

主编
林 菁
孙学琛
胡海棠

重新架构一切

新材料

构建未来的高新技术丛书

9

邓海金 陈秀云 等编著

科学出版社
金盾出版社

本书是“构建未来的高新技术丛书”第9卷，主要介绍新材料领域的最新研究成果。全书共分五章，分别介绍了新材料的定义、分类、性能、应用及发展趋势。本书可作为从事新材料工作的工程技术人员、研究人员及高等院校相关专业师生的参考书。

构建未来的高新技术丛书⑨

主编 林菁 孙学琛 胡海棠

重新架构一切

新材料

邓海金 陈秀云

等编著



科学出版社
金盾出版社



内 容 简 介

本书为《构建未来的高新技术丛书》之⑨。本书共分16章。开篇语与第1章介绍人类与材料科学的关系；第2章介绍材料的微观世界，揭示了材料的本质；第3章至第16章介绍各种现代和未来新材料，内容丰富，将现代和21世纪初叶新材料及其应用前景展示在读者面前。

本书可供广大初中以上文化程度的青年及新材料爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

重新架构一切：新材料 / 邓海金、陈秀云等编著.

-北京：科学出版社，金盾出版社 1998. 6.

(《构建未来的高新技术丛书》⑨)

ISBN 7-03-006541-7

I. 重… II. 邓… III. 新材料应用 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 02358 号

科 学 出 版 社

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

金 盾 出 版 社 出 版

北京太平路5号

邮政编码：100036

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1998年6月第一版 开本：787×1092 1/32

1998年6月第一次印刷 印张：6 1/4

印数：1—8 000 字数：136 000

定价：6.90 元

前 言

当今天计算机已成为家庭和办公室重要的工具时,你可曾想到它已发展到“中年”,甚至走向过时?

当今天军队构成除了已有的陆、海、空及防化兵、装甲兵等以外,还诞生了一种新兵种:电子对抗部队,你知道这种兵种的作用吗?

有人说,不久会有一种传感器类的神奇“小玩意”,能在宇宙中漫游,上能上天,下能入地,高兴了还能在人体血管、脏器中“鼓捣”一番,随心所欲,法力无边,你相信吗?

不久的将来,机器人不仅可以在机械生产线上操作,还能在大学讲台上授课,甚至上手术台,自主地为人类疾病做各种手术,那将是幅什么样的场面?

人类患有许许多多疾病,能用基因生物药物治疗,就采取口服的方法,从消化道吸收,达到治愈的目的;不能用药物治疗,就可以采取更换的办法,心脏病了,换个好的;肝脏功能不好,可以换个肝脏;肾功能衰竭,可以换个新的;什么癌症、冠心病,什么艾滋病和免疫缺陷病,都将成为过去历史的记载。

科学技术的脚步,日新月异。

有人做过这样的评估,近 30 年人类创造的知识

44314



约等于过去 2000 年的总和。20 年后人类的知识将比现在增加 3~4 倍；而 50 年后，人类现在掌握的科学技术将仅仅占那时总量的 1%。科技发展的高速度将实实在在地让每一个地球人不得不越发感到掌握科学技术是下一世纪人类生活、生存的基础。

的确，科学技术的革命性作用改变了传统的一切，包括知识体系、思维体系、经济体系，乃至社会结构。我国实施“科教兴国”战略，一个重要的目标就是在全社会树立尊重科学、崇尚科学的优良传统，提高中华民族的科技素质和科学思维能力。这决定着中华民族的未来，它是中国面向新世纪的第一需要。

为了普及、传播、显示已有的科技成果，同时也为了展望不久就要到来的新世纪，我们构思了这套《构建未来的高新技术丛书》。

我和我诸多的同事试图用大众化的语言，尽量生动地讲述航天技术、海洋开发技术、信息技术、生物技术、军事技术、新能源技术、环保技术、激光技术、新材料技术和自动化技术的方方面面。十本小书，有如十朵小花，寄望在科学出版社、金盾出版社同仁们的培植下，能在科普百花园中，增添一束新秀；寄望这十本小书，能在动员亿万人民参加发展科技是第一生产力的伟大实践中发挥些作用。

林 菁

1998 年 5 月 7 日

于中国科技情报学会



目 录

开篇语	1
1 材料与人类	4
人类历史的画卷——材料的发展史	4
现代文明社会的先导——新材料	5
材料、新材料和高技术新材料	8
2 材料的微观世界	12
材料内部质点的排列	12
晶体材料的微观世界	12
大晶体中有小晶体——多晶体	14
晶体的不同“角色”的变化——相变	16
晶体中的缺陷	17
非晶体的微观世界	19
3 古老而又新颖的金属材料	22
历史悠久的金属材料	22
奇妙的合金元素	24
魔术般的热处理工艺	25
“强度之最”的超高强度钢	28
什么是“超合金”	29

