。

<Source>^林 2010^:145

<Context 3>纳米线、纳米棒、纳米带、纳米管等一维纳米结构，由于其在介观物理学和纳米器件造中的特殊应用而得到人们的很大关注。通过一维^纳米结构^材料可以更好地观测到其电热传导性能和机械性能对维数和尺寸缩减率（量子尺寸效应）的依赖性。一维纳米材料还可被应用于制造纳米级别的电学、光电学、电化学、机电学方面的仪器。

<Source>^林 2010^:146

<Concept field>^纳米结构^

<Related words>金属纳米棒，金纳米棒，金属氧化物纳米棒

<Type of relation>sub.

<Related words>^纳米微粒^

<Type of relation>super.

<Related words>^纳米管^，纳米线

<Type of relation>coord.

<Related words>^从上至下方式^，^从下至上方式^，气相法，液相法，模板法

<Type of relation>general

3.2 Le schede bibliografiche

<Source>Zumdahl, Zumdahl 2010

<Reference>ZUMDAHL, Steven S., ZUMDAHL, Susan A., *Chemistry*, Belmont, CA, Brooks Cole, 2010.

**

<Source>Moore, Stanitski, Jurs 2008

<Reference>MOORE, John W., STANITSKI, Conrad L., JURIS, Peter C., *Chemistry: the molecular science*, Belmont, CA, Brooks Cole, 2008.

**

<Source>Stoker 2012

<Reference>STOKER, Stephen H., *General, Organic, and Biological Chemistry*, Belmont, CA, Brooks Cole, 2012.

**

<Source>Zanichelli 1980

<Reference>ZANICHELLI, N. (ed.), *McGraw-Hill Zanichelli Dizionario enciclopedico scientifico e tecnico*, Bologna, Zanichelli, 1980.

**

<Source>Bettelheim, Brown, Campbell 2010

<Reference>BETTELHEIM, Frederick A., BROWN, William H., CAMPBELL, Mary K., *Introduction to general, organic, and biochemistry*, Belmont, CA, Brooks Cole, 2010.

**

<Source>Pauling 1960

<Reference>PAULING, Linus, *The nature of chemical bonds*, New York, Cornell University, 1960 (I ed. 1939).

**

<Source>Masuda, Higashitani, Yoshida 2007

<Reference>MASUDA, Hiroaki (ed.), HIGASHITANI, Ko (ed.), YOSHIDA, Hideto (ed.), *Powder Technology: Fundamentals of Particles, Powder beds, and Particle Generation*, Boca Raton, FL, Taylor & Francis Group, 2007.

**

<Source>Cao, Wang 2011

<Reference>CAO, Guozhong, WANG, Ying, *Nanostructures and Nanomaterials – Synthesis, Properties, and Application*, Singapore, World Scientific, 2011.

**

<Source>Senese, Brady 2009

<Reference>SENESE, Frederick, BRADY, James E., *Chemistry: Matter and its changes*, Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 2009.

**

<Source>Kotz, Treichel, Townsend 2010

<Reference>KOTZ, John C., TREICHEL, Paul M., TOWNSEND, John R., *Chemistry & chemical reactivity*, Belmont, CA, Brooks Cole, 2010.

**

<Source>Gedde 1999

<Reference>GEDDE, Ulf W., *Polymer Physics*, Dordrecht, Kluwer Academy Publishers, 1999 (1 ed. 1995).

**

<Source>Callister, Rethwisch 2008

<Reference>CALLISTER, William D., RETHWISCH, David G., *Fundamentals of Materials Science and Engineering: An Integrated Approach*, Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 2008.

**

<Source>Steed, Atwood 2009

<Reference>STEED, Jonathan W., ATWOOD, Jerry L., *Supramolecular Chemistry*, Chichester, U.K., John Wiley & Sons, 2009.

**

<Source>Lee 2008

<Reference>LEE, Yoon S., *Self-Assembly and Nanotechnology: A Force Balance Approach*, Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 2008.

**

<Source>Tegetmeier 1863

<Reference>TEGETMEIER, W.B., "Allotropy", *Intellectual Observer. A review of Natural History, Microscopic Research, and Recreative Science*, 4, 1863, pp. 28-30.

**

<Source>Allen, Cowling 2011

<Reference>ALLEN, Terence, COWLING, Graham, *The cell: A Very Short Introduction*, Oxford, OUP Oxford, 2011.

**

<Source>Schmid 2008

<Reference>SCHMID, Günter (ed.), *Nanotechnology. Volume 1: Principles and Fundamentals*, Weinheim, Wiley-VCH, 2008.

**

<Source>Royal Commission on Environmental Pollution 2008

<Reference>Great Britain. Royal Commission on environmental pollution, *Novel materials in the environment: the case of nanotechnology*, London, Stationery Office, 2008.

**

<Source>Schwierz, Wong, Liou 2010

<Reference>SCHWIERZ, Frank, WONG, Hei, LIOU, Juin, *Nanometer CMOS*, Singapore, Pan Stanford Publishing, 2010.

**

<Source>Solomon, Berg, Martin 2005

<Reference>SOLOMON, Eldra Pearl, BERG, Linda R., MARTIN, Diana W., *Biology*, Belmont, CA, Brooks Cole, 2005.

**

<Source>Ratner, Ratner 2003

<Reference>RATNER, Mark A., RATNER, Daniel, *Nanotechnology: a gentle introduction to the next big idea*, Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall, 2003.

**

<Source>Kuno 2012

<Reference>KUNO, Masaru, *Introductory Nanoscience: Physical and Chemical Concepts*, New York, Garland Science, 2012.

**

<Source>Edelstein, Cammarata 1998

<Reference>EDELSTEIN, A. S., CAMMARATA, R.C., *Nanomaterials: synthesis, properties, and applications*, Bristol, Philadelphia, Institute of Physics Pub., 1998.

**

<Source>Vollath 2008

<Reference>VOLLATH, D., *Nanomaterials: an introduction to synthesis, properties and applications*, Weinheim, Wiley-VCH, 2008.

**

<Source> Köhler, Fritzsche 2007

<Reference>KÖHLER, M., FRITZSCHE, W., *Nanotechnology – An introduction to nanostructuring techniques*, Weinheim, Wiley-VCH, 2007.

**

<Source>Rao, Müller, Cheetham 2004

<Reference>RAO, C. N. R. (ed.), MÜLLER, A. (ed.), CHEETHAM, A. K. (ed.), *The chemistry of nanomaterials – Synthesis, Properties and Applications (Vol. 1)*, Weinheim, Wiley-VCH, 2004.

**

<Source>Lamberti 2008

<Reference>LAMBERTI, Carlo (ed.), *Characterization of semiconductor heterostructures and nanostructures*, Amsterdam, Elsevier, 2008.

**

<Source>Bhushan 2007

<Reference>BHUSHAN, Bharat (ed.), *Springer Handbook of Nanotechnology*, New York, Springer, 2007 (I ed. 2004).

**

<Source>Cotton 1999

<Reference>COTTON, Albert F., *Advanced inorganic chemistry*, New York, Wiley, 1999.

**

<Source>Reich, Thomsen, Maultzsch 2004

<Reference>REICH, S., THOMSEN, C., MAULTZSCH, J., *Carbon nanotubes*, Weinheim, Wiley-VCH, 2004.

**

<Source>Rouquerol, Rouquerol, Sing 1999

<Reference>ROUQUEROL, F., ROUQUEROL, J., SING, K., *Adsorption by powders & porous solids*, London, Academic Press, 1999.

**

<Source>Priami 2008

<Reference>PRIAMI, Corrado, *Transactions on Computational Systems Biology X*, Berlin Heidelberg, Springer, 2008.

**

<Source>Pradeep 2007

<Reference>PRADEEP, T., *Nano: The essentials – Understanding Nanoscience and Nanotechnology*, New Delhi, Tata McGraw-Hill, 2007.

**

<Source> Wang, Liu, Zhang 2003

<Reference> WANG, Zhong Lin, LIU, Yi, ZHANG, Ze (eds.), *Handbook of nanophase and nanostructured materials: Synthesis*, Boston, Kluwer Academic Publisher, 2003.

**

<Source>Levinshteĭn, Simin 1998

<Reference>LEVINSHTEĬN, M. E., SIMIN, G. S., *Transistors: from crystals to integrated circuits*, Singapore, World Scientific, 1998.

**

<Source>Doi, Marinescu, Kurokawa 2012

<Reference>DOI, Toshiro K., MARINESCU, Ioan D., KUROKAWA, Syuhei, *Advances in CMP polishing technologies for the manufacture of electronic devices*, Oxford, Elsevier, 2012.

**

<Source>O'Shea 2004

<Reference>O'SHEA, Donald C., *Diffraction optics: design, fabrication, and test*, Bellingham, Washington, SPIE Press, 2004.

**

<Source>Licari, Enlow 1988

<Reference>LICARI, James J., ENLOW, Leonard R., *Hybrid microcircuit technology handbook: materials, processes, design, testing, and production*, Park Ridge, N.J., Noyes Publications, 1988.

**

<Source>Xu, Arce 2010

<Reference>XU, Ma, ARCE, Gonzalo R., *Computational lithography*, Hoboken, N.J., Wiley, 2010.

**

<Source>Seel 2012

<Reference>SEEL, Peter Benjamin, *Digital universe: the global telecommunication revolution*, Chichester, Wiley-Blackwell, 2012.

**

<Source>Yadav 2008

<Reference>YADAV, Abhishek, *Microprocessor 8085, 8086*, New Delhi, India, University Science Press, 2008.

**

<Source>Godse 2009

<Reference>GODSE, A. P., GODSE, D. A., *Microprocessor*, Pune, India, Technical Publications, 2009.

**

<Source>Srinath 2005

<Reference>SRINATH, N. K., *8085 microprocessor programming and interfacing*, New Delhi, India, Prentice Hall, 2005.

**

<Source>Rothenberg 2008

<Reference>ROTHENBERG, Gadi, *Catalysis: concepts and green applications*, Weinheim, Wiley-VCH, 2008.

**

<Source>Jain 2008

<Reference>JAIN, Kewal K., *Drug delivery system*, Totowa, N.J., Humana Press, 2008.

**

<Source>Pelesko 2007

<Reference>PELESKO, John A., *Self-assembly: The science of things that put themselves together*, Boca Raton, Taylor & Francis Group, 2007.

**

<Source> Krasnogor, Gustafson, Pelta, Verdegay 2008

<Reference>KRASNOGOR, Natalio (ed.), GUSTAFSON, Steve (ed.), PELTA, David A. (ed.), VERDEGAY, Jose L. (ed.), *Systems Self-assembly: Multidisciplinary Snapshots*, Oxford, U.K., Elsevier, 2008.

**

<Source>Bar-Cohen 2006

<Reference>BAR-COHEN, Joseph, *Biomimetics: Biologically inspired technologies*, Boca Raton, FL, Taylor & Francis Group, 2006.

**

<Source>Wallace, Moulton, Higgins, Kapsa 2012

<Reference>WALLACE, Gordon G., MOULTON, Simon E., HIGGINS, Michael, KAPSA, Robert M. I., *Organic Bionics*, Weinheim, Wiley-VCH, 2012.

**

<Source>Matthews, Rawlings 1999

<Reference>MATTHEWS, F. L., RAWLINGS, R. D., *Composite materials: Engineering and science*, Boca Raton, FL, CRC Press, 1999.

**

<Source>Goldstein, Mowry 2004

<Reference>GOLDSTEIN, Seth C., MOWRY, Todd C., “Claytronics: an instance of programmable matter”, in Wild and Crazy Ideas Session of ASPLOS, Computer science Department, Paper 769, 2004.

**

<Source>Hornback 1998

<Reference>HORNBACK, Joseph M., *Organic chemistry*, Pacific Groove, CA, Brooks Cole, 1998.

**

<Source>Zettili 2009

<Reference>ZETTILI, Nouredine, *Quantum mechanics: Concepts and Application*, Chichester, U.K., John Wiley & Sons, 2009.

**

<Source>Silfvast 2004

<Reference>SILFVAST, William Thomas, *Laser fundamentals*, Cambridge, Cambridge University Press, 2004.

**

<Source>Hecht 1992

<Reference>HECHT, Jeff, *The laser guidebook*, New York, McGraw-Hill, 1992.

**

<Source>Vanderah 1992

<Reference>VANDERAH, Terrell J., *Chemistry of semiconductor materials: preparation, chemistry, characterization, and theory*, Park Ridge, N.J., Noyes Publication, 1992.

**

<Source>Mitin, Kochelap, Stroscio 1999

<Reference>MITIN Vladimir V., KOCHELAP Viatcheslav A., STROSCIO Michael A., *Quantum Heterostructures: Microelectronics and Optoelectronics*, Cambridge, U.K., Cambridge University Press, 1999.

