

Introduction to
Science & Technology of
New Materials

新材料
科技导论

耿保友 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

TB3
G332.1

安徽师范大学出版基金资助

Introduction to Science & Technology of New Materials

新材料 科技导论

耿保友 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

内 容 提 要

本书是为了适应高等院校教学改革,扩大学生的知识面而编写的,着重介绍新型金属材料、半导体材料、电子、光电子与超导材料、特种陶瓷材料、新型人工晶体材料、非晶态材料、新型高分子材料、纳米材料、液晶材料、先进复合材料和智能材料的基本内涵、主要性能及其应用。本书既注意基本知识、概念的归纳总结,又重视新材料的实际应用,全面涵盖了新材料科学技术的最新研究成果,指出了新材料科技的发展趋势。同时,本书又不乏可读性和趣味性,以浅显的语言和生动的实例将新材料研究的成果和应用融入其中,集知识性、趣味性于一体,适合不同的知识人群,既可以作为材料科学和工程专业的导论教材,又可以作为非材料专业科技工作者对材料科学与工程建立整体与全貌认识的读物。

图书在版编目(CIP)数据

新材料科技导论 / 耿保友主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2007. 7

ISBN 978-7-308-05400-3

I. 新… II. 耿… III. 材料科学 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 092629 号

新材料科技导论

耿保友 主 编

责任编辑 梁 兵

封面设计 张作梅

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州好友排版工作室

印 刷 浙江中恒世纪印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 15.5

字 数 278 千

版 次 2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-05400-3

定 价 23.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88072522

材料是人类一切生产和生活水平提高的物质基础,是人类进步的里程碑。材料对国民经济建设和国防建设起着重要的作用。新材料是高新技术的基础和先导,本身也能形成很大的高技术产业。20 世纪 70 年代,人们把信息、材料和能源誉为当代文明的三大支柱。20 世纪 80 年代,以高技术群为代表的新技术革命,又把新材料、信息技术和生物技术并列为新技术革命的重要标志。这主要是因为材料与经济建设、国防建设和人民生活密切相关。新材料是指那些新出现或已在发展中的、具有传统材料所不具备的优异性能和特殊功能的材料。新材料作为高新技术的基础和先导,应用范围极其广泛,它同信息技术、生物技术一起成为 21 世纪最重要和最具发展潜力的领域。以电子信息技术、新能源技术、航空航天技术、生物技术、新材料技术等为代表的高技术,是当今人类科学技术事业最伟大的成就之一。新材料技术在我国社会经济中起着越来越重要的作用。特别是进入 20 世纪 80 年代以来,大批建立在最新科学成就基础上的高技术蓬勃发展,并迅速向现实生产力转化。高技术及其产业已成为推动经济和社会发展的主导力量,成为综合国力的核心和国际竞争的焦点。正是由于新材料科技在社会发展和人类文明进程中的巨大作用,使得新材料科技成为世界各国竞相发展的首选方向。当前的态势是,谁占有新材料产业优势,谁就占有政治、经济、军事和社会发展的主动权。因此,许多国家都把发展新材料作为基本国策,采取措施,奋力进取,以期在国际竞争中占据有利地位。为了让人们,特别是大学生对新材料科技有一个比较全面的认识,我们编写了《新材料科技导论》一书。

本书共分为 14 章,着重介绍新型金属材料、半导体材料、电子、光电子与超导材料、特种陶瓷材料、新型人工晶体材料、非晶态材料、新型高分子材料、纳米材料、液晶材料、先进复合材料和智能材料的基本内涵、主要性能及其应用。本书还介绍新材料科学与技术的最新研究成果,指出新材料科技的发展趋势。

本书的编写过程中,参考和引用了一些文献和资料的有关内容,部分章节的编写得到了王秀华老师、马金珠、尤家辉等同学的帮助,本书的出版还得到了安徽师范大学学术专著出版基金的资助,在此一并致谢。

