

# 纳米科技

# Nanotechnology



汕头大学出版社

纳米科技，21 世纪集大成的科技发展，  
它改变了以往认知的物理原理与化学性质，颠覆了物质原有的特性。  
它的应用，是新世纪的产业革命，是尖端材料、电子资讯、生物医学……的大跃进，  
是改变人类生活文明的大转折；是全世界先进国家，  
取得未来竞争优势的国家级研发重点；  
要如何赶上纳米科技狂潮，  
将是中国产业生存与发展的契机。

马远荣 著



★科学新视野03

# 纳米科技

汕头大学出版社

马远荣 著

## 图书在版编目 (CIP) 数据

纳米科技 / 马远荣编著, - 汕头: 汕头大学出版社, 2003.7

ISBN 7-81036-569-X

I. 纳... II. 马... III. 纳米材料—普及读物 IV. TB383-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 029921 号

本书经马远荣授权, 出版中文简体字版本。

非经书面同意, 不得以任何形式任意重制、转载。

## 纳米科技

---

作 者: 马远荣

责任编辑: 邓祚智 郭丽冰 龙吟华 邹 菊

封面设计: 郭 炜

责任技编: 姚健燕

出版发行: 汕头大学出版社

广东省汕头市汕头大学内 邮 编: 515063

电 话: 0754-2903126 0754-2904596

印 刷: 深圳普加彩印务有限公司

邮购通讯: 广州市天河北路 177 号祥龙花园祥龙阁 2205 室

电 话: 020-85250482 邮 编: 510075

开 本: 890×1168 1/32 印 张: 5.25

字 数: 116 千字

版 次: 2003 年 7 月第 1 版

印 次: 2003 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 8000 册

定 价: 15.00 元

ISBN 7-81036-569-X/TB·31

---

版权所有, 翻版必究

如发现印装质量问题, 请与承印厂联系退换

- < 出版缘起 > 开创科学新视野 何飞鹏
- < 专文推荐 > 21 世纪的新产业革命 郑天佐
- < 专文推荐 > 美好的未来不是梦  
——纳米科技的未来发展 吴茂昆
- < 专文推荐 > 了解纳米科技的第一本书 黄文枢
- < 专文推荐 > 纳米时代来临了! 姚永德
- < 导 读 > 发展纳米科技,提升台湾产业 郑天佐

## 第 一 章 纳米科技是什么? 19

■改变世界的三次工业革命:第一次工业革命/第二次工业革命/第三次工业革命 ■纳米科技——21 世纪的集大成科技: 纳米的意义 / 纳米化的现象 / 介观物理 / 费曼的幻想 / 发明扫描隧式显微镜 / 原子操纵术 ■美国“国家纳米技术创新”计划 ■纳米生医技术: 生物分子推进器 ■纳米材料的应用: 增加储存容量 / 材料颗粒纳米化 / 能量转换最大化 ■什么是纳米碳管? ■每年 1000 亿美元的市场 ■纳米时代来临了!

## 第 二 章 纳米科技发展史 47

■浑然天成的纳米现象: 自我洁净的莲花效应 / 纳米防水层 / 最原始的纳米涂料 / 人体内也有纳米科技 ■费曼的预言 ■纳米科技发展史: 60 年代的滥觞 / 80 年代的发展 / 破解碳 60 的结构 / 人类能操纵原子排列的意义 / 发现纳米碳管 ■介观物理学的兴起

### 第 三 章 21 世纪经济新希望 69

■全球经济陷入衰退期 ■层出不穷的能源危机 ■环境污染日益严重  
■创造新产品,改造生产模式:超高真空的挑战 / 探针怪手 / 纳米电源器 / 保护设备产业 ■未来的想象: 纳米机器人 ■纳米科技对经济活动的影响: 一、纳米科技的制造 / 二、微小机械和电子元件 / 三、环境和能源 / 四、生物医学技术 / 五、汽车、航太和航空 / 六、国防安全  
■纳米科技是知识经济的最佳典范 ■发展纳米科技是竞争力的保证  
2010 年,1.04 兆美元的需求量 ■纳米潮流,刻不容缓