**

<Source>Fischer-Cripps 2011

<Reference>FISCHER-CRIPPS, Anthony C., *Nanoindentation*, New York, Springer, 2011.

**

<Source>Oyen 2011

<Reference>OYEN, Michelle L., *Handbook of nanoindentation with biological application*, Singapore, Pan Stanford, 2011.

**

<Source>Cui, Smith, Liu 2010

<Reference>CUI, Tie Jun, SMITH, David R., LIU, Ruopeng, *Metamaterials: theory, design, and applications*, New York, Springer, 2010.

**

<Source>Eleftheriades, Balmain 2005

<Reference>ELEFThERIADES, George V., BALMAIN, Keith G., *Negative-refraction metamaterials: fundamental principles and applications*, Hoboken, N.J., Wiley-Interscience, 2005.

**

<Source> Ostrikov, Xu 2007

<Reference>OSTRIKOV, K., XU, Shuyan, *Plasma-aided nanofabrication: from plasma sources to nanoassembly*, Weinheim, Wiley-VCH, 2007.

**

<Source>Balian 1991

<Reference>BALIAN, Roger, *From microphysics to macrophysics: methods and applications of statistical physics – Volume II*, Berlin, Springer-Verlag, 1991.

**

<Source>Noyce 1977

<Reference>NOYCE, Robert N., “Microelectronics”, *Scientific American*, 237, 3, 1977, pp. 62-69.

**

<Source>Sendhoff, Körner, Sporns, Ritter, Doya 2009

<Reference>SENDHOFF, Bernhard, KÖRNER, Edgar, SPORNS, Olaf, RITTER, Helge, DOYA, Kenji (eds.), *Creating Brain-Like Intelligence: from basic principles to complex intelligent systems*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2009.

**

<Source>Mainzer 2004

<Reference>MAINZER, Klaus, *Thinking in complexity: the computational dynamics of matter, mind and mankind*, Berlin, Springer-Verlag, 2004.

**

<Source>Tetsuya 2008

<Reference>TETSUYA, Tateishi, *Biomaterials in Asia: in commemoration of the 1st Asian Biomaterial Congress*, Singapore, World Scientific, 2008.

**

<Source>Shen 2006

<Reference>SHEN, Jia-cong, “Nanobiomaterials”, *Acta Academie Medicinae Sinicae*, 28, 4, 2006, pp. 472-474.

**

<Source>Arben 2007

<Reference>ARBEN, Merkoçi, “Nanobiomaterial in electroanalysis”, *Electroanalysis*, 19, 7-8, 2007, pp. 739-741.

**

<Source>Liu, Fullerton, Gutfleisch, Sellmyer 2009

<Reference>LIU, Ping J., FULLERTON, Eric, GUTFLEISCH, Oliver, SELLMYER, David J. (Eds.), *Nanoscale magnetic materials and applications*, Boston, Springer Science, 2009.

**

<Source>Ozin, Arsenault, Cademartiri 2009

<Reference>OZIN, Geoffrey A., ARSENAULT, André, CADEMARTIRI, Ludovico, *Nanochemistry: A Chemical Approach to Nanomaterials*, Cambridge, The Royal Society of Chemistry, 2009.

**

<Source>Binns 2010

<Reference>BINNS, Chris, *Introduction to nanoscience and nanotechnology*, Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 2010.

**

<Source>Bhushan 1999

<Reference>BHUSHAN, Bharat, *Handbook of micro/nanotribology*, Boca Raton, FL, CRC Press, 1999.

**

<Source>Bhushan, Israelachvili, Landman 1995

<Reference>BHUSHAN, Bharat, ISRAELACHVILI, Jacob N., LANDMAN, Uzi, “Nanotribology: friction, wear and lubrication at the atomic scale”, *Nature*, 374, 6523, 1995, pp. 607-616.

**

<Source>Mittal 2010

<Reference>MITTAL, Vikas, *Polymer Nanotube Nanocomposites: Synthesis, Properties, and applications*, Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 2010.

**

<Source>Fisher, Selin, Wetmore 2008

<Reference>FISHER, Erik, SELIN, Cynthia, WETMORE, Jameson M. (eds.), *The yearbook of nanotechnology in society: presenting futures*, Dordrecht, Springer, 2008.

**

<Source>Prasad 2008

<Reference>PRASAD, S. K., *Modern concepts in nanotechnology*, New Delhi, Discovery Publishing House, 2008.

**

<Source>Mansoori 2005

<Reference>MANSOORI, Ali G., *Principles of Nanotechnology: Molecular – Based Study of Condensed Matter in Small Systems*, Singapore, World Scientific, 2005.

**

<Source>Wejnert 2004

<Reference>WEJNERT, Jason, “Regulatory Mechanisms for Molecular Nanotechnology”, *Jurimetrics journal*, 44, 3, 2004, pp. 323,350.

**

<Source>Peterson 2004

<Reference>PETERSON, C. L., “Nanotechnology: from Feynman to the grand challenge of molecular manufacturing”, *Technology and Society Magazine*, 23, 4, pp. 9-15.

**

<Source>Sanghi, Singh 2012

<Reference>SANGHI, Rashmi, SINGH, Vandana, *Green chemistry for environmental remediation*, Salem, Massachusetts, Scrivener Publishing, 2012.

**

<Source>Ruiz-Hitzky, Ariga, Lvov 2008

<Reference>RUIZ-HITZKY, Eduardo, ARIGA, Katsuhiko, LVOV, Yuri, *Bio-inorganic hybrid nanomaterials: strategies, synthesis, characterisation and applications*, Weinheim, Wiley-VCH, 2008.

**

<Source>Hosokawa, Nogi, Naito, Yokoyama 2012

<Reference>HOSOKAWA, Masuo, NOGI, Kiyoshi, NAITO, Makio, YOKOYAMA, Toyokazu, *Nanoparticle technology handbook*, Oxford, Elsevier, 2012.

**

<Source>Chee, Jain, Dehuri 2009

<Reference>CHEE, Peng Lim, JAIN, L. C., DEHURI, Satchidananda, *Innovation in swarm intelligence*, Belin, Springer-Verlag, 2009.

**

<Source>Hamdi, Ferreira 2011

<Reference>HAMDI, Mustapha, FERREIRA, Antoine, *Design, modeling and characterization of bio-nanorobotic systems*, Dordrecht, Springer Science, 2011.

**

<Source>Schulz, Shanov, Yun 2009

<Reference>SCHULZ, Mark J., SHANOV, Vesselin N., YUN, Yeoheung, *Nanomedicine design of particles, sensors, motors, implants, robots, and devices*, Boston, Artech House, 2009.

**

<Source>Gray, Caldwell 1996

<Reference>GRAY, J. O., CALDWELL, D. G., *Advanced robotics & intelligent machines*, London, Institution of Electrical Engineers, 1996.

**

<Source>Schaefer 2010

<Reference>SCHAEFER, Hans-Eckhardt, *Nanoscience: the science of the small physics, engineering, chemistry, biology and medicine*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2010.

**

<Source>Fahrner 2005

<Reference>FAHRNER, Wolfgang R., *Nanotechnology and nanoelectronics: materials, devices, measurement techniques*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2005.

**

<Source>Hoekstra 2010

<Reference>HOEKSTRA, Jaap, *Introduction to nanoelectronic single-electron circuit design*, Singapore, Pan Stanford, 2010.

**

<Source>Varadan, Chen, Xie 2008

<Reference>VARADAN, Vijay K., CHEN, Linfeng, XIE, Jining, *Nanomedicine: design and applications of magnetic nanomaterials, nanosensors, and nanosystems*, Chichester, John Wiley & Sons, 2008.

**

<Source>Jain 2008

<Reference>JAIN, Kewal K., *The handbook of nanomedicine*, Totowa, N.J., Humana Press, 2008.

**

<Source>Jiang 2010

<Reference>JIANG, Jianzhuang, *Functional Phthalocyanine molecular materials*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2010.

**

<Source>Di Ventra, Evoy, Heflin 2004

<Reference>DI VENTRA, Massimiliano, EVOY, Stephane, HEFLIN, James R., *Introduction to nanoscale science and technology*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 2004.

**

<Source>Klabunde, Richards 2009

<Reference>KLABUNDE, Kenneth J., RICHARDS, Ryan, *Nanoscale materials in chemistry*, Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 2009.

**

<Source>Scragg 2011

<Reference>SCRAGG, Jonathan J., *Copper zinc tin sulphide thin film for photovoltaics: synthesis and characterization by electrochemical methods*, Heidelberg, Springer-Verlag, 2011.

**

<Source>Ross 2005

<Reference>ROSS, Richard J., *Microelectronics failure analysis*, Materials Park, Ohio, ASM International, 2005.

**

<Source>Gupta, Ballato 2007

<Reference>GUPTA, M. C., BALLATO, John, *The handbook of photonics*, Boca Raton, CRC Press, 2007.

**

<Source>潘，张 2005

<Reference>PAN Yafen 潘亚芬, ZHANG Yongshi 张永士, *Jichu huaxue* 基础化学, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2005.

**

<Source>中国大百科全书 1984

<Reference>Zhongguo dabaike quanshu weiyuanhui 中国大百科全书委员会, Beijing, Shanghai, Zhongguo dabaike quanshu chubanshe, 1984.

**

<Source>辞海 1999

<Reference>Cihai bianji weiyuanhui 辞海编辑委员会, Cihai 辞海, Shanghai, Shanghai cishu chubanshe, 1999.

**

<Source>鲍里先科, 奥西奇尼 2010

<Reference>BORISENKO Victor E. V.E. 鲍里先科, OSSICINI Stefano S. 奥西奇尼, *Renzhi nami shijie – nami kexue jishu shouce* 认知纳米世界—纳米科学技术手册 [*What is What in the Nanoworld. A Handbook on Nanoscience and Nanotechnology*], trad. di Li Bin 李斌, Beijing, Kexue chubanshe, 2010.

**

<Source>韦 2003

<Reference>WEI Dan 韦丹, *Guti wuli* 固体物理, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2003.

**

<Source>王, 杨 1997

<Reference>WANG Qinzhu 王芹珠, YANG Zengjia 杨增家, *Youji huaxue* 有机化学, Qinghua daxue chubanshe, 1997.

**

<Source>中华人民共和国教育部编 2004

<Reference>Zhonghua renmin gongheguo jiaoyubu bian 中华人民共和国教育部编, *gaodeng xuexiao zhong changqi kexue he jishu fazhan guihua, 2006-2020* 高等学校中长期科学和技术发展规划, 2006-2020, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2004.

**

<Source>吴, 蒋, 王 2004

<Reference>WU Tong 吴彤, JIANG Jingsong 蒋劲松, WANG Wei 王巍, *Kexue jishu de zhaxue fansi* 科学技术的哲学反思, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2004.

**

<Source>郑, 陈, 张 2001

<Reference>ZHENG Li 郑力, CHEN Ken 陈恳, ZHANG Bopeng 张伯鹏, *Zhizao xitong* 制造系统, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2001.

**

<Source>朱 1995

<Reference>ZHU Wentao 朱文涛, *Wuli huaxue* 物理化学, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 1995.

**

<Source>韦, 张, 先 2006

<Reference>WEI Jinquan 韦进全, ZHANG Xianfeng 张先锋, WANG Kunlin 王昆林, *Tan namiguan hongguanti* 碳纳米管宏观体, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2006.

**

<Source>崔, 冯 1996

<Reference>CUI Fuzhai 崔福斋, FENG Qingling 冯庆玲, *Shengwu cailiaoxue* 生物材料学, Beijing, Kexue chubanshe, 1996.

**

<Source>章 2005

<Reference>ZHANG Jingbo 章静波, *Xibao shengwuxue: fuxi gangyao yu tijie* 细胞生物学: 复习纲要与题解, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2005.

**

<Source>王, 叶, 涂 2005

<Reference>WANG Yaofa 王耀发, YE Xiyun 叶希韵, TU Qian 涂靖, *Xibao: shengming huodong de yaolan* 细胞: 生命活动的摇篮, Shanghai, Shaonian ertong chubanshe, 2006.

**

<Source>向 1999

<Reference>XIANG Yihe 向义和, *Daxue wuli daolun. Shangce* 大学物理导论。上册, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 1999.

**

<Source>朱 2003

<Reference>ZHU Jing 朱静, *Nami cailiao he qijian* 纳米材料和器件, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2003.

**

<Source>林 2010

<Reference>LIN Zhidong 林志东, *Nami cailiao jichu yu yingyong* 纳米材料基础与应用, Beijing, Beijing daxue chubanshe, 2010.

**

<Source>张, 牟 2001

<Reference>ZHANG Lide 张立德, MU Limei 牟李美, *Nami cailiao he nami jiegou* 纳米材料和纳米结构, Beijing, Kexue chubanshe, 2001.