限于编者知识的局限和水平,加之新材料领域发展很快,许多新的知识和成果在本书反应得还不够全面,敬请读者谅解。由于同样的原因,书中定有许多疏漏和错误之处,恳请读者赐教和指正。

编 者
2007 年 4 月

第 1 章 绪 论	1
一、材料是人类社会进步的里程碑	1
二、材料、新材料和高技术新材料	5
三、材料对近、现代科学技术的促进作用	7
四、新材料是现代文明社会的先导	8
五、21 世纪初的新材料	10
第 2 章 材料科学与工程基础知识	16
一、材料的分类	16
二、材料的结构	20
三、材料的性能	28
第 3 章 新型金属材料	36
一、形状记忆合金	36
二、超塑性合金	43
三、减振合金	48
四、贮氢合金	51
五、钛及钛合金	53

六、超合金	60
七、金属间化合物	61
第 4 章 半导体材料	64
一、半导体材料的类别	65
二、半导体材料的制备	74
三、半导体材料的发展现状与趋势	80
第 5 章 电子、光电子与超导材料	85
一、电子、光电子和光子材料	85
二、超导材料	88
第 6 章 新型磁性材料	96
一、磁性材料的基本概况	96
二、磁性材料的新成果	102
第 7 章 特种陶瓷材料	110
一、工程结构陶瓷	111
二、功能陶瓷	118
第 8 章 新型人工晶体材料	126
一、光电技术中的人工晶体	127
二、探测技术中的人工晶体	131
第 9 章 非晶态材料	135
一、非晶态材料的制备	137
二、常见的非晶态材料及其应用	138
第 10 章 新型高分子材料	151
一、高分子的发展历程	152
二、高性能高分子材料	153
三、功能高分子材料	157

四、生物医用高分子材料	164
五、智能高分子材料	169
六、高分子光学材料	171
第 11 章 纳米材料	175
一、纳米材料的概念	175
二、纳米材料的特殊效应	177
三、纳米材料的分类	181
四、纳米材料的制备方法	182
五、纳米材料的应用	183
六、纳米材料的研究现状和发展前景	192
第 12 章 液晶材料	198
一、液晶的历史	199
二、液晶的用途	200
三、液晶显示材料	202
四、显示用向列型液晶材料的分类与发展	205
第 13 章 先进复合材料	209
一、聚合物基复合材料	210
二、金属基复合材料	212
三、陶瓷基复合材料	213
四、树脂基复合材料	214
五、先进复合材料的应用和发展前景	215
第 14 章 智能材料	220
一、智能材料的内涵	221
二、智能材料的特征	222
三、智能材料的构成	223
四、智能材料的主要种类	224
五、智能材料的应用	231
参考文献	240

社会的发展,归根到底是生产力的发展,人类文明的进步、人类历史的进程十分清楚地表明,新型材料的不断发现、开发和应用,总是首先成为生产面貌变革、生产力发展的巨大推动力。20 世纪以来,科学技术发展的重要标志是核能、飞机、汽车、化工和电子计算机的发明和发展。核能的开发利用始于放射性镭、钋等能源材料的发现,飞机等其他行业的发展也无一不和其相关材料的发展紧密关联。