### 第 四 章 纳米材料 95

■何谓纳米材料 ■纳米材料有哪些?: 碳 60/ 纳米碳管 / 量子点 / 光子晶体 ■光学积体电路的前景

### 第 五 章 纳米科技的应用 119

■纳米物质的特性: 宛如原子 / 表面效应 ■纳米技术与显微镜技术: 扫描隧道式显微镜 / 原子力显微镜 / 磁力显微镜 / 扫描近场光学显微镜 / 穿透式电子显微镜 / 扫描式电子显微镜 ■纳米材料蒸镀技术: 热灯化学气相沉积仪 微波化学气相沉积仪 / 热蒸镀仪 / 分子束磊晶仪 / 脉冲式雷射蒸镀仪 / 溅镀仪 ■其他纳米技术的应用: 量子电脑 / 爱滋病的新克星 / 生物晶片 / 隐形涂料

### 第 六 章 世界先进国家纳米科技的发展 141

■美国的纳米科技发展 ■英国的纳米科技发展 ■欧盟的纳米科技发展 ■日本的纳米科技发展

### 第 七 章 台湾纳米科技的发展 149

■学术界发展纳米科技现况 ■工业界发展纳米科技现况: 经济部门工业技术研究院的纳米科技发展 / “由上而下”和“由下而上”的投资策略意义 / 联华电子 / 台湾积体电路公司 ■结语

< 出版缘起 >

## 开创科学新视野

何飞鹏

有人说，是“联考”制度，把台湾读者的读书胃口搞坏了。

这话只对了一半；弄坏读者胃口的，是教科书，不是“联考”制度。

如果“联考”内容不限在教科书内，还包含课堂之外所有的知识环境，那么，还有学生不看报纸、家长不准小孩看课外读物的情况出现吗？如果“联考”内容是教科书占 50%，基础常识占 50%，中国台湾的教育能不活起来、补习制度的怪现象能不消除吗？况且，教育是百年大计，是终身学习，又岂是封闭式的“联考”、十几年内的数百本教科书，可囊括而尽的？

“科学新视野系列”正是企图破除阅读教育的迷思，为台湾的学子提供一些体制外的智识性课外读物；“科学新视野系列”自许成为一个前导，提供科学与人文之间的对话，开阅读者的新视野，也让离开学校之后的读者，能真正体验阅读乐趣，让这股追求新知欣喜的感动，流荡心头。

其实，自然科学阅读并不是理工科系学生的专利，因为科学是文明的一环，是人类理解人生、接触自然、探究生命的一个途径；科学不仅仅是知识，更是一种生活方式与生活态度，能养成面对周遭环境一种严谨、清明、宏观的态度。

千百年来文明智慧结晶，在无垠的星空下闪闪发亮、向

读者招手；但是这有如银河系，只是宇宙的一角，“科学新视野系列”更强调未来性，将有如宇宙般深邃的人类创造力与想象力，跨过时空，一一呈现出来，这些丰富的资产，将是人类未来之所倚。

我们有个梦想：

在波光粼粼的岸边，亚里斯多德、伽利略、祖冲之、张衡、牛顿、弗洛伊德、爱因斯坦、普朗克、霍金、沙根、祖宾、平克……他们或交谈，或端详捡拾的贝壳。我们也置身其中，仔细聆听人类文明中最动人的篇章……

< 专文推荐 >

## 21 世纪的新产业革命

郑天佐

很多科学家认为纳米科技和产业的成功结合，将会激发 21 世纪的新产业革命。有些人甚至于预测：纳米科技对人类的影响将远超过半导体和资讯科技，原因是它不只会对电子和资讯工业造成重大冲击，也会对化学、材料、生物和医学技术做出同样的贡献，因此值得国家大量投资，加紧这方面的研发工作。