**

<Source>胡, 甘 2005

<Reference>HU Ronghua 胡榕华, GAN Zexin 甘泽新, *Gongcha peihe yu celiang* 公差配合与测量, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2005.

**

<Source>胡 2005

<Reference>HU Yadong 胡亚东, *20 shiji Zhongguo xueshu dadian* 20世纪中国学术大典, Fuzhou, Fujian jiaoyu chubanshe, 2005.

**

<Source>纳米技术手册 2005

<Reference>Nanotechnology Handbook Henshu Iinkay (ed.), *Nami jishu shouce* 纳米技术手册, trad. di Wang Mingyang 王鸣阳, Guo Chengyan 郭成言, Ge Huang 葛璜, Liu Bin 刘彬, Beijing, Kexue chubanshe, 2005.

**

<Source>倪, 姚, 沈, 周 2007

<Reference>NI Xingyuan 倪星元, YAO Lanfang 姚兰芳, SHEN Kun 沈军, ZHOU Bin 周斌, *Nami cailiao zhibei jishu* 纳米材料制备技术, Beijing, Huaxue gongye chubanshe, 2007.

**

<Source>李, 李 2004

<Reference>LI Qingxiang 李庆祥, LI Yuhe 李玉和, *Wei zhuangpei yu wei caozuo jishu* 维装配与维操作技术, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2004.

**

<Source>田 2003

<Reference>TIAN Minbo 田民波, *Gaomidu feng zhuang ji ban* 高密度封装基板, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2003.

**

<Source>吴 2005

<Reference>WU Guisheng 吴贵生, *Chuangxin yu chuangye guanli* 创新与创业管理, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2005.

**

<Source>冯 2004

<Reference>FENG Zhijing 冯之敬, *Zhizao gongcheng yu jishu yuanli* 制造工程与技术原理, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2004.

**

<Source>董 2006

<Reference>DONG Zaiwang 董在望, *Gaodeng moni jicheng dianlu* 高等模拟集成电路, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2006.

**

<Source>杨 2003

<Reference>YANG Zhilian 杨之廉, *Jicheng dianlu daolun* 集成电路导论, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2003.

**

<Source>姚, 苑 2006

<Reference>YAO Fengyun 姚凤云, YUAN Chengcun 苑成存, *Chuangzaoxue lilun yu shijian* 创造学理论与实践, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2006.

**

<Source>汪, 刘 2000

<Reference>WANG Xieqing 汪燮卿, LIU Jiying 刘剂赢, *Shiyou shu jie qiyi guo* 石油树结奇异果, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2000.

**

<Source>胡 2005

<Reference>HU Xiaohong 胡晓红, “Yaowu chandi xitong zhiji gaishu” 药物传递系统制剂概述, in *Zhongguo yaofang*, 16, 3, 2005, p. 225-227.

**

<Source>周 2011

<Reference>ZHOU Jianping 周建平, “Yaowu xin zhiji yu xin jixing yanfa qushi ji yingyong” 药物新制剂与新剂型研发趋势及应用, in *Shouyi dao kan*, 10, 2011, p. 42-43.

**

<Source>张, 阚, 张, 余 2004

<Reference>ZHANG Liwu 张立武, KAN Jianquan 阚建全, ZHANG Ruili 张锐利, YU Xiaoqin 余晓琴, “Gaixing dianfen zai xin xing yaowu chuandi xitong zhong de yunyong” 改性淀粉在新型药物传递系统中的运用, in *Shanxi yiyao zazhi*, 33, 10, 2004, p.833-835.

**

<Source>朱 2004

<Reference>ZHU Feng 朱峰, *Daxue wuli* 大学物理, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2004.

**

<Source>赵, 李 2006

<Reference>ZHAO Jian 赵建, LI Yong 李勇, *Shuzi xin hao chuli* 数字信号处理, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2006.

**

<Source>张 2000

<Reference>ZHANG Linzhi 张林芝, *Liangzi lixue* 量子力学, Beijing, Gaodeng jiaoyu chubanshe, 2000.

**

<Source>张 2009

<Reference>ZHANG Bangwei 张邦维, *Nami cailiao wuli jichu* 纳米材料物理基础, Beijing, Huaxue gongye chubanshe, 2009.

**

<Source>谢 2001

<Reference>XIE Cunyi 谢存毅, “Nami yahan jishu zai cailiao kexue zhong de yingyong” 纳米压痕技术在材料科学中的应用, in *Wuli*, 30, 7, 2001, p. 432-435.

**

<Source>李, 染, 张, 王 2003

<Reference>LI Min 李敏, RAN Naigang 染乃刚, ZHANG Taihua 张泰华, WANG Lindong 王林栋, “Nami yahan guocheng de san wei youxian yuan shuzhi shiyan yanjiu” 纳米压痕过程的三维有限元数值试验研究, in *Lixue xuebao*, 35, 3, 2003, p. 257-264.

**

<Source>李 2004

<Reference>LI Chaoyi 李朝义, “Shenjing fangshengxue” 神经仿生学, in *Kexue zhongguoren*, 4, 2004, p. 31.

**

<Source>沈 2006

<Reference>SHEN Jiacong 沈家骢, “Nami shengwu yiyong cailiao” 纳米生物医用材料, in *Zhongguo yixue kexueyuan xuebao*, 28, 4, 2006, pp. 472-474.

**

<Source>蔡, 周 2002

<Reference>CAI Yurong 蔡玉荣, ZHOU Lian 周廉, “Yongzuo shengwu cailiao de nami taoci” 用作生物材料的纳米陶瓷, in *Xinyou jinshu kuaibao*, 2, 1, 2002, pp. 1-3.

**

<Source>张, 王, 边 2003

<Reference>ZHANG Yanning 张妍宁, WANG Li 王丽, BIAN Xiufang 边秀房, “Zhongjie chidu Au nami tuancu ronghua de fenzi donglixue moni” 中介尺度 Au 纳米团簇熔化的分子动力学模拟, in *Wuli huaxue xuebao*, 19, 1, 2003, pp. 35-39.

**

<Source>温 2002

<Reference>WEN Shizhu 温诗铸, *Mocaxue yuanli 摩擦学原理*, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2002.

**

<Source>李, 恽 2003

<Reference>LI Yanrong 李言荣, YUN Zhengzhong 恽正中, *Cailiao wulixue gailun 材料物理学概论*, Taipei, Wunan tushu chubangongsi, 2003.

**

<Source>布尚 2009

<Reference>BHUSHAN Bharat 巴位特·布尚, *Shi pu cai ge – nami jishu shouce 施普林格 – 纳米技术手册 [Springer Handbook of Nanotechnology]*, Beijing, Kexue chubanshe, 2009.

**

<Source>沈 2003

<Reference>SHEN Litian 沈骊天, “Nami jishu geming de weilai zhanwang yu xianshi guanzhu” 纳米技术革命的未来展望与现实关注, in *Jishu zhaxue*, 20, 1, 2003, pp. 58-64.

**

<Source>百 2001

<Reference>BAI Chunli 百春礼, “Nami keji ji qi fazhan qianjing” 纳米科技及其发展前景, in *Zhongguo kexueyuan*, 46, 2, 2001, pp. 89-92.

**

<Source>范德摩伦 2007

<Reference>VANDERMOLEN Thomas D. 托马斯·D·范德摩伦, “Fenzi nami jishu yu guojia anquan” 分子纳米技术与国家安全, in *Kongtian lilang zazhi*, 1, 3, 2007, pp. 36-46.

**

<Source>张 2004

<Reference>ZHANG Fujuan 张富娟, “Nami cuihuaji yanjiu jinzhan” 纳米催化剂研究进展, in *Xuchang xueyuan xuebao*, 23, 5, 2004, pp. 38-42.

**

<Source>胡, 张 2001

<Reference>HU Zhijie 胡志洁, ZHANG Zhiyun 张志耘, “Nami jishu zai yiyaoxue lingyu zhong yanjiu yingyong jinzhan” 纳米技术在医药学领域中研究应用进展, in *Tinajin yaoxue*, 13, 5, 2001, pp.1-3.

**

<Source>孙, 刘, 吴, 刘 2003

<Reference>SUN Lining 孙立宁, LIU Pinkuan 刘品宽, WU Shanqiang 吴善强, LIU Tao 刘涛, “Guan nei yidong weixing jiqiren yanjiu yu fazhan xianzhuang” 管内移动微型机器人研究与发展现状, in *Guangxue jingmi gongcheng*, 11, 4, 2003, pp. 326-332.

**

<Source>汪, 尹 2002

<Reference>WANG Qunyong 汪群拥, YIN Zhanlan 尹占兰, “Zhanlutoujiao de nami jishu he nami kexue” 崭露头角的纳米技术和纳米科学, in *Shanxi shifan daxue jixu jiaoyu xuebao*, 19, 1, 2002, pp. 109-112.

**

<Source>沈, 史 2004

<Reference>SHEN Haijun 沈海军, SHI Youjin 史友进, “Nami dianzi qijian yu nami dianzi jishu” 纳米电子器件与纳米电子技术, in *Wei na dianzi jishu*, 41, 6, 2004, pp. 14-19.

**

<Source>周, 叶, 崔, 张 1998

<Reference>ZHOU Zhaoying 周兆英, YE xiongying 叶雄英, CUI Tianhong 崔天宏, ZHANG Lian 张联, “Weimi nami jishu ji weixing jidian xitong” 微米纳米技术及微型机电系统, in *Guangxue jingmi gongcheng*, 6, 1, 1998, pp. 1-7.

**

<Source>奇 2001

<Reference>QI Yun 奇云, “21 shiji de nami yixue zhanwang” 21 世纪的纳米医学展望, in *Xiandai zhenduan yu zhiliao*, 12, 3, 2001, pp. 154-155.

**

<Source>朱, 张, 陈, 柏, 张, 王, 郭, 窦 2006

<Reference>ZHU Nianlin 朱念麟, ZHANG Jin 张晋, CHEN Ergang 陈尔纲, BAI Han 柏晗, ZHANG Xi 张茜, WANG Guangcan 王光灿, GUO Junmei 郭俊梅, DOU Juying 窦菊英, “Yi zhong yong saomiao dianjing zhizuo biaomian nami jiegou de fangfa” 一种用扫描电镜制作表面纳米结构的方法, in *Bandaoti xuebao*, 27, 13, 2006, pp. 186-188.

**

<Source>张, 刘, 冯 2002

<Reference>ZHANG Lijuan 张立娟, LIU Hongguo 刘洪国, FENG Xusheng 冯绪胜, “Yuoxu fenzi mo youdao shengwu gongneng cailiao fangsheng hecheng de yanjiu jinzhan” 有序分子模诱导生物功能材料放生合成的研究进展, in *Huaxue tongbao*, 65, 7, 2002, pp. 2-8.

**

<Source>britannica.com

<Reference><http://www.britannica.com/EBchecked/topic/141012/covalent-bond>

**

<Source>britannica.com

<Reference><http://www.britannica.com/EBchecked/topic/292931/ionic-bond>

**

<Source>britannica.com

<Reference><http://www.britannica.com/EBchecked/topic/622645/van-der-Waals-forces>

**

<Source>britannica.com

<Reference><http://www.britannica.com/EBchecked/topic/388236/molecule>

**

<Source>britannica.com

<Reference><http://www.britannica.com/EBchecked/topic/468696/polymer>

**

<Source>britannica.com

<Reference><http://www.britannica.com/EBchecked/topic/101396/cell>

**

<Source>britannica.com

<Reference><http://www.britannica.com/EBchecked/topic/291305/International-System-of-Units-SI/>

**

<Source>britannica.com

<Reference><http://www.britannica.com/EBchecked/topic/380451/micrometer>

**

<Source>britannica.com

<Reference><http://www.britannica.com/EBchecked/topic/99128/catalyst>

**

<Source>britannica.com

<Reference><http://www.britannica.com/EBchecked/topic/99109/catalysis>

**

<Source>britannica.com

<Reference>http://britannica.com/EBchecked/topic/183904/electronics/34366/Optoelectronic_s#ref282904

**

<Source>nano.gov

<Reference><http://www.nano.gov/about-nni/glossary>

**

<Source>biomimicryinstitute.com

<Reference> <http://biomimicryinstitute.org/about-us/what-is-biomimicry.html>

**

<Source>zgnmjs.com

<Reference><http://www.zgmjs.com/news/10409776-3.html>

**

<Source>bioon.com

<Reference>http://www.bioon.com/trends/news/465214_11.shtml

**

<Source>bipvcn.com

<Reference><http://www.bipvcn.com/wiki/3622.html>

**

<Source>newenergy.in-en.com

<Reference><http://newenergy.in-en.com/html/newenergy-1719171955537040.html>

Capitolo 4

Commento

4.1 Il reperimento delle fonti

La fase iniziale di questo lavoro, si è basata sul processo di reperimento delle fonti specialistiche riguardanti l'ambito delle nanotecnologie. Il primo problema riscontrato nella redazione del presente database è stato la scelta delle lingue. L'idea iniziale del progetto, era quella di adottare l'italiano ed il cinese come lingue principali per la compilazione delle schede terminografiche. Secondo le istruzioni del database, è necessario che i termini selezionati per la creazione delle schede siano tratti da manuali e dizionari specialistici. Tuttavia, dopo una ricerca approfondita dei materiali, è emersa subito una prima difficoltà: i manuali specialistici sulle nanotecnologie in lingua italiana sono molto pochi, per non dire inesistenti. Nonostante le nanotecnologie abbiano conosciuto un rapido sviluppo nel panorama italiano degli ultimi anni, tale crescita si trova ancora ad un livello inferiore rispetto ad altri Paesi come USA, Germania, Francia, Giappone, e rispetto alla Cina stessa, la quale sta raggiungendo un livello di ricerca nanotech tra i più alti al mondo.¹⁴⁸ In questa prima fase di reperimento delle fonti, è emerso che la maggior parte delle pubblicazioni disponibili in lingua italiana corrisponde a testi di carattere divulgativo, non adatti alla redazione del database, per il quale invece sono stati trovati con facilità numerosi manuali in lingua inglese. È per questo motivo che, per un corretto svolgimento del lavoro, si è pensato di sostituire la lingua italiana con la lingua inglese.