一、材料是人类社会进步的里程碑

人类从猿人发展为现代人、发展到有文字记载的文明人的历史,可以说就是一部材料和技术的演变史。我国是一个文明古国,中华民族在材料的开发应用方面谱写了世界史中的光辉篇章。丝绸之路闻名世界,至今为人称道,它就是把中华民族发现、发展的丝绸材料和制品推向世界的见证。相传五千年前黄帝时,我们的祖先便发明了养蚕造丝。比丝绸更早,在史前文化中便有了陶器的制作,并逐渐发展为世界闻名的中国瓷器文化。我国的青铜器文化也很有名,相传蚩尤就曾炼铜铸剑。人类从利用自然界的石块,经过炼钢、制铁,发展到制作硅材料和高分子材料等使用新材料的历程中,技术上从用手、骨工具、陶器、蒸汽机到利用计算机;知识上也从各种直观认识发展到自然科学和社会科学的各门学科。综观人类发现材料和利用材料的历史,每一种重要材料的发现和广泛利用,都会使人类支配和改造自然的能力提高到一个新水平,给社会生产力和人类生活水平带来巨大的变化,把人类的物质文明和精神文明向前推进一步。人与其他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。在人类的发展史上，历史学家早就把人类对材料的认识和利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皮来遮身、挡风遮雨，在用火过程中还学会了制造陶器。进而人类在寻找石器的过程中又逐渐认识了矿石，并在烧陶过程中发现并发展了冶炼术。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。人类的智慧也从利用天然材料发展到按照自己需求来制备材料的新阶段。

早在一百万年以前，人类开始用石头做工具，标志着人类进入旧石器时代。大约一万年以前，人类知道对石头进行加工，使之成为精致的器皿或工具，从而进入新石器时代。在新石器时代，人类开始用皮毛遮身。8000年前，中国就开始用蚕丝做衣服，4500年前，印度人开始种植棉花，这些都标志着人类使用材料促进文明进步。在新石器时代，人类已知道使用自然铜和天然金，但毕竟数量太少，分散细小，没有对人类社会产生重要影响。



图 1-1 材料的发展与人类社会

大约在 8000—9000 年前，还处于新石器时代，人类已发明了用泥土成型，再火烧固化制作陶器。陶器不但是器皿，而且还成为装饰品，对人类精神文明是一大促进，历史上虽无陶器时代的说法，但其对人类文明的贡献却不可估量。这是人类有史以来第一次用自然界存在的物质（土和水），发明制造了自然界没有的物品（陶器）。陶

器可以盛水、煮食物。水在 100°C 沸腾而保持恒温,烧煮食物的营养成分不但不被破坏,而且更易于消化吸收。人类的饮食生活习性由烧烤发展为蒸煮,生存状况彻底改观。因此,文学家认为陶器是人类最伟大的发明。在烧制陶器过程中,人们偶然发现了金属铜和锡,从而使人类进入青铜时代,这是人类利用金属的开始,也是人类文明发展的重要里程碑。世界各地青铜时代开始的时间各不相同,希腊在公元前 3000 年前,埃及在公元前 2500 年前,古代巴比伦在公元前 19 世纪中叶,印度大约在公元前 3000 年已广泛使用青铜器。中华民族在公元前 2700 年已经开始使用青铜器了。至今已有约 5000 年的历史,商周(公元前 17 世纪到公元前 3 世纪)进入了鼎盛时期,如河南安阳出土的重达 875 千克的鼎、湖北随县的编钟、西安青铜车马都充分反映了当时中国冶金技术水平和制造工艺的高超。

公元前 14 世纪—13 世纪前,人类已开始用铁,3000 年前铁工具比青铜工具更为普遍,人类开始进入了铁器时代。中国出土的最早的人工冶铁制品大约出现在公元前 9 世纪。到春秋(公元前 770—476 年)末期,我国生铁技术有较大突破,遥遥领先于世界其他地区,如用生铁退火而制成韧性铸铁以及生铁炼钢技术的发明,促进了生产力的极大发展,对战国和秦汉农业、水利和军事的发展起到很大作用。早在公元 2 世纪,中国的钢和丝绸已驰名罗马帝国。公元前 5 世纪即春秋末期生铁技术已经在黄河、长江流域传播。这些技术于公元 6—7 世纪传入朝鲜半岛、日本和北欧,推动了整个世界文明的进步。