但在现阶段，纳米技术尚未成熟，与纳米科学仍无法区分，原因是虽然科学家早就知道不少纳米尺寸的材料结构，但到现在还没有发展出技术或能力来操控这种超微小结构，也没有简易量测它们物化性的方法和仪器，对这种材料的运用原理更欠缺了解，而这正是纳米科技研究的主流方向，加强这方面的研发工作和人才的训练，对国家产业和经济发展是刻不容缓的事。

马远荣博士毕业于英国诺丁汉大学，他的博士论文就是利用扫描穿隧式显微镜来操纵和移动吸附在表面上、直径不到一纳米大小的“碳 60”球。他现在执教于台湾东华大学，也经常到研究所继续他的纳米科技研究。利用余暇，他以专家的知识，深入浅出介绍纳米科技的发展近况，它的重要性和发展潜力，本书可说是适逢其时，读者必能获益不浅，谨此为序。

< 专文推荐 >

## 美好的未来不是梦 ——纳米科技的未来发展

吴茂昆

纳米结构是一个令科学家们充满幻想的神奇领域。这些纳米结构比物理学家及化学家已经相当了解的原子及小分子要大，但又比现在常接触到的最小的微米结构要小，这个尺寸使得它的量子效应通常变得非常重要，但它的原子数目远超过普通的小分子，使得它有更多的复杂性。

纳米科技的来临是由基础科学的 3 大支柱 -- 物理、化学及生命科学共同促成的。各种显微技术的成功发展，使我们可侦测及控制个别原子或原子簇，进而建造及了解纳米结构。分子自组装的技术突破，使化学家们开始设计超大分子及其他各种纳米结构及材料。而基因序列的破解，使得对基因及蛋白质等有机纳米结构的个别性质及相互作用之探讨，成为生命科学的重要研究方向。这些整体的发展使我们得以踏上开解大自然奥秘的第一步，满足我们对大自然的好奇心。

随着科学技术的发展，半导体元件的细微化是必要的科技研发方向。控制在纳米层次所制造出来的纳米电子元件，在元件密度、速度、耗能及成本上的效益，将远远超过现有的半导体技术。另一方面，纳米生物科技的主要方向是以生物分子为

出发点探讨相关之纳米技术，包括核酸分子自体组合系统应用于多维的构造控制、分子光电元件、电子传递、电子通道、纳米级感测陈列晶片等。毫无疑问的，纳米科技的发展可以满足我们希望元件更微小化的需求。

进入 21 世纪高科技主导人类需求的时代，人类对能源及资源的消耗将加剧成长，能源的短缺及环境污染冲击着地球的发展。纳米级储能材料的高活性、大表面积、自我组装、超晶格特性及特殊光电效应等功能，以及纳米材料的开发，可带来新的突破，为新时代储能产品开创新契机，除可提供高储能密度电池及高效率高寿命能源，来提升能源的使用效率及减少资源、能源的消耗外，并可加速低污染、高效能电池的开发脚步，以减少空气污染与石化能源的消耗。因此，纳米科技的发展可以带来新的能源开发与应用概念，达到有效应用地球有限资源的愿景。

纳米介观世界的特殊现象正逐渐被揭露，台湾可以此为基础，一方面进一步探究新的特性，另一方面加速投入应用研究，结合产业界的力量，加速结合海内外科学技术的知识与经验、提升及建立未来发展产业之关键基础环境能力，且以特定产品作为载具验证纳米技术实用性、强化产业界有效应用相关技术等项为发展重点，我们应可创造产业新契机。因此，纳米科技之注入，将带来新的机会，使我们得以在纳米科技产业全面发展之时，发展成为不仅是纳米产业产品的主要制造地区，而且是纳米产业产品制造技术的拥有地区。根据这些基本原则，目前台湾希望整合整体力量，建立发展学术卓越和相关应