	像塑料一样的金属“超塑性”	31
	神奇的“形状记忆”合金	32
4	划时代的高分子材料	35
	什么是高分子材料	35
	曲折的发展历程	36
	用途广泛的塑料	38
	橡胶——汽车和飞机离不开的材料	45
	琳琅满目的化学纤维	47
	巧夺天工的功能高分子材料	49
5	异军突起的新型陶瓷	53
	陶瓷概念的革命	53
	发动机中的陶瓷	54
	切削大王——陶瓷刀具	55
	有没有高韧性陶瓷?	57
	电光源领域的新秀	57
	自动点火器中的压电陶瓷	58
	电容器中的介电陶瓷	59
	具有“知觉”的陶瓷	59
	磁性陶瓷	61
6	信息技术的支柱——电子材料	62
	信息技术与电子材料	62
	集成电路的核心——半导体材料	64
	集成电路的保护神——封装材料	65
	千里眼与顺风耳——敏感元器件材料	67
	电力电子技术的基石——磁性材料	69
	八仙过海,各显神通——功能各异的其它电子材料	70
7	多彩多艺的薄膜材料	72
	什么是薄膜材料	72

薄膜材料是如何制造的？	73
物理气相沉积制备薄膜材料	74
化学气相沉积制备薄膜材料	79
用途广泛的薄膜材料	81
神奇的超硬薄膜材料	82
海量存储的光记录薄膜材料	83
既透明又导电的 ITO	84
无所不在的薄膜材料	85
8 未来的能源库——贮氢材料	86
氢能——一种新的“绿色”能源	86
会“呼吸”氢气的合金	86
新型贮氢合金	88
贮氢合金的妙用	89
一种新的“绿色”电池	90
9 造福未来的超导材料	92
惊人的发现——超导现象	92
超导奥秘的探索	93
在磁场作用下不同的两类超导材料	95
超导电性的微观奥秘	98
神奇的超导陶瓷	99
功力强大的超导磁体	102
飞起来的“火车”——磁浮列车	104
超导的约瑟夫逊效应及应用	105
超导材料家族的其它成员	107
10 信息时代的先导——光导纤维材料	110
光通信的神经——光导纤维	110
光导纤维的传光原理	112
光导纤维的光损耗	114



光导纤维的色散	115
通信光导纤维的制备	116
非氧化物玻璃光导纤维	118
能产生激光的光纤	119
光纤家族的其它成员	120
太有用武之地的光纤	123
11 “珠光宝气”的人工晶体材料	126
“宝石”与高新技术	126
人工晶体与激光	128
人工水晶与“电子战”	130
珍贵的钻石也可人工制造	131
现代军事装备离不开的光学晶体	133
未来能源与非线性光学晶体	134
为生活增色生辉的人造宝石	135
12 多功能的非晶态材料	137
由复印机说起	137
非晶态材料是如何制备的呢?	138
非晶态金属的特点和用途	141
非晶态半导体材料的特点及应用	145
非晶态材料在光盘中的应用	148
13 可流动的晶体——液晶	150
什么是液晶	150
液晶的历史	151
液晶的种类	152
液晶特性与用途	154
14 奇妙的笼形碳	156
神秘传奇的身世	156
笼形碳的结构	157

笼形碳是如何获得的	158
丰富多变的形态	159
奇异诱人的性能	161
C ₆₀ 潜在的应用前景	162
15 未来的新材料——纳米材料	166
沙漠中的异想天开	166
奇异的结构与性能	167
具有超塑性的陶瓷	168
强度韧性俱佳的纳米金属材料	169
可以隐形的纳米聚合物材料	170
功能齐全的纳米复合材料	171
纳诺技术——纳米材料的制备方法	171
广泛的应用前景	175
16 世人瞩目的环境材料	177
由白色污染说起	177
材料与环境	178
环境材料的诞生	179
环境材料的发展	180
环境材料的应用	182
环境材料的理论研究	184
结语	186
后记	187