随着世界文明的进步蒸汽机、电动机相继出现,这对金属材料提出了更高的要求,同时对钢铁冶金技术产生了更大的推动作用。1854 年和 1864 年先后发明了转炉和干炉炼钢,使世界钢产量有了长足发展,如 1850 年世界钢产量为 6 万吨,1890 年达 2800 万吨,这大大促进了机械制造、铁道交通及纺织工业的发展。随之电炉冶炼开始,不同类型的特殊钢相继问世,把人类带进了现代物质文明。在此前后,铜、铝也得到大量应用,而后镁、钛和很多稀有金属都相继被发现,从而使金属材料在整个 20 世纪占据了结构材料的主导地位。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—把人类物质文明推向前进。因此,人类社会的发展和进步都是和材料的发展分不开的。

随着有机化学的发展,19 世纪末期,西方科学家仿制中国丝绸发明了人造丝,这是人类改造自然材料的又一里程碑。20 世纪初,各种人工合成的有机高分子材料相继问世。如 1909 年的酚醛树脂(电木),1920 年的聚苯乙烯,1931 年的聚氯乙烯及 1941 年的尼龙等,它们以性能优异、资源丰富、建设投资少、收效快而得到迅速发展。

目前,世界三大有机合成材料(树脂、纤维和橡胶)年产量逾亿吨。而且有机材料的性能不断提高、附加值大幅度增加,特别是特种聚合物正向功能材料各个领域进军,显示出巨大的潜力。

陶瓷本来用作建筑材料、容器或装饰品等,由于其资源丰富、密度小、高硬度、耐腐蚀、膨胀系数小、耐高温、耐磨等特点,到了 20 世纪中叶,通过合成及其他制备方法,被做成各种类型的先进陶瓷。它的研究领域成为近几十年来材料中非常活跃的领域之一,有人甚至认为“新陶器时代”即将到来。但由于其脆性问题难以解决,且价格过高,作为结构材料没有得到如钢铁或高分子材料一样的广泛应用。

复合材料是 20 世纪后期发展起来的另一类材料。众所周知,人类很早就开始制造复合材料,如泥巴中混入碎麻或麦秆用以建造房屋和钢筋水泥一样,是脆性材料和韧性材料的复合。近几十年来,利用树脂的易成型和金属韧性好,无机非金属的高模量、高强度、耐高温,做成了树脂基复合材料或金属基复合材料,前者已得到广泛应用,后者因其制作困难、价格高而受到一定限制。为了改善陶瓷的性能,也制成陶瓷基复合材料。碳是使用温度最高的材料(可达 2500°C),为了克服其热震性能差,提高其力学性能而制出的碳—碳复合材料已广泛用于军工,并扩展到民用。

以上仅以结构材料为主线,概述了材料的发展历史。可以看出,自 19 世纪中叶现代炼钢技术出现以后,金属材料的重要性急剧增加,一直到 20 世纪中叶,由于人工合成有机材料、陶瓷材料及先进复合材料迅速发展,金属材料的重要性逐渐下降,但 21 世纪上半叶前,金属材料仍将占重要位置。

功能材料自古就受到重视,早在战国(公元前 3 世纪)人们已利用天然磁铁矿来制造司南,到宋代用钢针磁化制出了罗盘,为航海的发展提供了关键技术。功能材料是信息技术及自动化的基础,特别是半导体材料的出现加速了现代文明的发展。1947 年发明了第一只具有放大作用的晶体管,十余年后又研制成功了集成电路,使以硅材料为主体的计算机的功能不断提高,体积不断缩小,价格不断下降,加之高性能的磁性材料不断涌现,激光材料与光导纤维的问世,使人类社会进入了信息时代。因为信息时代以硅为关键材料,所以有人称之为“硅片为代表的电子材料时代”,这再一次说明材料对人类文明起了关键的作用。可以说,材料的应用与发展勾画出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发展的基础和支柱。

另外,我们还应该看到,材料的发展直接关系到国家的命运。例如,第二次世界大战期间,苏联在合成材料,尤其是合成橡胶方面取得重大突破,应当说是被残酷的战争环境逼出来的。苏联正是在血与火的洗礼中切身体会到材料对于国家存亡至关