La grande abbondanza di fonti in lingua inglese dipende da diversi fattori. Innanzitutto lo sviluppo delle nanotecnologie è un fenomeno di portata internazionale, e questa lingua è appunto il mezzo più immediato per veicolare le informazioni nel panorama scientifico mondiale. Inoltre, l'area anglofona è l'area dove le nanotecnologie sono nate e hanno iniziato a svilupparsi. Come accennato nel primo capitolo infatti, l'appellativo di padre delle

¹⁴⁸ Per un ulteriore approfondimento sullo sviluppo della nanoindustria in Italia, si veda Vittorio, CHIESA, Alfredo, DE MASSIS, *La nanoindustria. Analisi dei principali player italiani nelle nanotecnologie*, Roma, Aracne, 2006, p. 43.

nanotecnologie è stato attribuito a Richard Feynman, il quale, il 29 Dicembre 1959, nella sua celebre lettura intitolata “There’s a plenty of room at the bottom”, mise in luce la possibilità di manipolare la materia a livello atomico e molecolare. Egli descrisse per la prima volta le enormi potenzialità di una nuova tecnologia che avrebbe portato a profondi cambiamenti in futuro.¹⁴⁹ Il termine “nanotechnology” tuttavia, fu coniato solo nel 1974 da Torio Taniguchi, il quale propose questa definizione: “*Nano-technology mainly consists of the processing of separation, consolidation, and deformation of materials by one atom or one molecule.*”¹⁵⁰ [Ovvero, la nanotecnologia consiste principalmente nel processo di separazione, rafforzamento e deformazione di materiali a livello atomico o molecolare.].

I manuali specialistici in lingua inglese e in lingua cinese utilizzati in questo lavoro, riguardano per la maggior parte l’ambito delle nanotecnologie e delle nanoscienze, in particolare quello dei nanomateriali, delle nanostrutture, della nanoelettronica e delle tecniche di nanofabbricazione. Come abbiamo visto però, per comprendere le tecniche, i processi e i principi su cui si fondano le nanotecnologie è richiesto un approccio di tipo multidisciplinare, poiché queste tecnologie si basano su diverse discipline scientifiche come la fisica, la chimica e la scienza dei materiali. È per questa ragione che molti termini base del presente database afferiscono proprio a questi campi e, i manuali specialistici utilizzati per la compilazione delle relative schede terminografiche, riguardano appunto la chimica, la chimica organica, la fisica, la biologia, la microelettronica, ecc.

In alcuni casi, le difficoltà nel reperire testi specialistici su specifici argomenti (ad esempio su teorie e progetti ancora poco conosciuti o in fase di sperimentazione come la “claytronica”) o la scarsità delle informazioni nei testi stessi, hanno fatto emergere l’esigenza di integrare lo studio dei manuali con la consultazione di periodici specialistici di carattere tecnico-scientifico (tra i più noti lo *Scientific American*).

4.2 La redazione del database

4.2.1 Il campo <Origin>

Nel presente database, il campo <Origin> compare in quasi tutte le schede terminografiche nella parte relativa alla lingua cinese. Dal momento in cui le nanotecnologie sono nate in un

¹⁴⁹ Si veda G. Ali MANSOORI, *Principles of nanotechnology: molecular-based study of condensed matter in small systems*, Singapore, World Scientific, 2005, p. 6.

¹⁵⁰ Si veda Stefan SEPEUR, *Nanotechnology*, Hannover, Germany, Vincentz Network, 2008, p. 11.

contesto anglofono, i termini conati in questo ambito sono quasi tutti di derivazione inglese. La lingua cinese conosce diversi metodi per adottare e trascrivere nel proprio sistema di scrittura morfemico, parole di origine straniera derivanti da lingue alfabetiche. Un metodo molto antico, è quello di introdurre nuovi termini utilizzando caratteri appositamente creati per l'occasione. Parole come 橄榄 ganlan (oliva) o 葡萄 putao (uva) sono composte da unità di scrittura prive di un autonomo valore semantico, le quali non avrebbero nessun significato se fossero considerate separatamente come morfemi indipendenti o in combinazione con altri caratteri.¹⁵¹

Un altro metodo per la trascrizione di termini di origine straniera, si fonda sulla segmentazione in sillabe del termine originario e la loro reinterpretazione sulla base del sistema fonologico cinese. In questo modo quindi, grazie all'utilizzo di caratteri già esistenti nel sistema di scrittura cinese, è stato possibile coniare nuovi composti polisillabici come 咖啡 *kafei* (caffè) o 沙发 *shafa* (sofà), i quali però hanno perso, in questo contesto, la corrispondenza tra carattere, morfema, sillaba, per diventare mere unità monomorfemiche.¹⁵² Questo metodo di trascrizione fonetica è ampiamente utilizzato in Cina, in particolar modo per la trascrizione dei nomi propri. Nel presente database, compaiono diversi esempi di calchi fonetici come il termine 富勒烯 *fuleixi* (fullerene) o il prefisso 纳诺 *nanuo* (nano-). A termini di questo tipo, si è pensato di assegnare (nel campo <Origin>) l'attributo di "loan word", anche se essi non sono prestiti che compaiono nella loro forma originaria (ovvero in lingua inglese), ma sono stati trascritti nella lingua cinese come calchi fonetici. Esistono però altri casi di prestiti dall'inglese, in cui il termine è stato mantenuto anche nella sua forma alfabetica originaria. Questo è il caso di sigle e acronimi come SAM (in inglese, Self-Assembled Monolayer), AFM (in inglese, Atomic Force Microscope), STM (in inglese, Scanning Tunneling Microscope) o unità di misura come nm (nanometre) e µm (micrometre). Anche questi termini sono stati indicati nel campo <Origin> con l'attributo "loan word".

Nel sistema di scrittura cinese, un metodo molto utilizzato per la resa dei termini di origine straniera corrisponde al calco semantico. In questo caso, la trascrizione fonetica dei termini viene sostituita con una vera e propria traduzione dei concetti espressi dalle parole nella loro forma originaria. Nel presente database troviamo molti esempi di calchi semantici quali, 化学键 *huaxue jian* (chemical bond), 共价键 *gongjia jian* (covalent bond), 离子键 *lizi jian* (ionic bond), 从上至下方式 *cong shang zhi xia fangshi* (top-down approach), 从下至上

¹⁵¹ Per un ulteriore approfondimento si consulti Magda ABBIATI, *La lingua cinese*, Venezia, Libreria Editrice Cafoscarina, 1992, p. 104-106.

¹⁵² Si veda ABBIATI, *La lingua cinese*, cit., p. 105.

方式 *cong xia zhi shang fangshi* (bottom-up approach), 扫描隧道显微镜 *saomiao suidao xianweijing* (scanning tunneling microscope), 原子力显微镜 *yuanzi li xianweijing* (atomic force microscope), 自组装 *zi zuzhuang* (self-assembly), 电子黏土 *dianzi niantu* (claytronics), 药物传递系统 *yaowu chuandi xitong* (drug delivery system). Nel campo <Origin> delle schede terminografiche relative al cinese, i calchi semantici sono stati indicati con l'attributo "loan translation".

Un altro caso molto frequente, è quello della coniazione di termini di origine non cinese attraverso la combinazione di caratteri con valore semantico e caratteri che corrispondono invece alla trascrizione fonetica del termine originario.¹⁵³ Nel presente database, tali termini sono stati indicati con l'attributo "hybrid loan translation" e sono, ad esempio, 范德瓦尔斯力 *Fan de Waersi li* (Van der Waals force) e 摩尔定律 *Moer dinglü* (Moore's law). Inoltre, molti sono i termini di origine cinese preceduti dal prefisso 纳 *na*, calco semantico del prefisso *nano-*. Essi indicano che determinati materiali, strutture, particelle, manifestano, a livello nanometrico, proprietà del tutto innovative. In questo database, molti tra i concetti più significativi riguardanti l'ambito delle nanotecnologie presentano questo caso di affissazione, sia in inglese che in cinese. Alcuni esempi sono: 纳米材料 *nami cailiao* (nanomaterial), 纳米结构 *nami jiegou* (nanostructure), 纳米微粒 *nami weili* (nanoparticle), 纳米管 *nami guan* (nanotube), 纳米机器 *nami jiqi* (nanomachine), 纳米复合材料 *nami fuhe cailiao* (nanocomposite), 纳米尺度 *nami chidu* (nanoscale), 纳米生物材料 *nami shengwu cailiao* (nanobiomaterial), 纳米团簇 *nami tuancu* (nanocluster), 纳米机器人 *nami jiqiren* (nanorobot), 纳米光刻 *nami guangke* (nanolithography), 纳米制造 *nami zhizao* (nanofabrication), 纳米棒 *nami bang* (nanorod), 纳米科学 *nami kexue* (nanoscience).

4.2.2 I campi <Regional label>, <Style label> e <Phraseology>

I campi che riguardano la provenienza regionale, le considerazioni stilistiche e le collocazioni fisse in cui compaiono i termini, sono poco presenti nel database. La ragione principale è legata alla decisione di passare dalla lingua italiana alla lingua inglese. La redazione del database in lingua inglese e cinese, ha consentito di utilizzare fonti più pertinenti sull'argomento (in lingua italiana infatti i materiali specialistici sulle nanotecnologie sono molto limitati), ma, lo svantaggio principale nell'operare una scelta di questo tipo, è stato

¹⁵³ Si veda ABBIATI, *La lingua cinese*, cit., p. 106.

quello di perdere la piena comprensione di alcune sfumature linguistiche proprie di un madrelingua.

4.2.3 Il campo <Context>

Secondo le istruzioni del database, il <Context> rientra nell'insieme dei campi non obbligatori. Tuttavia, esso ha una funzione molto importante, infatti serve ad integrare una definizione, nel caso essa appaia incompleta e poco esauriente. Inoltre, esso è molto spesso uno strumento indispensabile per esemplificare l'uso di un termine, quando quest'ultimo è complesso e di difficile interpretazione.

Nel presente database il <Context> è uno dei campi maggiormente usati. Esso infatti, compare in quasi tutte le schede terminografiche. In molti casi, con l'obiettivo di fornire una più chiara interpretazione del significato di alcuni termini, si è ritenuto opportuno inserire più di un <Context> all'interno della stessa scheda. Sono frequenti i casi in cui, a seguito del campo <Definition>, compaiono <Context 1>, <Context 2>, e talvolta <Context 3>.

4.2.4 Il campo <Concept field>

Come abbiamo visto nel capitolo di introduzione al database, tutti i termini principali delle schede sono inseriti in un particolare gruppo tematico, il quale fornisce una loro specifica collocazione all'interno del glossario.

Innanzitutto, è importante sottolineare che il glossario stesso è già inserito all'interno di un macroordinamento, che permette di agevolare la sua identificazione all'interno della banca dati generale. Tale macroordinamento è descritto dai campi <Subject> e <Subfield>, i quali sono ripetuti (sia in inglese che in italiano) all'inizio di ogni scheda terminografica. Nel campo <Subject> compare la voce "technology/tecnica e tecnologia", ovvero la disciplina generale a cui appartiene il glossario, mentre il campo <Subfield> indica l'argomento stesso del glossario, che in questo caso è "nanotechnology/nanotecnologia".