开篇语

21 世纪,您在北京。

您驾驶着用无污染的氢作燃料的高效能陶瓷发动机小汽车,奔驰在宽敞的高速公路上。

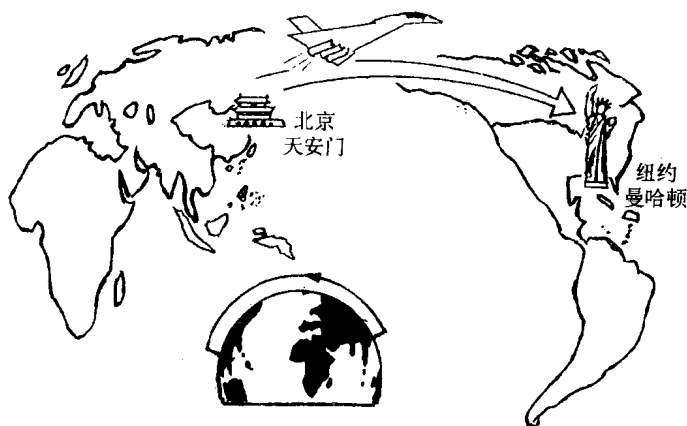
您要旅行吗?乘坐舒适的高速超导磁浮列车,用不了 2 小时就可以从北京抵达上海了。要去美国?也容易,您可以乘坐 5 倍音速的洲际飞机,二三小时后,您就从东半球的中国来到西半球的美国,漫步在纽约的曼哈顿大街上,让您体会到了“天涯若比邻”的感觉。

当您想念远方的亲人时,可以打开手中的微型计算机,通过光导纤维连通互联网络,在液晶屏幕上见到亲人的微笑,可尽情地倾诉相互思念之情。

这是幻想?是神话?不,这是 21 世纪的现实。

您可尽情享受 21 世纪高科技为我们新生活架构的一切。

但是,朋友,您可曾想过,这一切的实现都与新材料的发展休戚相关。事实上,每一项重大新技术的发现和发展,往往都有赖于新材料的发现和发展。没有新材料,许多高科技产品只能停留在幻想之中。



在 21 世纪,乘坐 5 倍音速洲际飞机,从北京到纽约仅需 2~3 小时

难怪世界科技界都一致公认,在当代和 21 世纪的高新技术发展中,材料、信息、能源技术是构造未来人类文明社会大厦的三大支柱。

特别是新材料技术,它是信息、能源技术发生根本变革的基础。信息的传输、存储、控制和利用,能源的开发、提炼、转化和储运等新技术发展都离不开材料科学的发展。

提起现代信息技术,总离不开计算机。从第一台计算机诞生后的 50 年来,计算机的信息处理速度已经提高了几千倍,体积也缩小到只有第一台计算机的几十万分之一。计算机的心脏也由电子管变成了超大规模集成电路的芯片。是什么魔力改变了这一切? 是新材料家族的一员——电子材料。如果将成千上万个超大规模集成电路封装在几立方毫米大小的多层芯片之中,制成性能更高、速度更快、耗能更小的掌上计算机,您将可在任何地方、任何时间通过网络和世界各地进行交

流。

这不是神话、不是幻想，在未来的 21 世纪，在高密度封装技术中电子材料、金属材料和陶瓷材料的巧妙结合，就将把这种看似神话的幻想变为现实。

当今世界“能源危机”是令人忧心忡忡的话题。人们担心有限的天然能源——石油或煤总有一天会耗尽。但是值得庆幸的是，在我们生活的地球上，有 $2/3$ 以上的面积是海洋，只要有水，人类就有取之不尽的能源——氢。不过，人们要利用氢，就不得不依靠新型能源材料——储氢材料和超导材料。就说超导材料吧，有了它，人们就可以制成功力强大的超强磁体，它可以在受控核聚变反应堆中发挥巨大作用，给人类未来带来能源的“福音”。

此外，在现代和未来的交通、通信、航空航天、化工、生物医学……各个领域，新材料无不显出其神奇的功效：

我们有理由相信，在 21 世纪中，材料科学和新材料的发展将引起新的技术革命，将重新架构我们生活中的一切，改变着我们的世界，使我们的未来变得更加美好。

1

材料与人类

人类历史的画卷——材料的发展史

人与其它动物的显著标志之一是会制造和使用工具。工具是由什么制成的？是材料。也可以说，人类之所以在万物中脱颖而出，会利用材料来制造和使用工具是至关重要的。

大家都很熟悉，在人类的发展史上，历史学家早就把人类对材料的认识和作用作为其发展阶段的标志，如石器时代、陶器时代、青铜器时代和铁器时代。

早在史前，原始人类在与自然界的抗争中开始学会了使用石器、骨器和木器来捕杀猎物，学会了利用动物的皮革和大自然的茅草和树木来遮身、挡风遮雨，在用火过程中还学会制造陶器。进而人类在寻找石器的过程中又逐渐认识了矿石，并在烧陶中发现和发展了冶炼术。人类从此由石器时代、陶器时代进入了青铜器时代、铁器时代。人类的智慧也由此发展到开始利用天然材料而进入按照自己需求来制备材料的阶段。