重要,所以他们集中更大的财力、物力和人力投入到材料的研究与生产中去,于是便有了1957年10月第一颗人造地球卫星Sputnik I的上天。Sputnik I震撼了整个世界,而首当其冲的是美国。美国在1910—1935年这个阶段,材料的研究还处于单个自发的研究阶段。后来,一方面是由于科学发展规律本身的需要,另一方面是由于国际政治形势的驱使——第二次世界大战,尤其是苏联Sputnik I的成功发射,才彻底改变其对材料重要性的认识及其对材料研究的态度,从而朝野一致呼吁,国家必须立即拿出钱来,组织力量进行材料的攻坚。1960年,由美国国防部远景研究规划局在一些大学里建立的“交叉学科实验室”,实际上便是美国第一批官办的材料实验室。所以也可以说,美国有组织的材料研究阶段是从这个时期才开始的。但是,即使在这个时期,美国大学中自然学科的各系,仍然很少有“材料科学”这样的概念,对“材料科学与工程”更是毫无认识。1972年,美国国家科学基金会接管这些交叉学科实验室之后,才正式将其命名为“材料研究实验室”(MRL),并在基金会机构中增设“材料研究分部”(MRD)来协调材料的研究。同年,美国全国科学院白皮书的统计数字表明,这时的美国,已有25%的科技工作者致力于材料研究,另外还有25%的科技工作者从事与某些材料有关的研究工作。1985年,美国为开发新材料所支出的费用高达280亿美元。日本的新材料研究所组建于20世纪50—60年代,日本政府每年也以相当大数额的经费投入到新材料的开发研究。各先进国家投入巨大财力、人力、物力致力于材料研究,主要都是为了发展国家实力这一基本国策。中华民族要自立于世界民族之林,更应对材料的巨大作用有足够清醒的认识,要奋发图强,要兢兢业业,努力赶超世界先进水平,形成具有我国特色的材料研究、开发、生产、应用等配套体系。

二、材料、新材料和高技术新材料

在日常生活中,人们经常会在不知不觉中提到材料。我们所说的材料就是“能为人类制造有用器件的物质”,因此,实际上材料和我们生活的衣、食、住、行分不开,也和我们的学习与工作紧密相连。

材料是物质,但并不是所有的物质都是材料。例如,棉花可以纺成纱织成布,布可以做衣,在这里,布是材料,而棉花只是原料。同样,铁矿石和焦炭可以炼成钢铁,钢铁可制成各种机械、汽车、轮船,铁矿石和焦炭只是原料,而钢铁是材料。

在我们日常生活中。所接触到的大多数材料是普通的传统材料,如普通金属材料(如钢铁、有色金属),普通陶瓷材料(如卫生陶瓷、地砖)和高分子材料(如塑料)等。目前世界上传统材料已有几十万种,既有天然材料,又有人造材料,人造材料占绝大

多数。

但是在一些发展迅速的领域,如航空航天、石油化工、电力、电子、交通运输和通信等,除了采用传统的材料外,由于新技术的发展对材料提出了许多新的、更高的要求,因此,就要求采用新材料。

新材料主要是指那些“新近发展或正在发展之中的具有比传统材料更优异功能和效能的材料”。

新材料如按传统材料分类来划分,分为新型金属材料、陶瓷材料、高分子材料等,且还需要添上复合材料。

复合材料是指在现代科学技术发展中,无法采用单一的金属、陶瓷或高分子材料来满足材料的应用性能要求时,用两种或两种以上的材料经过人工复合后产生的一类新材料。大家熟悉的“玻璃钢”就是复合材料的早期代表。“玻璃钢”是玻璃纤维增强塑料,亦称聚合物基复合材料。不过,聚合物基复合材料是在玻璃钢的基础上发展起来的一大类新型复合材料,它不仅可用玻璃纤维,而且可用碳纤维、各种有机纤维来增强。除此之外,复合材料还发展了以金属或陶瓷为基体,用陶瓷纤维、晶须或颗粒来增强的金属基复合材料或陶瓷基复合材料。

