

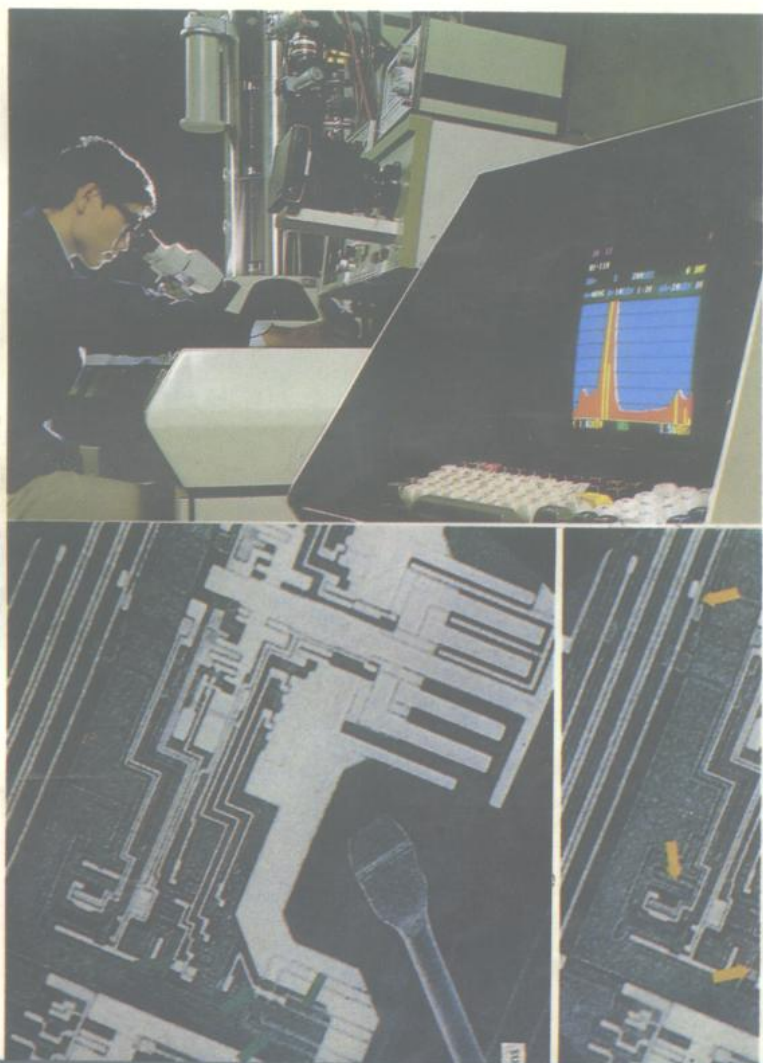


现代高技术知识丛书

新材料技术

——科技进步的基石

乔松楼 乐俊淮 苏雨生 编著



中国科学技术出版社

现代高技术知识丛书

新材料技术

——科技进步的基石

乔松楼 乐俊淮 苏雨生 编著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 175 号

图书在版编目(CIP)数据

新材料技术——科技进步的基石/乔松楼等著. —北京:
中国科学技术出版社, 1994

(现代高技术知识丛书)

ISBN 7-5046-1624-9

I. 新… II. 乔… III. 材料科学—基本知识 IV. TB3-1

中国科学技术出版社出版

北京海淀区白石桥路 32 号 邮政编码:100081

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市顺义县板桥印刷厂印刷

*

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:6.5 字数:146 千字

1994 年 11 月第 1 版 1994 年 11 月第 1 次印刷

印数:1—5000 册 定价:6.50 元

内 容 提 要

本书是《现代高技术知识丛书》中的一本。本书以广阔的新材料技术领域为背景,有选择地介绍了一些典型的、对当今科学技术及社会生活影响较大的材料技术,其中包括金属王国的新秀、奇妙的新型陶瓷、新型的高分子材料和高性能复合材料,以及意义重大的信息与光电子材料,超导材料和军用新材料,并展望了新材料技术的发展前景。

《现代高技术知识丛书》编委会

主 编 杨立忠
副主编 杨钧锡 乐俊淮 别义勋
编 委 (以姓氏笔划为序)
乔松楼 李 杰 李亚一
张智善 周碧松

责任编辑：秦利中

封面设计：沈 松

技术设计：王震宇

普及高科技基础知识

提高全民民族科技意识

周培源

一九九二年四月十日

序

纵观人类发展史,科学和技术始终是促进社会变革的重要因素。马克思早在 100 多年前就曾说过,科学是“最高意义上的革命力量”。他还指出,“社会的劳动生产力,首先是科学的力量”。近代科技史实表明,每一次重大科学的发现、技术的创新,都使人们对客观世界的认识产生飞跃;每一次技术革命浪潮的兴起,都使人们改造自然的能力和推动社会发展的力量,提高到一个崭新的水平。20 世纪下半叶以来,高科技的飞速发展,已越来越深刻地影响着世界经济、军事和社会发展的进程。现实生活无可争辩地证实现代科学技术是第一生产力、重要的军事战斗力和社会进步的强大驱动力。