人类对铜器和铁器的应用，大大促进了社会的发展和进步。这一事实表明了生产技术对社会生产力发展的巨大推动，使社会生产力起了革命性的变化，从而加速了人类社会发展的进程，把人类物质文明社会推向前进。因此，人类社会的发展和进步都和材料的发展与进步分不开的。

可以说，材料的应用与发展勾画了人类早期文明发展史。时至今日，材料的发展仍然是现代人类物质文明社会发展的

基础和支柱。



图 1-1 材料的发展与人类社会

当今人们都说,材料、能源和信息技术是构成人类现代社会大厦的三大支柱。事实上也是如此,人类社会发展的历史证明,材料是社会进步的物质基础与先导,而新材料更是现代文明社会的先导。

现代文明社会的先导——新材料

我们都知道,现代文明社会的标志之一是科学技术和生产力的高度发展。科学技术是第一生产力,科学技术的发展对生产力的发展有着极大的推动作用。新材料是现代文明社会的先导,是高科技中“逢山开路,遇水架桥”的先锋。

在第一次工业革命中,蒸汽机的发明带动了纺织机械、交通运输工具(火车、轮船)和发电、输电等电力设备的发展。但

是,不要忘记,蒸汽机的发明除了物理学和机械学的发展基础外,它的重要的物资基础是材料。显然,没有钢铁材料的发展,也就没有蒸汽机的出现。在这次工业革命中,随着各种机械的发展以及对材料要求的不断提高,钢铁材料也得到了发展。从普通钢铁到低合金钢、高合金钢,由低强度钢发展到高强度钢,进而又对各种机械的结构提出新的要求。

就是这样,机械发展的要求促使新材料的发展,而材料的发展又促使着新型机械向更轻、更高速和更高效的方向发展。

在今天,现代科学与技术的发展更是离不开材料科学的发展。材料科学与技术的每一次重大的突破,都会引起生产技术的革命,给社会发展和人们生活带来巨大变化,把人类物质文明推向前进。

在信息时代的今天,人们更能体会到这一点。半导体材料可以称为第二次工业革命的先导。

大家都知道,1946年,第一台计算机是由电子管制成的,信息处理速度仅每秒10万次,体积有几个房间大。而大家现在都熟悉的装有奔腾处理器的台式计算机,信息处理速度已达每秒上亿次,体积仅为世界第一台计算机的几十万分之一。现代计算机有了这样大的进步与发展,超大规模集成电路芯片是最大功臣。但没有电子材料的发展,特别是半导体材料的发展,这一切都是不可想象的。

人们对信息处理速度的要求还会更高。可以相信,在21世纪,随着电子材料的发展,处理速度更快、体积更小、功能更强、更节省能源的新器件一定会开发出来。

在集高科技于一身的宇航技术中,无论是运载火箭,还是航天飞机,无不体现出现代新材料对人类幻想的垂青。

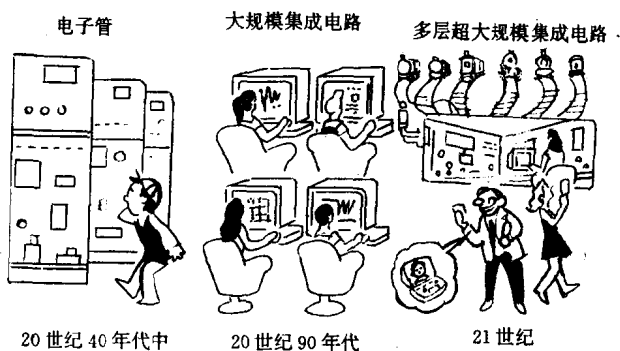


图 1-2 电子材料发展与计算机科学的进步

在 20 世纪初,人们就幻想能上月亮去拜访独居广寒宫的嫦娥,只是囿于当时材料的性能无法满足飞上太空的要求。现在,人类的脚印已深深印在了月球寂静的尘埃上,并且乘坐航天飞机遨游太空。人类的这一壮举是经历了几代人的不懈努力的结果,其中材料学家们功不可没。

就只说航天飞机能安全进入太空又返回地球这件事。您不要看空气是看不见、摸不着,但航天飞机进出大气层时,与大气发生摩擦,特别是最前端的头部和机翼前缘,因摩擦产生的高温可达到 2000°C 。这可不是随便什么材料都可胜任的。它需要采用能抗高温、耐烧蚀的由碳纤维增强碳-碳复合材料。实际上,运载火箭或是航天飞机,为了飞得更快、更远,能装载更多的有效载荷,几乎是集目前先进复合材料于一身的。