目前,化学元素周期表中就有 90 多个元素已成为材料,或者成为由它们参与组成的材料,并且已在各个工业领域中得到了应用。另外,还有成百万计的化合物有成为新材料的可能。新材料正以每年 5% 的开发速度在增长。这些新材料已经成为当今高技术新材料的象征。

所谓高技术新材料,是指“当今高技术时代发展起来的,具有传统材料无法比拟的,有各种新功能,或有明显优异性能的新材料”。

在现代高新技术中,如航空航天技术,要求以力学性能为主的新型结构材料具有高强度、高模量、耐高温、低密度,因此超高强度钢、超合金,以及各种先进复合材料登上了高技术新材料的舞台,为航空航天技术的发展作出了突出贡献,并且还将继续在 21 世纪作出更大的贡献。

新材料优异的电学与电子学功能、磁学功能、光学功能、热学功能以及化学与生物医学功能,在现代高科技中将继续发挥出巨大作用。例如,人们所熟知的电子材料——半导体材料具有不可替代的电子功能,在计算机与电子设备中起到主角的作用,其实,电子材料中的磁性材料、封装材料、压电与磁电材料等敏感元器件材料,以及液晶显示材料也同样在各自的领域中发挥着重要的作用。在具有特殊功能的材料中,对未来文明将会起巨大作用的是超导材料、贮氢材料、非晶材料、纳米材料、生物材料以及各种功能复合材料。这些材料既可以是金属材料,也可以是陶瓷材料,还可

以是高分子材料。

三、材料对近、现代科学技术的促进作用

从世界科技发展史看,重大的技术革新往往起始于材料的革新与开发。例如,20世纪50年代镍基高温合金的出现,将材料使用温度由原来的约700℃提高到900℃,从而导致了超音速飞机问世;而高温陶瓷的出现则促进了表面温度高达1000℃的航天飞机的发展,如此等等。反过来,近、现代新技术(如原子能、计算机、集成电路、航天工业等)的发展又促进了新材料的研制。目前已涌现出了各种各样的新材料,以致有人将这个时代称为精密陶瓷时代、电子材料时代、复合材料时代、塑料时代或合成材料时代等。

没有半导体材料的开发和工业化生产,是不可能有当前的计算机技术和现代信息革命;没有现代的高温、高强度结构材料(高温合金、高温陶瓷),便没有今天的宇航科技;没有低损耗的光导纤维,便不会出现光信息的长距离传输,也没有当前的光通信,“信息高速公路”更是无从说起了。所以,材料既是一个独立的领域,同时又与几乎所有其他新兴产业密切相关,可以说没有相应的材料,任何一项新技术都难以实现,任何科学技术开发都难以成功。

新世纪美国确定的三大经济发展重点为:信息产业、生物产业和纳米技术产业,其两大支柱一是材料,二是先进制造技术。三大重点中,纳米技术是21世纪不仅在美国,而且在全世界都是富有挑战性、富有活力的新科技。纳米技术产业必然包含纳米材料,再加上两大支柱之一,可见材料对21世纪科技与经济发展的重要性。1985年至1987年,材料科学基础研究连续3年获得诺贝尔奖。奖励的成果分别为量子霍尔效应的发现、隧道扫描电子显微镜的发明和高临界温度超导体的合成。2000年10月10日,日本筑波大学的白川英树(Hideki Shirakawa)、美国加利福尼亚大学的黑格(Alan J. Hegger)和美国宾夕法尼亚大学的马克迪尔米德(Alan G. MacDiarmid)因对导电聚合物材料的发现和发展作出重大贡献而获得2000年度诺贝尔化学奖。这也充分表明材料科学技术对于人类科技事业的巨大贡献。

四、新材料是现代文明社会的先导

材料既是人类社会进步的里程碑,又是社会现代化的物质基础与先导。当今人们都说,材料、能源和信息技术是构成现代人类社会的三大支柱。事实的确如此,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。