当今世界,各国综合国力的竞争,实质上就是现代科学技术的竞争。增强全民的现代科技意识,是培养造就高素质人才群体的基础条件。培养人才,最重要的手段之一,是加强现代科学技术的普及宣传,广泛普及和传播科技知识,提高人们的高科技意识和科学文化水平,使科学技术被广泛采用,最大限度地转变为改造世界、创造未来、推动社会进步的物质力量。

现代高技术的发展突飞猛进,日新月异。科技进步发展速度日益加快,科学知识有如“爆炸”形式正以几何级数迅速增长着。人类知识的增长永无止境,今后高科技新知识还会更快地出现。高技术重要特征之一是学科的横向渗透、纵向加深、合纵连横、综合交错。高技术的任一领域都是多种知识的融合,多种学科人才的通力合作,从而创造出前所未有的新技术、新工艺、新材料。在这样一个变幻无穷的大千世界面前,为我们提出了迫切需要认真学习的新课题,以便使我们在面向现代化,面向世界,面向未来的康庄大道上,

成为有胆略、有知识、有真才实学的跨世纪的一代英才。

学习、了解、研究现代高技术各个领域对一个国家在政治、经济、军事、文化等社会生活各方面产生的深刻影响,透视国内外高技术各个领域发展的来龙去脉、发展趋势和相应对策,是科学家、经济学家、政治家和军事家们必然十分关注的要事。而了解高技术究竟是怎么一回事?它到底有多大威力?国内外有哪些最新发展?以及未来将有哪些新趋势?对从事决策、管理、研究科技工作的国家机关、部队、工业部门和院校广大干部、师生,无疑也都有着重要意义和参考价值。

由中国科学技术出版社出版的《现代高技术知识丛书》正是一套关于现代高技术发展情况的综合性科技读物。它内容广泛,信息量大,寓意深刻,普及性强,熔科学性、知识性、新闻性、趣味性于一炉,深入浅出,可读性强。它以丰富的内容、翔实的材料、感人的事例、流畅的笔触,生动地描绘了当今世界新技术革命的磅礴气象和未来图景,是加强现代科学技术普及教育的实用材料。

我愿将这套丛书推荐给各行各业的读者,特别是关心科学技术发展、国防军事建设的同志们,以开阔视野,增强科技意识和国防观念,放眼未来,激励奋发图强精神,为祖国四化建设贡献力量。

朱丽兰

目 录

引言	(1)
第一章 金属王国的新秀	(6)
第一节 技压群雄的非晶态金属	(7)
第二节 永不忘本的形状记忆合金	(13)
第三节 软硬兼施的超塑性合金	(17)
第四节 用途广泛的超高温合金	(25)
第五节 化难为易的贮氢合金	(29)
第六节 善解人意的减振合金	(35)
第七节 一反常态的金属超微粉	(40)
第二章 奇妙的新型陶瓷	(43)
第一节 陶瓷材料的变迁	(44)
第二节 性能优异的结构陶瓷	(47)
第三节 各有千秋的功能陶瓷	(56)
第三章 新型高分子材料	(70)
第一节 高分子分离膜	(73)
第二节 磁性高分子材料	(77)
第三节 光功能高分子材料	(80)
第四节 其他功能高分子材料	(84)
第四章 高性能复合材料	(93)
第一节 复合材料概述	(94)
第二节 树脂基复合材料	(99)
第三节 金属基复合材料	(105)
第四节 陶瓷基、碳/碳基复合材料	(107)
第五节 复合材料的明天	(109)

第五章 信息材料	(115)
第一节 半导体材料.....	(116)
第二节 光电信息材料.....	(121)
第三节 信息获取与信息记录材料.....	(131)
第六章 超导材料	(137)
第一节 电阻为零的世界.....	(138)
第二节 探索中的超导材料.....	(142)
第三节 令人兴奋的突破.....	(145)
第四节 美妙的应用前景.....	(148)
第七章 军用新材料	(155)
第一节 要求苛刻的军用新材料.....	(155)
第二节 地面作战装备材料.....	(159)
第三节 海上作战装备材料.....	(163)
第四节 空天作战装备材料.....	(166)
第五节 其他武器系统材料.....	(170)
第八章 材料世界的“两条腿”	(176)
第一节 变废为宝的技术.....	(176)
第二节 不断发展的新材料技术.....	(189)
后记	(195)
参考书目	