Attraverso il campo <Concept field> è possibile determinare il microordinamento dei termini all'interno del database. I gruppi tematici, nei quali il glossario è stato suddiviso, toccano diversi ambiti, che vanno dalle discipline scientifiche come la chimica e la fisica ad ambiti più strettamente collegati alle nanotecnologie come i nanomateriali e le nanostrutture. È proprio il carattere multidisciplinare e multisetoriale delle nanotecnologie che ha permesso

di selezionare come termini base del database, concetti che appartengono a campi di studio molto diversi tra loro.

I gruppi tematici individuati nel presente database sono i seguenti:

- Chemistry 化学 *huaxue* (comprende termini quali “chemical bond” 化学键 *huaxue jian*, “molecule” 分子 *fenzi*, “catalyst” 催化剂 *cuihuaji* e “photoresist” 光刻胶 *guangke jiao*)
- Biology 生物学 *shengwuxue* (comprende i termini “cell” 细胞 *xibao*, “biomimetics” 仿生 *fangsheng* e “neurobionics” 神经仿生学 *shenjing fangshengxue*)
- Physics 物理学 *wulixue* (comprende termini quali “superconductivity” 超导性 *chaodaoxing*, “laser” 激光器 *jiguang qi* e “quantum mechanics” 量子力学 *liangzi lixue*)
- Electronics 电子学 *dianzixue* (comprende i termini “Moore’s law” 摩尔定律 *Moer dingliu*, “microprocessor” 微处理器 *wei chuliqi* e “optoelectronics” 光电子学 *guang dianzixue*)
- Scientific notation 科学计数法 *kexue jishu fa* (comprende termini quali “nanometre” 纳米 *nami* e “micrometre” 微米 *weimi*)
- Nanoscience 纳米科学 *nami kexue* (comprende termini quali “nanomaterial” 纳米材料 *nami cailiao*, “nanostructure” 纳米结构 *nami jiegou*, “nanotechnology” 纳米科技 *nami keji* e “nanomedicine” 纳米医学 *nami yixue*)
- Nanoelectronics 纳米电子学 *nami dianzixue* (comprende i termini “claytronics” 电子黏土 *dianzi niantu* e “nanoelectronic device” 纳米电子器件 *nami dianzi qijian*)
- Nanomedicine 纳米医学 *nami yixue* (comprende il termine “drug delivery system” 药物传递系统 *yaowu chuandi xitong*)
- Nanomaterials 纳米材料 *nami cailiao* (comprende i termini “nanocomposite” 纳米复合材料 *nami fuhe cailiao*, “nanobiomaterial” 纳米生物材料 *nami shengwu cailiao* e “nanocatalyst” 纳米催化剂 *nami cuihuaji*)
- Nanostructures 纳米结构 *nami jiegou* (comprende termini quali “nanoparticle” 纳米微粒 *nami weili*, “nanotube” 纳米管 *nami guan* e “quantum dot” 量子点 *liangzi dian*)
- Micro/nanofabrication techniques 微/纳米材料制备的方法 *wei/nami cailiao zhibei de fangfa* (comprende il termine “photolithography” 光学光刻 *guangxue guangke*)

- Nanofabrication techniques 纳米材料制备方法 *nami cailiao zhibei fangfa* (comprende i termini “top-down approach” 从上至下方式 *cong shang zhi xia fangshi*, “bottom-up approach” 从下至上方式 *cong xia zhi shang fangshi* e “nanolithography” 纳米光刻 *nami guangke*)
- Nanoscale devices 纳米设备 *nami shebei* (comprende i termini “nanomachine” 纳米机器 *nami jiqi* e “nanorobot” 纳米机器人 *nami jiqiren*)
- Characterization of nanoscale materials and devices 纳米材料与设备的表征 *nami cailiao yu shebei de biao zheng* (comprende termini quali “scanning tunneling microscope” 扫描隧道显微镜 *saomiao suidao xianweijing* e “atomic force microscope” 原子力显微镜 *yuanzi li xianweijing*)
- Nanotechnology applications 纳米科技的应用 *nami keji de yingyong* (comprende il termine “nanorobotics” 纳米机器人技术 *nami jiqiren jishu*)

4.2.5 I campi <Related words> e <Type of relation>

Un altro modo di determinare il microordinamento dei termini del glossario, è l’inserimento del campo <Related words>, nel quale è possibile collocare tutti quei termini che hanno una specifica relazione con quello principale. La tipologia di tale relazione è poi indicata nel campo <Type of relation>. La presenza di questi campi all’interno delle schede terminografiche è molto importante, poiché consente di operare un ulteriore approfondimento del termine in esame e di inquadrare in modo più preciso la sua posizione all’interno del database. Per la loro importanza, questi due campi sono stati inseriti in tutte le schede terminografiche.

Come descritto nel secondo capitolo, i termini inseriti nel campo <Related words>, possono essere legati a quello principale da cinque tipologie diverse di relazione: “sub.” (subordinate), “super.” (superordinate), “coord.” (coordinate), “ant.” (antonym) e “general” (relazione di qualsiasi tipo). Nel presente database, i casi più frequenti sono quelli in cui compaiono gli attributi “sub.” e “general”. In particolare, nel primo caso, gli iponimi possono essere legati al termine principale da due tipi diversi di subordinazione: gerarchica o partitiva. Ad esempio, alcuni tra gli iponimi citati nella scheda relativa al termine “nanostructure” 纳米结构 *nami jiegou*, sono “nanoparticle” 纳米微粒 *nami weili*, “nanotube” 纳米管 *nami guan*, “fullerene” 富勒烯 *fuleixi* e “quantum dot” 量子点 *liangzi dian*, i quali hanno una relazione di tipo gerarchico con il termine principale. Un esempio analogo lo troviamo nella scheda

relativa al termine “chemical bond” 化学键 *huaxue jian*, i cui iponimi sono “covalent bond” 共价键 *gongjia jian*, “ionic bond” 离子键 *lizi jian*, “metallic bond” 金属键 *jinshu jian*, “Van der Waals force” 范德瓦尔斯力 *Fan de Waersi li* e “hydrogen bond” 氢键 *qing jian*, ovvero sono tutti legami che appartengono all’insieme del legame chimico. Diverso invece è il caso di termini come “cell” 细胞 *xibao*, i cui iponimi (ad es. “nucleous” 细胞核 *xibao he*, “organelle” 细胞器 *xibao qi*, “mitochondria” 线粒体 *xianliti*), sono legati ad esso da relazioni di tipo partitivo (parte-tutto).

4.2.6 Il campo <Equivalence en-zh>

Secondo le istruzioni del database, alla conclusione di ogni scheda terminografica relativa alla parte in inglese, è obbligatorio inserire il campo dell’“equivalence”. Attraverso questo campo, è possibile esprimere le considerazioni interlinguistiche relative allo stesso termine in lingua inglese e cinese.

In quasi tutte le schede del presente database, si sono rilevati casi di equivalenza assoluta tra i termini. Un caso di equivalenza relativa invece, è rappresentato proprio dalla voce “nanotechnology”, in cinese “纳米科技”. Il termine “纳米科技”, con cui comunemente nei manuali specialistici in lingua cinese si indicano le nanotecnologie, è la forma abbreviata di “纳米科学技术” che in inglese si traduce in “nanoscience and technology”. “Nanotechnology 应该有两种含义，一种是广义的，指纳米科技，另一种是狭义的，即纳米技术” (林 2010)¹⁵⁴, ovvero il termine “nanotechnology” può avere, in cinese, due sfumature diverse di significato: in senso stretto si esprime con il termine “纳米技术” (技术 significa appunto “technology”), mentre in senso più ampio con “纳米科技”. Nonostante non sia presente una equivalenza assoluta tra i termini, per una maggior completezza di significato, è stato deciso di inserire “纳米科技” (e non “纳米技术”) come “main term” della scheda relativa a “nanotechnology”.

4.2.7 I sinonimi e le varianti

Per concludere, le istruzioni del database prevedono la possibilità di inserire, alla fine di ogni scheda terminografica (sia in inglese che in cinese), eventuali sinonimi del termine principale.

¹⁵⁴ Si veda LIN Zhidong 林志东, *Nami cailiao jichu yu yingyong* 纳米材料基础与应用, Beijing, Beijing daxue chubanshe, 2010, p. 7.

Essi possono essere analizzati attraverso una serie di campi che esibiscono però una struttura più semplice rispetto a quella del termine in esame.

Nel presente lavoro, i campi più frequenti che sono stati utilizzati per descrivere potenziali sinonimi o varianti sinonimiche sono: <Morphosyntax>, <Usage label>, <Origin> (compare frequentemente per i termini in lingua cinese) e <Synonymy>. Il campo <Context> è stato introdotto ogni qualvolta sia stato necessario dare un'informazione supplementare del termine. Nel caso delle varianti, è obbligatorio inserire il campo <Category>, il quale consente di specificare la natura della relazione che lega la variante con il termine principale (ad es. “abbreviation”, “acronym”, “initials”, “full form”, “short form” o “symbol”). Alcuni esempi di varianti presenti nel database sono:

- “nm” (variante di “nanometre”) e “ μm ” (variante di “micrometre”); in questo caso le varianti sono simboli che rappresentano due unità di misura sottomultiple al metro ($1\text{nm}=10^{-9}\text{ m}$, $1\mu\text{m}=10^{-6}\text{ m}$).
- “AFM” (variante di “atomic force microscope”) e “STM” (variante di “scanning tunneling microscope”); in questo caso le varianti sono sigle che, per la loro frequenza, sono inserite come termini principali del database.
- “Buckminsterfullerene”, che rappresenta la “full form” di “fullerene”.

GLOSSARIO CINESE-ITALIANO

<i>Báomó guāngfú cáiliào</i>	薄膜光伏材料	Materiale fotovoltaico a film sottile
<i>Chāo dǎoxíng</i>	超导性	Superconduttività
<i>Chāo fēnzǐ huàxué</i>	超分子化学	Chimica supramolecolare
<i>Cóng shàng zhì xià fāngshì</i>	从上至下方式	Approccio top-down
<i>Cóng xià zhì shàng fāngshì</i>	从下至上方式	Approccio bottom-up
<i>Cuīhuà</i>	催化	Catalisi
<i>Cuīhuàjì</i>	催化剂	Catalizzatore
<i>Diànzǐ niántǔ</i>	电子黏土	Claytronica
<i>Fàn dé Wǎěrsī lì</i>	范德瓦尔斯力	Forza di Van der Waals
<i>Fàng shēng</i>	放生	Biomiesi
<i>Fēnzǐ</i>	分子	Molecola
<i>Fēnzǐ jiān xiānghù zuòyòng</i>	分子间相互作用	Interazioni intermolecolari
<i>Fēnzǐ nànmǐ jìshù</i>	分子纳米技术	Nanotecnologia molecolare
<i>Fù lēi xī</i>	富勒烯	Fullerene
<i>Gòngjià jiàn</i>	共价键	Legame covalente
<i>Guāng diànzǐxué</i>	光电子学	Optoelettronica
<i>Guāngkè jiāo</i>	光刻胶	Fotoresist
<i>Guāngxué guāngkè</i>	光学光刻	Fotolitografia
<i>Huàxué jiàn</i>	化学键	Legame chimico
<i>Jiāoshù</i>	胶束	Micella
<i>Jiè kǒng cáiliào</i>	介孔材料	Materiale mesoporoso
<i>Jīguāng qì</i>	激光器	Laser
<i>Jùhéwù</i>	聚合物	Polimero
<i>Liàngǐ diǎn</i>	量子点	Punto quantico
<i>Liàngǐ lìxué</i>	量子力学	Meccanica quantistica
<i>Liàngǐ xiàn</i>	量子线	Filo quantico
<i>Lízǐ jiàn</i>	离子键	Legame ionico