例如,从电子技术的发展史来看,新材料的研制与开发起了举足轻重的作用。1906 年发明了电子管,从而出现了无线电技术、电视机、电子计算机;1948 年发明了半导体晶体管,导致了电子设备的小型化、轻量化、节能化以及成本的降低、可靠性的提高与寿命的延长;1958 年出现了集成电路,使计算机及各种电子设备发生一次飞跃。此后,集成电路的发展十分迅速,这就是以硅为主的半导体材料相应发展的结果。进入 20 世纪 90 年代,集成电路的集成度进一步提高,加工技术达到 0.3 微米。这些都与硅单晶体的生长和硅片的加工技术密切相关,即对单晶纯度与缺陷的要求不断提高,单晶直径不断增加,晶片的加工精度和表面质量提高,从而使芯片成品率大为提高,而价格急剧降低。这就是硅材料研究与加工水平提高的直接结果,也是为什么计算机的功能愈来愈强,而价格却不断下降的重要原因。随着计算机速度与容量的增加,以电子作为传输媒介受到限制,因而考虑光传输,即利用光子而不是电子作为携带信息的载体,于是发展了光电子材料,用光子器件制成的光计算机具有大容量、高速度,而且有助于向智能化方向发展。现代的计算机信息存储手段也在不断革新与进步(一要容量大、密度高,二要易于快速随机存取,三要能擦除和反复使用),这些要求都要靠材料的不断进步来满足。计算机又是工业自动化的关键设备,需要精度很高、性能稳定的传感器配合,才能实现自动控制。因此,开发各种用途的敏感材料便成为重要环节。

通信一般采用微波、电缆来传输信号。可是自从 1966 年在理论上提出可用光波进行通信后,经过十年研究,1976 年出现了国际上第一条试验性光纤通信线路,1988 年建成第一条横贯大西洋的海底光缆,其造价只是 1956 年所建同轴电缆的百分之一。光纤传输信号容量大(如一根 0.01 毫米的光纤维可传输数以千计的电话,比一般同轴电缆有数量级的提高),且具有造价低、中继站少、保密性强等特点。因此,光导纤维的研制成功,改变了整个通信体系,为信息的传输做出了重要贡献。除了光导纤维以外,激光技术与电子技术的发展是其重要的促成因素,而这些都与材料密切相关。也正是由于材料和材料科学的发展,使 20 世纪 90 年代初期提出来的“信息高速

公路”的设想已成为现实。

又如,现代文明的另一标志是航空航天技术的发展。由于战争的需要,20世纪40年代出现了喷气技术。而这种技术的实现,是以高温材料及高性能结构材料为依托,特别是高温合金和钛合金的发展,不但提高了歼击机的性能,而且为今天大型客机的安全及有效载荷的提高、持续航行时间的延长及飞机与发动机的长寿命提供了可能。作为航空航天所用的材料,其比强度、比刚度尤为重要,因为飞机发动机每减重1千克,飞机可减重4千克;航天飞行器每减重1千克,就可使运载火箭减重500千克。所以对高速飞行器来说,要不惜一切代价来减轻质量。新开发出来的高强度高分子纤维芳纶,其比强度较之高强度钢高出近100倍。有人设想用这种材料制成飞机,飞行速度可达15马赫,从纽约到东京只需2小时。比刚度对于飞行器也是十分关键的。高比刚度材料,在相同受力条件下变形量小,从而保证了原设计的气体动力性能。这就是为什么要大力发展纤维增强的树脂基及金属基复合材料的重要原因。另外,热机的工作温度越高,其效率也越高,但是目前所用的金属材料由于熔点及抗氧化能力所限,不能保证更高的使用温度。因此,现代功能陶瓷就成为当前研究的重点。

我们都知道,现代文明社会进步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。所以说材料是现代文明社会的先导。

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,要知道,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、更高速和更高效率的方向发展。

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,把人类物质文明向前推进。

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。

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