引 言

材料技术既古老又年轻,既普通又深奥。说“古老”,是因为它的历史和人类社会的历史同样悠久;说“年轻”,是因为时至今日,它依然保持着蓬勃发展的生机;说“普通”,是因为它与每一个人的衣食住行息息相关;说“深奥”,是因为它包含着许多让人充满希望又充满困惑的难解之谜。可以毫不夸张地说,世界上的万事万物,就其和人类生存与发展关系密切的程度而言,没有任何东西堪与“材料”相比。

材料被看作是人类社会进化的里程碑。因为对材料的认识和利用的能力,决定着社会的形态和人类生活的质量,所以,历史学家往往用制造工具的原材料来作为历史分期的标志。一部人类文明史,从某种意义上说,也可以称之为世界材料发展史。我们只要考察一下从石器时代、青铜器时代、铁器时代,直到目前的信息时代的历史发展轨迹,就可以明显地看出材料在社会进步中的巨大作用。为什么石器时代绵延数十万年之久?因为那时候人类只能利用岩石、木材、兽皮、骨骼等天然材料并进行粗糙的加工,生产工具极其落后,所以社会发展非常缓慢。为什么青铜器曾经显赫一时,但又很快被铁器所取代?原因是铁这种材料性能比铜更优越,资源比铜更丰富,加工制造比铜更容易。为什么从1909年贝克兰首次采用化学方法合成酚醛树脂算起,至今不到100年的时间,合成橡胶、合成塑料、合成纤维和各种各样的合成高分子材料,就如雨后春笋般地涌现出来?原因是曾经“在历史上起过革命性作用的”(恩格斯语)钢铁,已经远远无法满足人类日益增长的物质和文化生活的需要。由此可知,每一种新材料的发现和应用,都会给社会生产和人类的生活带来巨大改变,把人类文明推向前进。

• 1 •

1107389

当前,一场全方位、多层次的新技术革命,正在全世界范围内蓬勃兴起,其中新型材料作为新技术革命的支柱也在飞速发展。所谓新型材料或者新材料,是指那些新近发展或正在发展中的,具有优异性能和特殊功能,对加速科学技术进步,促进国民经济发展,增强国防实力具有重大推动作用的材料。新型材料是相对于传统材料而言的,二者之间并没有截然的分界,新型材料的发展往往以传统材料为基础,传统材料的进一步发展也可以成为新型材料。然而,由于新型材料是以科学技术的最新成就为基础,性能超群,应用广泛,因此对发展经济、科技、国防都具有特殊重要的作用。

新材料是当代社会经济的先导,是现代工业和现代农业发展的基础。现代工业不但是直接生产各种材料、而且也是需要各种材料最多的领域,所以有人形象地把材料比做现代工业的骨肉。比如原子能工业、电子工业、海洋开发产业的发展,对材料提出了更新、更高的要求——原子能工业需要耐辐射和耐腐蚀材料;电子工业需要超纯、特薄、特细、特均匀的电子材料;海洋开发需要耐腐蚀和耐高压的材料……。倘若没有符合要求的高质量的材料作基础,便无现代工业可言。因此,为了保持工业产品的领先地位,以最大限度地占有市场,围绕新型材料展开的竞争特别激烈,新型材料成果在国际上一般多处于保密状态,材料愈先进,保密性就愈强。有些材料、工艺即使能够引进来,自己也要有一定的技术基础才能真正消化。可以说,任何一个独立自主的国家,特别是大国,是绝不能把发展新材料的希望完全寄托在引进上的,而必须立足于自力更生。工业是如此,农业也是这样。农业的电气化、机械化、化学化、水利化、工厂化等,都离不开材料的支持。

新材料是国防现代化的保证。国防现代化的关键是武器装备现代化。无论是常规武器还是导弹核武器,都需要性能优异的新型材料。世界各国都把新型材料作为国防高技术发展的物质基础和突破口,谁能更快地开发和应用具有特定性能的新材料,谁就拥有更强大的技术潜力。反之,任何一种新的武器装备系统,离开新型材料的支撑都将无法研制出来。这一点,在1991年的海湾战争中

表现得特别明显。从一定的意义上讲,海湾战争既是“现代高技术武器试验场”,也是“最新军用材料展览会”。透过那场被戏称为“第 2.5 次世界大战”的滚滚烟尘,人们不仅看到了隐身飞机、反辐射导弹、精确制导武器、复合装甲坦克等等性能优异的高技术武器装备,而且看到了日新月异的结构材料、不断发展的高温材料、一物多用的复合材料、巧妙神奇的功能材料。