<i>Móěr dìnglǜ</i>	摩尔定律	Legge di Moore
<i>Nà</i>	纳	Nano
<i>Nàmǐ</i>	纳米	Nanometro
<i>Nàmǐ bàng</i>	纳米棒	Nanorod
<i>Nàmǐ cáiliào</i>	纳米材料	Nanomateriale
<i>Nàmǐ chǐdù</i>	纳米尺度	Nanoscala
<i>Nàmǐ cuīhuàjì</i>	纳米催化剂	Nanocatalizzatore
<i>Nàmǐ diànzǐ qìjiàn</i>	纳米电子器件	Dispositivo nanoelettronico
<i>Nàmǐ fùhé cáiliào</i>	纳米复合材料	Nanocomposito
<i>Nàmǐ guǎn</i>	纳米管	Nanotubo
<i>Nàmǐ guāngkè</i>	纳米光刻	Nanolitografia
<i>Nàmǐ jiégòu</i>	纳米结构	Nanostruttura
<i>Nàmǐ jīqì</i>	纳米机器	Nanomacchina
<i>Nàmǐ jīqìrén</i>	纳米机器人	Nanorobot
<i>Nàmǐ jīqìrén jìshù</i>	纳米机器人技术	Nanorobotica
<i>Nàmǐ kējì</i>	纳米科技	Nanotecnologia
<i>Nàmǐ kēxué</i>	纳米科学	Nanoscienza
<i>Nàmǐ mócáxué</i>	纳米摩擦学	Nanotribologia
<i>Nàmǐ shēngwù cáiliào</i>	纳米生物材料	Nanobiomateriale
<i>Nàmǐ tuáncù</i>	纳米团簇	Nanocluster
<i>Nàmǐ wēilì</i>	纳米微粒	Nanoparticella
<i>Nàmǐ yāhén</i>	纳米压痕	Nanoindentazione
<i>Nàmǐ yīxué</i>	纳米医学	Nanomedicina
<i>Nàmǐ zhìzào</i>	纳米制造	Nanofabbricazione
<i>Sǎomiáo suìdào xiǎnwēijìng</i>	扫描隧道显微镜	Microscopio a effetto tunnel
<i>Shénjīng fāngshēngxué</i>	神经放生学	Neurobionica
<i>Tàn nàmǐ guǎn</i>	碳纳米管	Nanotubo di carbonio
<i>Tóngsù yìxìng</i>	同素异性	Allotropia
<i>Wēi chǔlǐqì</i>	微处理器	Microprocessore
<i>Wēi diànzǐxué</i>	微电子学	Microelettronica

<i>Wēi guān</i>	微观	Microscopico
<i>Wēi mǐ</i>	微米	Micrometro
<i>Xìbāo</i>	细胞	Cellula
<i>Yàowù chuándì xìtǒng</i>	药物传递系统	Sistema di drug delivery
<i>Yuánzǐ lì xiǎnwēijìng</i>	原子力显微镜	Microscopio a forza atomica
<i>Zì zǔzhuāng</i>	自组装	Auto-assemblaggio
<i>Zì zǔzhuāng dān céng mó</i>	自组装单层膜	Monostrato auto-assemblato

GLOSSARIO ITALIANO-CINESE

Allotropia	<i>Tóng sù yì xìng</i>	同素异性
Approccio bottom-up	<i>Cóng xià zhì shàng fāng shì</i>	从下至上方式
Approccio top-down	<i>Cóng shàng zhì xià fāng shì</i>	从上至下方式
Auto-assemblaggio	<i>Zì zǔ zhuāng</i>	自组装
Biomimesi	<i>Fǎng shēng</i>	放生
Catalisi	<i>Cuī huà</i>	催化
Catalizzatore	<i>Cuī huà jì</i>	催化剂
Cellula	<i>Xì bāo</i>	细胞
Chimica supramolecolare	<i>Chāo fēn zǐ huà xué</i>	超分子化学
Claytronica	<i>Diàn zǐ nián tǔ</i>	电子黏土
Dispositivo nanoelettronico	<i>Nà mǐ diàn zǐ qì jiàn</i>	纳米电子器件
Filo quantico	<i>Liàng zǐ xiàn</i>	量子线
Forza di Van der Waals	<i>Fàn dé Wǎ ěr sī lì</i>	范德瓦尔斯力
Fotolitografia	<i>Guāng xué guāng kè</i>	光学光刻
Fotoresist	<i>Guāng kè jiāo</i>	光刻胶
Fullerene	<i>Fù lēi xī</i>	富勒烯
Interazioni intermolecolari	<i>Fēn zǐ jiān xiāng hù zuò yòng</i>	分子间相互作用
Laser	<i>Jī guāng qì</i>	激光器
Legame chimico	<i>Huà xué jiàn</i>	化学键
Legame covalente	<i>Gòng jià jiàn</i>	共价键
Legame ionico	<i>Lí zǐ jiàn</i>	离子键
Legge di Moore	<i>Mó ěr dìng lǜ</i>	摩尔定律
Materiale fotovoltaico a film sottile	<i>Báomó guāng fú cáiliào</i>	薄膜光伏材料
Materiale mesoporoso	<i>Jiè kǒng cáiliào</i>	介孔材料
Meccanica quantistica	<i>Liàng zǐ lì xué</i>	量子力学
Micella	<i>Jiāo shù</i>	胶束
Microelettronica	<i>Wēi diàn zǐ xué</i>	微电子学

Micrometro	<i>Wēi mǐ</i>	微米
Microprocessore	<i>Wēi chǔlǐqì</i>	微处理器
Microscopico	<i>Wēi guān</i>	微观
Microscopio a effetto tunnel	<i>Sǎomiáo suìdào xiǎnwēijìng</i>	扫描隧道显微镜
Microscopio a forza atomica	<i>Yuánzǐ lì xiǎnwēijìng</i>	原子力显微镜
Molecola	<i>Fēnzǐ</i>	分子
Monostrato auto-assemblato	<i>Zì zǔzhuāng dān céng mó</i>	自组装单层膜
Nano	<i>Nà</i>	纳
Nanocatalizzatore	<i>Nànmǐ cuīhuàjì</i>	纳米催化剂
Nanobiomateriale	<i>Nànmǐ shēngwù cáiliào</i>	纳米生物材料
Nanocluster	<i>Nànmǐ tuáncù</i>	纳米团簇
Nanocomposito	<i>Nànmǐ fùhé cáiliào</i>	纳米复合材料
Nanofabbricazione	<i>Nànmǐ zhìzào</i>	纳米制造
Nanoindentazione	<i>Nànmǐ yāhén</i>	纳米压痕
Nanolitografia	<i>Nànmǐ guāngkè</i>	纳米光刻
Nanomacchina	<i>Nànmǐ jīqì</i>	纳米机器
Nanomateriale	<i>Nànmǐ cáiliào</i>	纳米材料
Nanomedicina	<i>Nànmǐ yīxué</i>	纳米医学
Nanometro	<i>Nànmǐ</i>	纳米
Nanoparticella	<i>Nànmǐ wēilì</i>	纳米微粒
Nanorobot	<i>Nànmǐ jīqìrén</i>	纳米机器人
Nanorobotica	<i>Nànmǐ jīqìrén jìshù</i>	纳米机器人技术
Nanorod	<i>Nànmǐ bàng</i>	纳米棒
Nanoscala	<i>Nànmǐ chǐdù</i>	纳米尺度
Nanoscienza	<i>Nànmǐ kēxué</i>	纳米科学
Nanostruttura	<i>Nànmǐ jiégòu</i>	纳米结构
Nanotecnologia	<i>Nànmǐ kējì</i>	纳米科技
Nanotecnologia molecolare	<i>Fēnzǐ nànmǐ jìshù</i>	分子纳米技术
Nanotribologia	<i>Nànmǐ mócáxué</i>	纳米摩擦学
Nanotubo	<i>Nànmǐ guǎn</i>	纳米管

Nanotubo di carbonio	<i>Tàn nànmǐ guǎn</i>	碳纳米管
Neurobionica	<i>Shénjīng fǎngshēngxué</i>	神经仿生学
Optoelettronica	<i>Guāng diànzǐxué</i>	光电子学
Polimero	<i>Jùhéwù</i>	聚合物
Punto quantico	<i>Liàngzǐ diǎn</i>	量子点
Sistema di drug delivery	<i>Yàowù chuándì xìtǒng</i>	药物传递系统
Superconduttività	<i>Chāo dǎoxíng</i>	超导性

BIBLIOGRAFIA

ALLEN, Terence, COWLING, Graham, *The cell: A Very Short Introduction*, Oxford, OUP Oxford, 2011.

ARBEN, Merkoçi, “Nanobiomaterial in electroanalysis”, *Electroanalysis*, 19, 7-8, 2007, pp. 739-741.

BAI Chunli 百春礼, “Nami keji ji qi fazhan qianjing” 纳米科技及其发展前景, in *Zhongguo kexueyuan*, 46, 2, 2001, pp. 89-92.

BALIAN, Roger, *From microphysics to macrophysics: methods and applications of statistical physics – Volume II*, Berlin, Springer-Verlag, 1991.

BAR-COHEN, Joseph, *Biomimetics: Biologically inspired technologies*, Boca Raton, FL, Taylor & Francis Group, 2006.

BETTELHEIM, Frederick A., BROWN, William H., CAMPBELL, Mary K., *Introduction to general, organic, and biochemistry*, Belmont, CA, Brooks Cole, 2010.

BHUSHAN, Bharat, *Handbook of micro/nanotribology*, Boca Raton, FL, CRC Press, 1999.

BHUSHAN, Bharat (ed.), *Springer Handbook of Nanotechnology*, New York, Springer, 2007 (1 ed. 2004).

BHUSHAN, Bharat, ISRAELACHVILI, Jacob N., LANDMAN, Uzi, “Nanotribology: friction, wear and lubrication at the atomic scale”, *Nature*, 374, 6523, 1995, pp. 607-616.

BINNS, Chris, *Introduction to nanoscience and nanotechnology*, Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 2010.

BOEING, Niels, *L'invasione delle nanotecnologie – Cosa sono e come funzionano i nuovi micro robot invisibili che colonizzeranno il mondo* [*Nano!? Die Technik des 21. Jahrhunderts*], trad. di Cristina Lombardo, Milano, Orme, II ed. 2006.

BORISENKO Victor E. V.E. 鲍里先科, OSSICINI Stefano S. 奥西奇尼, *Renzhi nami shijie – nami kexue jishu shouce* 认知纳米世界—纳米科学技术手册 [*What is What in the Nanoworld. A Handbook on Nanoscience and Nanotechnology*], trad. di Li Bin 李斌, Beijing, Kexue chubanshe, 2010.

BUTTI, Luciano, *Nanotecnologie, ambiente e salute – Un'applicazione equilibrata del principio di precauzione per lo sviluppo sostenibile*, “Quaderni della rivista giuridica dell'ambiente”, 16, Milano, Giuffrè, 2005.

CAI Yurong 蔡玉荣, ZHOU Lian 周廉, “Yongzuo shengwu cailiao de nami taoci” 用作生物材料的纳米陶瓷, in *Xinyou jinshu kuaibao*, 2, 1, 2002, pp. 1-3.

CALLISTER, William D., RETHWISCH, David G., *Fundamentals of Materials Science and Engineering: An Integrated Approach*, Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 2008.

CAO, Guozhong, WANG, Ying, *Nanostructures and Nanomaterials – Synthesis, Properties, and Application*, Singapore, World Scientific, 2011.

CHEE, Peng Lim, JAIN, L. C., DEHURI, Satchidananda, *Innovation in swarm intelligence*, Belin, Springer-Verlag, 2009.

CHIESA, Vittorio, DE MASSIS, Alfredo, *La nanoindustria – Analisi dei principali player italiani nelle nanotecnologie*, Roma, Aracne, I ed. 2006.

CI Liulan 次浏览, “Guangfu fadian jishu jianjie” 光伏发电技术简介, 2010, <http://www.bipvcn.com/wiki/3622.html>, 15-05-2012.

Cihai bianji weiyuanhui 辞海编辑委员会, *Cihai* 辞海, Shanghai, Shanghai cishu chubanshe, 1999.

COTTON, Albert F., *Advanced inorganic chemistry*, New York, Wiley, 1999.

CUI Fuzhai 崔福斋, FENG Qingling 冯庆玲, *Shengwu cailiaoxue* 生物材料学, Beijing, Kexue chubanshe, 1996.

CUI, Tie Jun, SMITH, David R., LIU, Ruopeng, *Metamaterials: theory, design, and applications*, New York, Springer, 2010.

DE BIASE, Luca, *Il potere della scienza sull'informazione – Il potere dell'informazione sulla scienza*, “Quaderni della rivista giuridica dell'ambiente”, 16, Milano, Giuffrè, 2005.

DI VENTRA, Massimiliano, EVOY, Stephane, HEFLIN, James R., *Introduction to nanoscale science and technology*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 2004.

DOI, Toshiro K., MARINESCU, Ioan D., KUROKAWA, Syuhei, *Advances in CMP polishing technologies for the manufacture of electronic devices*, Oxford, Elsevier, 2012.

DONG Zaiwang 董在望, *Gaodeng moni jicheng dianlu* 高等模拟集成电路, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2006.

EDELSTEIN, A. S., CAMMARATA, R.C., *Nanomaterials: synthesis, properties, and applications*, Bristol, Philadelphia, Institute of Physics Pub., 1998.

ELEFThERIADES, George V., BALMAIN, Keith G., *Negative-refraction metamaterials: fundamental principles and applications*, Hoboken, N.J., Wiley-Interscience, 2005.

FAGGIN, Federico, “Dalla microelettronica alla nanoelettronica”, *Mondo digitale*, 3, 1, 2009, pp. 3-10.

FAHRNER, Wolfgang R., *Nanotechnology and nanoelectronics: materials, devices, measurement techniques*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2005.