用产业所需要之纳米平台技术，同时加速培养纳米科技所需人才，奠定纳米科技厚实之基础；并且全力推动“创新”和“整合”，利用纳米科技带来创新的机会，结合台湾过去累积在高科技制造业的优势，以及在学 / 研领域长期建立之研发能量，着重创新前瞻之研究，开创以技术创新、智权创造为核心之高附加价知识型产业。

规划之总计划目标是以人才培育和核心建置为基础，达到“学术卓越研究”及“纳米科技产业化”目标，秉持 4 项规划原则：（1）学术研究设定高目标，达到卓越化和国际化；（2）结合海内外学术界卓越研究成果和研发单位之“快速产业化”能力，将“介观世界”的特殊现象与“市场机会”结合，藉由纳米科技来引领知识经济之发展，从而建立下一波产业竞争优势；（3）以台湾“强势产业”的比较优势为切入点，逐步扩充至新兴领域，开创新机会；（4）强化创新研发人才培养养成，并建置核心设施，提供分享运用机制，奠定长期竞赛之基础。此外，在计划推动上亦成立计划审议小组、产业推动小组、海内外合作推动小组和行政支援小组。

值此台湾各界正如火如荼地开展纳米科技研发的时刻，如何使民众对纳米科技有正确的认知，是我们必须推动的第一件工作。很高兴马远荣教授能在教研繁忙之时撰写此一纳米科技专书，此书出版的发行，对我们在推动纳米科技发展，尤其是全民通识教育的工作有极大的助益。

马教授的专书从介绍纳米的概念开始，接着述说纳米科技发展的简史，然后论及纳米科技对 21 世纪经济发展的影响，

同时对纳米材料、纳米科技的应用，及海内外发展的现况做了相当详实的介绍。此书的特点是文章流畅，深入浅出地阐明科学新概念，有很高的可读性，让读者很快地可以入门纳米科技世界。

诚如书中述及，毫无疑问的纳米科技将是 21 世界科技与产业发展最大的驱动力；纳米科技正在创造新一波的技术革命与产业，它对人类生活的影响将是全面的，不仅将改变我们制作事物的方法，同时也会改变我们所能制作事物的本质。预测未来纳米科技所产生的新材料、新特性及其衍生之新装置、新应用及所建立之精确量测技术的影响，将遍及储能、光电、电脑、记录媒体、机械工具、医学医药、基因工程、环境与资源、化学工业等产业。所谓的“小而美”，相信透过纳米科技的全面发展，我们将能实现“美好的未来不是梦”。

< 专文推荐 >

## 了解纳米科技的第一本书

黄文枢

因为梦想，所以我们创造；因为创造，所以我们进步；因为进步，所以我们产生新的梦想……，一节又一节环环相扣，整个世界正以越来越快的速度变化着，生活环境越来越复杂，但是世界却一直在缩小，因为地球村的形成已经不再是一个梦。

了解自然科学并不是理工科系学生的专利，因为科学不仅仅只是知识，也是我们生活中的一部分，我们随时随地，时时刻刻、分分秒秒都在接触科技的产品，而科技也随时随地，时时刻刻、分分秒秒在方便我们的生活。科技和生活可以说是相辅相成、缺一不可的。但是有许多在学学子，对科学有兴趣，却因为接触到的书本太过于艰深，而望之却步。

这是台湾学者第一本探讨纳米技术的“科普书”，马远荣教授的专长研究除了表面物理、材料科学、生物物理技术之外，就是纳米技术。自 1999 年起，在本校讲授普通物理和普通物理实验的课程，也发表过许多篇研究论文，致力于基础科学的教学传授。