新材料是科技进步的关键 现代技术特别是高技术的每一项新进展,都和新材料开发应用有着密切的联系。没有高纯度的半导体材料,就不会有微电子技术;没有耐数千度高温的内烧蚀材料和涂层材料,人类遨游太空的梦想就无法成为现实;没有低损耗的光导纤维,便不会出现光通信技术,……。相反,由于某些新材料不过关,有许多新技术的研究功亏一篑,难以实现。众所周知,太阳能是一种取之不尽、用之不竭而又没有污染的能源,每秒送到地面的能量高达 81 万千瓦,相当于全世界发电量的十几万倍,能量密度高达 $0.2 \sim 1$ 千瓦/米²。即使按照转换效率 10% 计算,在我们祖国 960 万平方公里的国土上,每年接收的太阳能就相当于 165 亿吨标准煤,这个数字超过了我国煤炭年产量的 10 倍以上,乍听起来非常诱人,遗憾的是,目前还没有能够找到一种价格低、寿命长、光电转换效率很高的材料把光能转变成电能,所以只能“望阳兴叹”,任凭这宝贵的能源白白浪费掉。诸如此类的例子,不胜枚举。

总之,新型材料的发展,与一个国家的经济活力、军事实力和科技能力都有着十分密切的关系。因此,各国都将新材料研究开发工作置于特殊地位,竞相制订发展规划,采取各种措施,力争抢占新材料技术“制高点”;以推动本国在各个高技术领域持续稳定地发展。许多发达国家为了使自己的产品在市场上独占鳌头,拼命在发展新型材料方面下功夫。在这方面,日本一马当先,把发展新材料作为“技术立国”的基础,并把新型材料的发展放在与微电子技术同等重要的地位。早在 80 年代初期,日本科技厅就制订了一个“创造科技推进计划”,通产省也制订了一个“下世纪产业基础研究开发计划”,这两个官方发展规划内容大部分涉及新材料的基础研

究和应用研究。后一个计划更把新材料、新功能元件和生物工程作为必不可少的革新基础研究。在选定的 13 个项目中,新材料就占了 7 项,整个规划为期 10 年,耗资 4 亿美元。这 7 项课题主要是精细陶瓷、高效率高分子分离膜材料、高结晶高分子、导电性高分子、高性能结晶控制合金、复合材料、光反应材料等等。1984 年,在《日本振兴科技政策大纲》所确定发展的七大高技术领域,“物质和材料科技”被选定为首项,有九大主课题,是内容最丰富、项目最多的一个领域。可见日本政府已经把新材料看作是走向未来的关键技术。面对日本在新型材料方面咄咄逼人的发展态势,美国也不甘落后,把新材料研究的重点放在军用高技术领域,政府各有关部门纷纷制订发展规划和研究课题。美国为了在军事工业中占优势,并保持在高技术中的领先地位,新型材料的研究与开发已进入“白热化”的程度。美国国防研究开发计划厅制订了“新材料研究开发计划”。美国 NASA(国家宇航局)也制订了“飞机能量效应研究计划”,主要研究飞机用的轻质高强材料。在 1991 年初的海湾战争后仅三个星期,即 1991 年 3 月 20 日,美国政府就率先公布了一份长达 127 页的重要文件——《国家关键技术》报告,在这份报告中列举了六大关键技术领域共 22 项关键技术项目,而新材料技术位居六大关键技术之首。西欧各国意识到新材料开发的重要性,在“尤里卡”计划中,新材料也包括在内。德国 1985 年由科技部制订了投资 11 亿马克的“材料科研 10 年规划”,重点有陶瓷材料、粉末冶金、高温金属材料 and 特殊金属材料、新的聚合物材料、复合材料等五项内容。法国于 1983 年也制订了投资 7 亿法郎的“新材料开发计划”,重点有 11 项。法国还制订了一个“光电发展计划”,其中重点之一是建立硅生产线。其他各国也都开始对新型材料予以充分的注意。

在新型材料的研究、开发与应用方面,我国已经取得了难能可贵的成绩。新中国成立 40 多年来,我们在底子薄弱、投资有限的情况下,打破封锁,战胜困难,研制出了数以万计的为实现工业、农业、国防和科学技术现代化所急需的大量新型材料,不仅取得了举