FENG Zhijing 冯之敬, *Zhizao gongcheng yu jishu yuanli* 制造工程与技术原理, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2004.

FISCHER-CRIPPS, Anthony C., *Nanoindentation*, New York, Springer, 2011.

FISHER, Erik, SELIN, Cynthia, WETMORE, Jameson M. (eds.), *The yearbook of nanotechnology in society: presenting futures*, Dordrecht, Springer, 2008.

GEDDE, Ulf W., *Polymer Physics*, Dordrecht, Kluwer Academy Publishers, 1999 (I ed. 1995).

GODSE, A. P., GODSE, D. A., *Microprocessor*, Pune, India, Technical Publications, 2009.

GOLDSTEIN, Seth C., MOWRY, Todd C., “Claytronics: an instance of programmable matter”, in Wild and Crazy Ideas Session of ASPLOS, Computer science Department, Paper 769, 2004.

GRAY, J. O., CALDWELL, D. G., *Advanced robotics & intelligent machines*, London, Institution of Electrical Engineers, 1996.

Great Britain. Royal Commission on environmental pollution, *Novel materials in the environment: the case of nanotechnology*, London, Stationery Office, 2008.

GUPTA, M. C., BALLATO, John, *The handbook of photonics*, Boca Raton, CRC Press, 2007.

HAMDI, Mustapha, FERREIRA, Antoine, *Design, modeling and characterization of bio-nanorobotic systems*, Dordrecht, Springer Science, 2011.

HAZEN, Robert M., TREFIL, James, *La scienza per tutti – Guida alla formazione di una cultura scientifica di base [Science Matters]*, trad. di Libero Sosio, Milano, Longanesi & C., 1999.

HECHT, Jeff, *The laser guidebook*, New York, McGraw-Hill, 1992.

HOEKSTRA, Jaap, *Introduction to nanoelectronic single-electron circuit design*, Singapore, Pan Stanford, 2010.

HORNBACK, Joseph M., *Organic chemistry*, Pacific Groove, CA, Brooks Cole, 1998.

HOSOKAWA, Masuo, NOGI, Kiyoshi, NAITO, Makio, YOKOYAMA, Toyokazu, *Nanoparticle technology handbook*, Oxford, Elsevier, 2012.

HU Ronghua 胡榕华, GAN Zexin 甘泽新, *Gongcha peihe yu celiang 公差配合与测量*, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2005.

HU Xiaohong 胡晓红, “Yaowu chandi xitong zhiji gaishu” 药物传递系统制剂概述, in *Zhongguo yaofang*, 16, 3, 2005, p. 225-227.

HU Yadong 胡亚东, *20 shiji Zhongguo xueshu dadian 20 世纪中国学术大典*, Fuzhou, Fujian jiaoyu chubanshe, 2005.

HU Zhijie 胡志洁, ZHANG Zhiyun 张志耘, “Nami jishu zai yiyaoxue lingyu zhong yanjiu yingyong jinzhan” 纳米技术在医药学领域中研究应用进展, in *Tinajin yaoxue*, 13, 5, 2001, pp.1-3.

JAIN, Kewal K., *Drug delivery system*, Totowa, N.J., Humana Press, 2008.

JAIN, Kewal K., *The handbook of nanomedicine*, Totowa, N.J., Humana Press, 2008.

JIANG, Jianzhuang, *Functional Phthalocyanine molecular materials*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2010.

KLABUNDE, Kenneth J., RICHARDS, Ryan, *Nanoscale materials in chemistry*, Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 2009.

KÖHLER, Michael, FRITZSCHE, Wolfgang, *Nanotechnology – An Introduction to nanostructuring techniques*, Weinheim, Wiley-VCH, 2007.

KOTZ, John C., TREICHEL, Paul M., TOWNSEND, John R., *Chemistry & chemical reactivity*, Belmont, CA, Brooks Cole, 2010.

KRASNOGOR, Natalio (ed.), GUSTAFSON, Steve (ed.), PELTA, David A. (ed.), VERDEGAY, Jose L. (ed.), *Systems Self-assembly: Multidisciplinary Snapshots*, Oxford, U.K., Elsevier, 2008.

KUNO, Masaru, *Introductory Nanoscience: Physical and Chemical Concepts*, New York, Garland Science, 2012.

LAMBERTI, Carlo (ed.), *Characterization of semiconductor heterostructures and nanostructures*, Amsterdam, Elsevier, 2008.

LEE, Yoon S., *Self-Assembly and Nanotechnology: A Force Balance Approach*, Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 2008.

LEVI, Primo, *Il sistema periodico*, Torino, Einaudi, 1994.

LEVINSHTEĪN, M. E., SIMIN, G. S., *Transistors: from crystals to integrated circuits*, Singapore, World Scientific, 1998.

LI Chaoyi 李朝义, “Shenjing fangshengxue” 神经仿生学, in *Kexue zhongguoren*, 4, 2004, p. 31.

LI Min 李敏, RAN Naigang 染乃刚, ZHANG Taihua 张泰华, WANG Lindong 王林栋, “Nami yahan guocheng de san wei youxian yuan shuzhi shiyan yanjiu” 纳米压痕过程的三维有限元数值试验研究, in *Lixue xuebao*, 35, 3, 2003, p. 257-264.

LI Qingxiang 李庆祥, LI Yuhe 李玉和, *Wei zhuangpei yu wei caozuo jishu* 维装配与维操作技术, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2004.

LI Yanrong 李言荣, YUN Zhengzhong 恽正中, *Cailiao wulixue gailun* 材料物理学概论, Taipei, Wunan tushu chubangongsi, 2003.

LICARI, James J., ENLOW, Leonard R., *Hybrid microcircuit technology handbook: materials, processes, design, testing, and production*, Park Ridge, N.J., Noyes Publications, 1988.

LIN Zhidong 林志东, *Nami cailiao jichu yu yingyong* 纳米材料基础与应用, Beijing, Beijing daxue chubanshe, 2010.

LIU, Ping J., FULLERTON, Eric, GUTFLEISCH, Oliver, SELLMYER, David J. (Eds.), *Nanoscale magnetic materials and applications*, Boston, Springer Science, 2009.

MAINZER, Klaus, *Thinking in complexity: the computational dynamics of matter, mind and mankind*, Berlin, Springer-Verlag, 2004.

MANSOORI, Ali G., *Principles of Nanotechnology: Molecular – Based Study of Condensed Matter in Small Systems*, Singapore, World Scientific, 2005.

MASUDA, Hiroaki (ed.), HIGASHITANI, Ko (ed.), YOSHIDA, Hideto (ed.), *Powder Technology: Fundamentals of Particles, Powder beds, and Particle Generation*, Boca Raton, FL, Taylor & Francis Group, 2007.

MATTHEWS, F. L., RAWLINGS, R. D., *Composite materials: Engineering and science*, Boca Raton, FL, CRC Press, 1999.

MITIN Vladimir V., KOHELAP Viatcheslav A., STROSCIO Michael A., *Quantum Heterostructures: Microelectronics and Optoelectronics*, Cambridge, U.K., Cambridge University Press, 1999.

MITTAL, Vikas, *Polymer Nanotube Nanocomposites: Synthesis, Properties, and applications*, Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 2010.

MOORE, John W., STANITSKI, Conrad L., JURIS, Peter C., *Chemistry: the molecular science*, Belmont, CA, Brooks Cole, 2008.

Nanotechnology Handbook Henshu linkay (ed.), *Nami jishu shouce* 纳米技术手册, trad. di Wang Mingyang 王鸣阳, Guo Chengyan 郭成言, Ge Huang 葛璜, Liu Bin 刘彬, Beijing, Kexue chubanshe, 2005.

Nanotecnologie – Il cammino della scienza, Bologna, Script, 2010.

NARDUCCI, Dario, *Cosa sono le nanotecnologie – Istruzioni per l'uso della prossima rivoluzione scientifica*, Milano, Sironi, I ed. 2008.

NI Xingyuan 倪星元, YAO Lanfang 姚兰芳, SHEN Kun 沈军, ZHOU Bin 周斌, *Nami cailiao zhibei jishu* 纳米材料制备技术, Beijing, Huaxue gongye chubanshe, 2007.

NOYCE, Robert N., “Microelectronics”, *Scientific American*, 237, 3, 1977, pp. 62-69.

O'SHEA, Donald C., *Diffraction optics: design, fabrication, and test*, Bellingham, Washington, SPIE Press, 2004.

OSTRIKOV, K., XU, Shuyan, *Plasma-aided nanofabrication: from plasma sources to nanoassembly*, Weinheim, Wiley-VCH, 2007.

OYEN, Michelle L., *Handbook of nanoindentation with biological application*, Singapore, Pan Stanford, 2011.

OZIN, Geoffrey A., ARSENAULT, André, CADEMARTIRI, Ludovico, *Nanochemistry: A Chemical Approach to Nanomaterials*, Cambridge, The Royal Society of Chemistry, 2009.

PACCHIONI, Gianfranco, *Quanto è piccolo il mondo*, Bologna, Zanichelli, I ed. 2008.

PAN Yafen 潘亚芬, ZHANG Yongshi 张永士, *Jichu huaxue* 基础化学, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2005.

PAULING, Linus, *The nature of chemical bonds*, New York, Cornell University, 1960 (I ed. 1939).

PELESKO, John A., *Self-assembly: The science of things that put themselves together*, Boca Raton, Taylor & Francis Group, 2007.

PETERSON, C. L., “Nanotechnology: from Feynman to the grand challenge of molecular manufacturing”, *Technology and Society Magazine*, 23, 4, pp. 9-15.

POLKINGHORNE, John, *Teoria dei quanti [Quantum Theory. A very Short Introduction]*, trad. di Andrea Migliori, Torino, Codice, 2007.

PRADEEP, T., *Nano: The essentials – Understanding Nanoscience and Nanotechnology*, New Delhi, Tata McGraw-Hill, 2007.

PRASAD, S. K., *Modern concepts in nanotechnology*, New Delhi, Discovery Publishing House, 2008.

PRIAMI, Corrado, *Transactions on Computational Systems Biology X*, Berlin Heidelberg, Springer, 2008.

QI Yun 奇云, “21 shiji de nami yixue zhanwang” 21 世纪的纳米医学展望, in *Xiandai zhenduan yu zhiliao*, 12, 3, 2001, pp. 154-155.

QIAN Bozhang 钱伯章, “Nanomarkets yugu baomo PV cailiao shichang jiang dadao 2017 nian 130 yi meiyuan” Nanomarkets 预估薄膜 PV 材料市场将达到 2017 年 130 亿美元, 2009, <http://newenergy.in-en.com/html/newenergy-1719171955537040.html>, 15-05-2012.

RAO, C. N. R. (ed.), MÜLLER, A. (ed.), CHEETHAM, A. K. (ed.), *The chemistry of nanomaterials – Synthesis, Properties and Applications (Vol. 1)*, Weinheim, Wiley-VCH, 2004.

RATNER, Mark A., RATNER, Daniel, *Nanotechnology: a gentle introduction to the next big idea*, Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall, 2003.

REICH, S., THOMSEN, C., MAULTZSCH, J., *Carbon nanotubes*, Weinheim, Wiley-VCH, 2004.

ROSS, Richard J., *Microelectronics failure analysis*, Materials Park, Ohio, ASM International, 2005.

ROTHENBERG, Gadi, *Catalysis: concepts and green applications*, Weinheim, Wiley-VCH, 2008.

ROUQUEROL, F., ROUQUEROL, J., SING, K., *Adsorption by powders & porous solids*, London, Academic Press, 1999.

RUIZ-HITZKY, Eduardo, ARIGA, Katsuhiko, LVOV, Yuri, *Bio-inorganic hybrid nanomaterials: strategies, synthesis, characterisation and applications*, Weinheim, Wiley-VCH, 2008.

SANGHI, Rashmi, SINGH, Vandana, *Green chemistry for environmental remediation*, Salem, Massachusetts, Scrivener Publishing, 2012.

SCHAEFER, Hans-Eckhardt, *Nanoscience: the science of the small physics, engineering, chemistry, biology and medicine*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2010.

SCHMID, Günter (ed.), *Nanotechnology. Volume 1: Principles and Fundamentals*, Weinheim, Wiley-VCH, 2008.

SCHULZ, Mark J., SHANOV, Vesselin N., YUN, Yeoheung, *Nanomedicine design of particles, sensors, motors, implants, robots, and devices*, Boston, Artech House, 2009.

SCHWIERZ, Frank, WONG, Hei, LIOU, Juin, *Nanometer CMOS*, Singapore, Pan Stanford Publishing, 2010.

SCRAGG, Jonathan J., *Copper zinc tin sulphide thin film for photovoltaics: synthesis and characterization by electrochemical methods*, Heidelberg, Springer-Verlag, 2011.