本书先从历史背景探讨纳米技术，再扩展到由经济、材料、研究、应用，由浅而深多层面去描述，许多专有名词也有备注加以详解，使读者更容易了解纳米的世界。

不管你是学理工，还是读文科的人，只要你对科学有兴趣，对生活的世界有热情，以及有一探究竟的欲望，相信读了本书，都会有意想不到的收获。

(本文作者为东华大学校长)

< 专文推荐 >

## 纳米时代来临了！

姚永德

刚跨过 21 世纪的门槛，我们立即感受到“纳米时代”的降临。近年来纳米结构之科学及技术（nano-structured science and technology）已成为全世界各先进国家相当重要的科学技术，由纳米技术产生之工业更是快速地在萌芽茁壮。

大家都知道 1 纳米其长度为 10 亿分之 1 米（ $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ ），纳米结构或材料之尺寸大小介于 1 纳米到 100 纳米之间。纳米技术产业已广泛被看好是 21 世纪高科技产业明日之星，台湾亦将从 2002 至 2007 年这 6 年之间，投入数百亿从事纳米技术之研发。具纳米科技多年经验的东华大学马远荣教授，深入浅出地撰写此《纳米科技》一书，极具时效性。

纳米科技是新世纪的明日之星，将带动材料、资讯、光电、生医、机械、化工、钢铁等产业进入新的发展方向，大幅度提升产业附加价值与竞争力，许多国家：包括美、日、欧、中国等，都竞相投入。中国台湾希望能在现有多项技术整合优势基础下，加速结合各大学、研究机构，成为产业的世界领导之一。

纳米结构及纳米尺寸颗粒的物理及化学性质，与一般巨观的块材及结构有极大之差异：例如纳米粒子具高延展性、高催化性、高硬度、低熔点、及不同于一般块材的热导、电导、磁及光等性质。微小尺寸物质的物理现象是不易用古典物理定律

来描述的, 必须考虑量子等效应。

在固态物理中, 无论理论或实验, 由微米到纳米尺寸的各种现象的研究及发展, 近年来都有快速及重大的进展。大家都知道近年来在次微米及纳米尺寸各类物质之结构及物性研究, 因(1)在制造及量测技术方面的进步; (2)应用方面记忆体密度的快速增长; (3)电子材料及元件尺寸之急速减小, 急需进一步研究并了解这些超微小物质结构之量子与原子尺寸之物理性质, 并发展新制造技术与元件设计之新方法。

作者由纳米科技之发展、纳米科技与工业、纳米材料等分门别类, 做有系统之介绍, 希望读者们在看完此书后, 大家一起来为“纳米时代”作出贡献。

&lt; 导读 &gt;

## 发展纳米科技，提升台湾产业

郑天佐

很多科学家认为纳米科技和产业的成功结合，将会激发 21 世纪的新产业革命。有些人甚至于预测纳米科技对人类的影响将远超过半导体和资讯科技，原因是它不只会对电子和资讯工业造成重大冲击，也会对化学、生物和医学技术做出同样的贡献，因此值得国家大量投资，加紧这方面的研发工作。前美国总统克林顿向国会提出一项推动纳米科技的法案，大量投资此项研究，其他先进国家也不甘落后，把发展纳米科技当作国家研发重点。

到底什么是纳米科技？纳米是长度的单位，它代表的是十亿分之一米，或约三四个原子串起来的长度。一般地说，只要尺寸在 0.1 至 100 纳米之间的材料结构的物理化学性质研究，和这种材料结构的制造、操纵，和量测等技术和仪器的研发，都可称之为纳米科学和技术。我们是否已经进步到真正能把纳米科学的发现，大量应用到工业产品的程度呢？在某些化学材料的应用，如染料和涂料，锂电池材料与隔离膜等，纳米技术已经成功地用在生产技术上。但谈到大规模应用，我们不妨借用美国 IBM 公司纳米科技研究群主持人最近讲的话：“其实现在还谈不上纳米科技，只能说是纳米科学而已”，也就是说在现阶段，纳米技术尚未成熟，与纳米科学仍无法区分。原因