世瞩目的物质成果,而且通过科研和生产实践,培养出了一支从事新型材料研究与开发的科技队伍和一支从事生产的技术熟练的工人大军。但是,必须看到,与世界发达国家相比较,我们在新型材料的研究与开发方面还存在着不容忽视的差距,诸如仿制多,创造少,质量低,成本高,研究、生产和使用之间严重脱节,对基础研究重视不够,研究内容低水平重复等。为了适应国民经济建设、国防建设和高新技术发展对新型材料的日益增长的需要,我国的《高技术研究发展计划》(“863”计划)中,把新材料领域列为七个重点研究发展领域之一,命名为“关键新材料和现代材料科学技术”,其基本任务是为国家高技术各相关领域提供关键新材料并促进我国材料科技的发展。除中长期高技术计划外,我国新材料的研究发展工作还有针对国民经济建设和国防建设的国家攻关计划、为高新技术产业化服务的火炬计划以及为乡镇企业服务的星火计划等。预计新材料在不久的将来会出现更大的突破和发展。

为了促进新材料技术知识的普及,本书分门别类地介绍了新型金属材料、新型陶瓷材料、新型高分子材料、复合材料、光电子材料、超导材料和军用新型材料的发展沿革、基本原理和主要用途,并对新材料技术的发展趋势作了一个扼要的分析 and 展望。但愿它能像一幅导游图,为您浏览广阔的材料世界提供小小的帮助;倘能由此引起您进一步学习和研究的兴趣,那更是作者们莫大的欣慰了。

第一章 金属王国的新秀

在浩瀚的材料世界里,金属王国地盘最大,历史最久。翻开化学教材中的元素周期表,在人类已经发现的107种元素中,和“金”字“沾边”的竟多达84种,加上那独具一格、在常温下呈现液态的汞,一共85种,真可谓“五分天下有其四”。数千年来,包括钢铁、有色金属、稀有金属、稀土金属等金属材料的发现和应用,开创了人类物质文明的新纪元,加速了人类社会发展的历史进程。当今世界,由金属构成的各种材料,已经成为工农业生产、人民生活、科学技术和国防发展的重要物质基础。可以毫不夸张地说,离开了金属材料的“钢筋铁骨”,桥梁将断、舰艇将沉、大厦将倾、工厂将停……总之一句话:整个世界将变得面目全非。

但是,进入20世纪以来,随着金属材料消耗量的急剧上升和科学技术特别是现代高技术的飞速发展,金属材料的“统治性地位”受到了严重的挑战。由于大规模生产工艺的出现和广泛应用,使地球表壳的资源日趋贫化。根据权威人士估计,即使世界资源的贮量再增加10倍,且有50%的金属再生循环,最多也只能维持100到300年;而如果按已探明的贮量和每年消耗的实际增加率,形势更加严峻:称雄数千年的铁只够开采109年,刚刚崭露头角的钛只够开采51年,最早采用人工方法冶炼的铜只够开采24年,而那身价与黄金并列的银只够开采14年……为了摆脱困境,人们想到向地壳深部要金属,向海洋要金属,向废金属回收要金属……但这些办法或者成

本太高,或者数量有限,短期内很难从根本上解决问题。在这种情况下,有机高分子材料、无机非金属材料 and 名目繁多的复合材料应运而生,后来居上,大有“取金属材料而代之”的架势。

金属王国难道真的就此一蹶不振了吗?不!日新月异的新材料技术为金属王国提供了东山再起的良机,一大批“后起之秀”为金属王国的复兴带来了曙光,带来了希望。

第一节 技压群雄的非晶态金属

面对资源枯竭的威胁,人们首先想到的是提高金属材料的性能,延长其使用寿命。比如,超高强度钢的强度目前已达每平方毫米 300 公斤,比普通碳素钢提高 10 倍,从而可以发挥出“以一当十”的作用。其次是发展表面涂层和表面处理工艺,因为许多材料的破坏都是从表面开始的,如腐蚀、磨损等,所以,加强表面的防护也是减少金属材料消耗的一条重要途径。比如,在刀具上用溅射的方法涂上一层几十微米厚的氮化钛,寿命可提高几倍。上述一些方法,虽然也有明显的效果,但基本上是在原来基础上修修补补。能不能独辟蹊径、另想妙法呢?

1960 年,美国人 P·杜维茨等首先发现,当某些液态贵金属合金(如金-硅合金)以每秒 100 万℃的冷却速度急剧冷却时,可以获得一种被称为“金属玻璃”的非晶态合金。由于这种新型材料具有许多优异的物理性能和化学性能,所以它一出现,立刻便受到世界各国材料科学家的青睐。

(一)特殊的名字与特殊的价值

生活在现代社会的人,对“金属”和“玻璃”这两种东西都不陌生,可是对于“金属玻璃”,知道的人可能就不会太多了。有的人甚