SEEL, Peter Benjamin, *Digital universe: the global telecommunication revolution*, Chichester, Wiley-Blackwell, 2012.

SENDHOFF, Bernhard, KÖRNER, Edgar, SPORNS, Olaf, RITTER, Helge, DOYA, Kenji (eds.), *Creating Brain-Like Intelligence: from basic principles to complex intelligent systems*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2009.

SENESE, Frederick, BRADY, James E., *Chemistry: Matter and its changes*, Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 2009.

SEPEUR, Stefan, *Nanotechnology*, Hannover, Germany, Vincentz Network, 2011.

SHEN Haijun 沈海军, SHI Youjin 史友进, “Nami dianzi qijian yu nami dianzi jishu” 纳米电子器件与纳米电子技术, in *Wei na dianzi jishu*, 41, 6, 2004, pp. 14-19.

SHEN, Jia-cong, “Nanobiomaterials”, *Acta Academie Medicinae Sinicae*, 28, 4, 2006, pp. 472-474.

SHEN Jiacong 沈家骢, “Nami shengwu yiyong cailiao” 纳米生物医用材料, in *Zhongguo yixue kexueyuan xuebao*, 28, 4, 2006, pp. 472-474.

SHEN Litian 沈骊天, “Nami jishu geming de weilai zhanwang yu xianshi guanzhu” 纳米技术革命的未来展望与现实关注, in *Jishu zhexue*, 20, 1, 2003, pp. 58-64.

SILFVAST, William Thomas, *Laser fundamentals*, Cambridge, Cambridge University Press, 2004.

SMITH, William F., *Scienza e tecnologia dei materiali [Foundation of Materials Science and Engineering]*, trad. di Luca Bertolini, Roberto Chiesa, Silvia Farè, Milano, McGraw-Hill, II ed. 1995.

SOLOMON, Eldra Pearl, BERG, Linda R., MARTIN, Diana W., *Biology*, Belmont, CA, Brooks Cole, 2005.

SRINATH, N. K., *8085 microprocessor programming and interfacing*, New Delhi, India, Prentice Hall, 2005.

STEED, Jonathan W., ATWOOD, Jerry L., *Supramolecular Chemistry*, Chichester, U.K., John Wiley & Sons, 2009.

STOKER, Stephen H., *General, Organic, and Biological Chemistry*, Belmont, CA, Brooks Cole, 2012.

SUN Lining 孙立宁, LIU Pinkuan 刘品宽, WU Shanqiang 吴善强, LIU Tao 刘涛, “Guan nei yidong weixing jiqiren yanjiu yu fazhan xianzhuang” 管内移动微型机器人研究与发展现状, in *Guangxue jingmi gongcheng*, 11, 4, 2003, pp. 326-332.

TEGETMEIER, W.B., “Allotropy”, *Intellectual Observer. A review of Natural History, Microscopic Research, and Recreative Science*, 4, 1863, pp. 28-30.

TETSUYA, Tateishi, *Biomaterials in Asia: in commemoration of the 1st Asian Biomaterial Congress*, Singapore, World Scientific, 2008.

TIAN Minbo 田民波, *Gaomidu feng zhuang ji ban* 高密度封装基板, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2003.

VANDERAH, Terrell J., *Chemistry of semiconductor materials: preparation, chemistry, characterization, and theory*, Park Ridge, N.J., Noyes Publication, 1992.

VANDERMOLEN Thomas D. 托马斯·D·范德摩伦, “Fenzi nami jishu yu guojia anquan” 分子纳米技术与国家安全, in *Kongtian liliang zazhi*, 1, 3, 2007, pp. 36-46.

VARADAN, Vijay K., CHEN, Linfeng, XIE, Jining, *Nanomedicine: design and applications of magnetic nanomaterials, nanosensors, and nanosystems*, Chichester, John Wiley & Sons, 2008.

VOLLATH, D., *Nanomaterials: an introduction to synthesis, properties and applications*, Weinheim, Wiley-VCH, 2008.

WALLACE, Gordon G., MOULTON, Simon E., HIGGINS, Michael, KAPSA, Robert M. I., *Organic Bionics*, Weinheim, Wiley-VCH, 2012.

WANG Qinzhu 王芹珠, YANG Zengjia 杨增家, *Youji huaxue* 有机化学, Qinghua daxue chubanshe, 1997.

WANG Qunyong 汪群拥, YIN Zhanlan 尹占兰, “Zhanlutoujiao de nami jishu he nami kexue” 崭露头角的纳米技术和纳米科学, in *Shanxi shifan daxue jixu jiaoyu xuebao*, 19, 1, 2002, pp. 109-112.

WANG Xieqing 汪燮卿, LIU Jiying 刘剂赢, *Shiyou shu jie qiyi guo* 石油树结奇异果, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2000.

WANG Yaofa 王耀发, YE Xiyun 叶希韵, TU Qian 涂靖, *Xibao: shengming huodong de yaolan* 细胞: 生命活动的摇篮, Shanghai, Shaonian ertong chubanshe, 2006.

WANG, Zhong Lin, LIU, Yi, ZHANG, Ze (eds.), *Handbook of nanophase and nanostructured materials: Synthesis*, Boston, Kluwer Academic Publisher, 2003.

WEI Dan 韦丹, *Guti wuli* 固体物理, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2003.

WEI Jinquan 韦进全, ZHANG Xianfeng 张先锋, WANG Kunlin 王昆林, *Tan naniguan hongguanti* 碳纳米管宏观体, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2006.

WEJNERT, Jason, “Regulatory Mechanisms for Molecular Nanotechnology”, *Jurimetrics journal*, 44, 3, 2004, pp. 323,350.

WEN Shizhu 温诗铸, *Mocaxue yuanli* 摩擦学原理, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2002.

WU Guisheng 吴贵生, *Chuangxin yu chuangye guanli* 创新与创业管理, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2005.

WU Tong 吴彤, JIANG Jingsong 蒋劲松, WANG Wei 王巍, *Kexue jishu de zhexue fansi* 科学技术的哲学反思, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2004.

XIANG Yihe 向义和, *Daxue wuli daolun. Shangce* 大学物理导论。上册, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 1999.

XIE Cunyi 谢存毅, “Nami yahan jishu zai cailiao kexue zhong de yingyong” 纳米压痕技术在材料科学中的应用, in *Wuli*, 30, 7, 2001, p. 432-435.

XU, Ma, ARCE, Gonzalo R., *Computational lithography*, Hoboken, N.J., Wiley, 2010.

YADAV, Abhishek, *Microprocessor 8085, 8086*, New Delhi, India, University Science Press, 2008.

YANG Zhilian 杨之廉, *Jicheng dianlu daolun* 集成电路导论, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2003.

YAO Fengyun 姚凤云, YUAN Chengcun 苑成存, *Chuangzaoxue lilun yu shijian* 创造学理论与实践, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2006.

ZANICHELLI, N. (ed.), *McGraw-Hill Zanichelli Dizionario enciclopedico scientifico e tecnico*, Bologna, Zanichelli, 1980.

ZETTILI, Nouredine, *Quantum mechanics: Concepts and Application*, Chichester, U.K., John Wiley & Sons, 2009.

ZHANG Bangwei 张邦维, *Nami cailiao wuli jichu* 纳米材料物理基础, Beijing, Huaxue gongye chubanshe, 2009.

ZHANG Fujuan 张富娟, “Nami cuihuaaji yanjiu jinzhàn” 纳米催化剂研究进展, in *Xuchang xueyuan xuebao*, 23, 5, 2004, pp. 38-42.

ZHANG Jingbo 章静波, *Xibao shengwuxue: fuxi gangyao yu tijie* 细胞生物学: 复习纲要与题解, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2005.

ZHANG Lide 张立德, MU Limei 牟李美, *Nami cailiao he nami jiegou* 纳米材料和纳米结构, Beijing, Kexue chubanshe, 2001.

ZHANG Lijuan 张立娟, LIU Hongguo 刘洪国, FENG Xusheng 冯绪胜, “Yuoxu fenzi mo youdao shengwu gongneng cailiao fangsheng hecheng de yanjiu jinzhan” 有序分子模诱导生物功能材料放生合成的研究进展, in *Huaxue tongbao*, 65, 7, 2002, pp. 2-8.

ZHANG Linzhi 张林芝, *Liangzi lixue* 量子力学, Beijing, Gaodeng jiaoyu chubanshe, 2000.

ZHANG Liwu 张立武, KAN Jianquan 阚建全, ZHANG Ruili 张锐利, YU Xiaoqin 余晓琴, “Gaixing dianfen zai xin xing yaowu chuandi xitong zhong de yunyong” 改性淀粉在新型药物传递系统中的运用, in *Shanxi yiyao zazhi*, 33, 10, 2004, p.833-835.

ZHANG Yanning 张妍宁, WANG Li 王丽, BIAN Xiufang 边秀房, “Zhongjie chidu Au nami tuancu ronghua de fenzi donglixue moni” 中介尺度 Au 纳米团簇熔化的分子动力学模拟, in *Wuli huaxue xuebao*, 19, 1, 2003, pp. 35-39.

ZHAO Jian 赵建, LI Yong 李勇, *Shuzi xin hao chuli* 数字信号处理, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2006.

ZHENG Li 郑力, CHEN Ken 陈恳, ZHANG Bopeng 张伯鹏, *Zhizao xitong* 制造系统, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2001.

Zhongguo dabaike quanshu weiyuanhui 中国大百科全书委员会, Beijing, Shanghai, Zhongguo dabaike quanshu chubanshe, 1984.

Zhonghua renmin gongheguo jiaoyubu bian 中华人民共和国教育部编, *gaodeng xuexiao zhong changqi kexue he jishu fazhan guihua, 2006-2020* 高等学校中长期科学和技术发展规划, 2006-2020, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2004.

ZHOU Jianping 周建平, “Yaowu xin zhiji yu xin jixing yanfa qushi ji yingyong” 药物新制剂与新剂型研发趋势及应用, in *Shouyi dao kan*, 10, 2011, p. 42-43.

ZHOU Zhaoying 周兆英, YE xiongying 叶雄英, CUI Tianhong 崔天宏, ZHANG Lian 张联, “Weimi nami jishu ji weixing jidian xitong” 微米纳米技术及微型机电系统, in *Guangxue jingmi gongcheng*, 6, 1, 1998, pp. 1-7.

ZHU Feng 朱峰, *Daxue wuli* 大学物理, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2004.

ZHU Jing 朱静, *Nami cailiao he qijian* 纳米材料和器件, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 2003.

ZHU Nianlin 朱念麟, ZHANG Jin 张晋, CHEN Ergang 陈尔纲, BAI Han 柏晗, ZHANG Xi 张茜, WANG Guangcan 王光灿, GUO Junmei 郭俊梅, DOU Juying 窦菊英, “Yi zhong yong saomiao dianjing zhizuo biao mian nami jiegou de fangfa” 一种用扫描电镜制作表面纳米结构的方法, in *Bandaoti xuebao*, 27, 13, 2006, pp. 186-188.

ZHU Wentao 朱文涛, *Wuli huaxue* 物理化学, Beijing, Qinghua daxue chubanshe, 1995.

ZUMDAHL, Steven S., ZUMDAHL, Susan A., *Chemistry*, Belmont, CA, Brooks Cole, 2010.

LINKOGRAFIA

<http://www.nanotec.it> Centro Italiano per le Nanotecnologie

<http://www.nanofab.it/it> Nanofabrication Facility

<http://www.venetonanotech.it/it> Distretto veneto per le nanotecnologia

<http://www.airi.it/> Associazione Italiana per la Ricerca Industriale

<http://cordis.europa.eu/nanotechnology/> The Nanotechnology Homepage of the European Commission

<http://nano.gov/> The national Nanotechnology Initiative (USA)

<http://www.lescienze.it/> Edizione italiana di Scientific American

<http://www.italcementigroup.com/> Ditta italiana per la produzione di cementi

<http://www.nanotecnologiaitalia.it/> Blog italiano sulle nanotecnologie

<http://www.infm.it/> Istituto Nazionale per la Fisica della Materia

<http://www.enea.it/it> Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

<http://www.envipark.com/> Environment Park

<http://english.nanoctr.cas.cn/> National Center for Nanoscience and Nanotechnology

<http://www.chnsourcing.com/> China Sourcing

<http://www.snpc.org.cn/> Shanghai Nanotechnology Promotion Center

<http://www.biotechinitaly.com/web/Home.aspx> Portale sullo sviluppo delle biotecnologie in Italia

<http://www.nanochina.cn/> Portale sullo sviluppo delle nanotecnologie in Cina

<http://biomimicryinstitute.org/> Biomimicry Institute

<http://www.zgnmjs.com/> Zhongguo nami jishu 中国纳米技术

<http://www.bipvcn.com/> China building integrated photovoltaic application committee