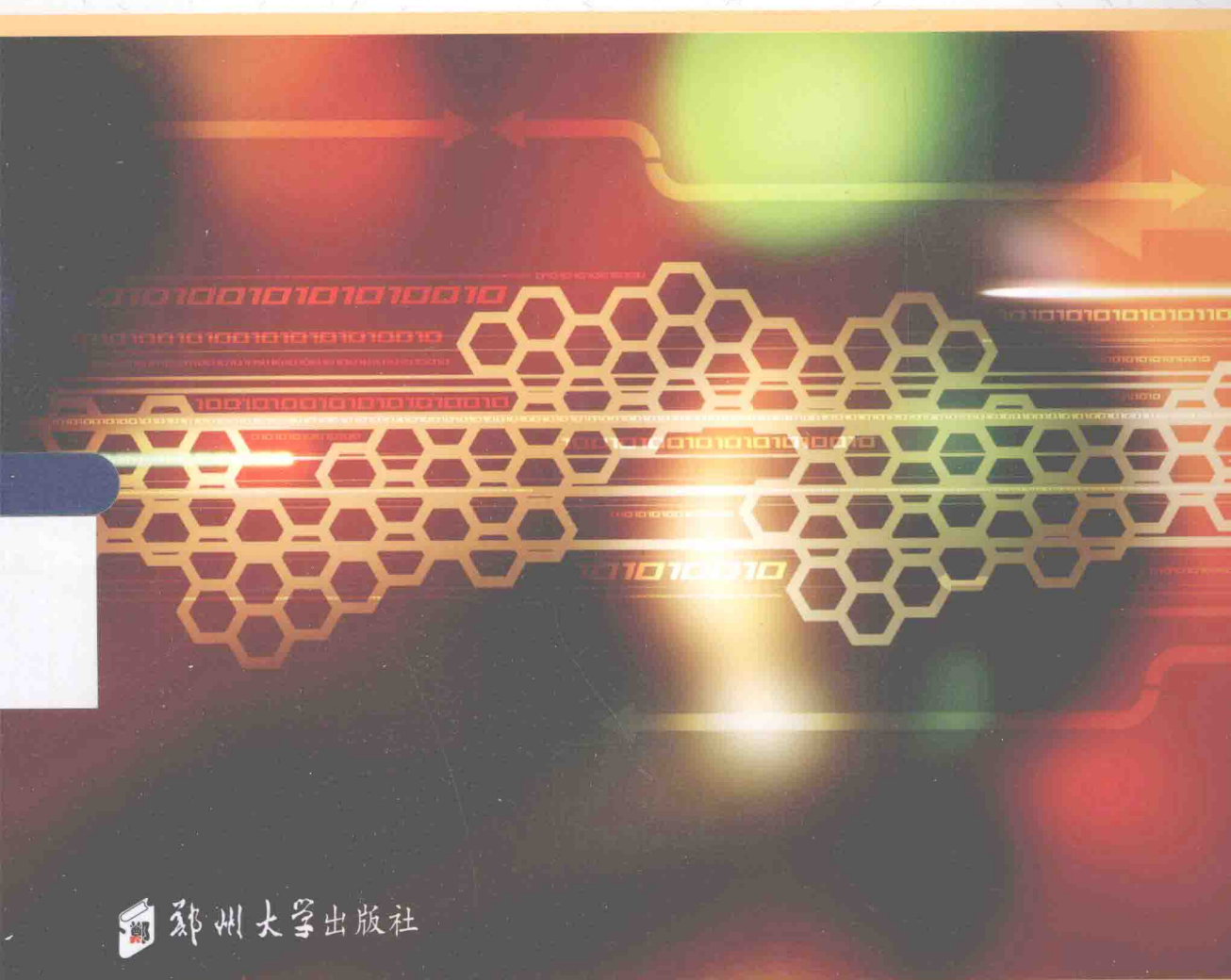


新型功能材料设计及应用

XINXING GONGNENG CAILIAO SHEJI JI YINGYONG

屈凌波 主编



014060280

TB34
59

新型功能材料设计及应用

XINXING GONGNENG CAILIAO SHEJI JI YINGYONG

屈凌波 主编

 郑州大学出版社
郑州



北航

C1747492

TB 34
59

075030210

图书在版编目(CIP)数据

新型功能材料设计及应用/屈凌波主编. —郑州:郑州大学出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-5645-1567-6

I. ①新… II. ①屈… III. ①功能材料-设计②功能材料-应用 IV. ①TB34

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 213463 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

郑州龙洋印务有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:19

字数:453 千字

版次:2014 年 5 月第 1 版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

印次:2014 年 5 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-1567-6

定价:56.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

编写人员名单

主 编 屈凌波 河南工业大学

副主编 吴拥军 郑州大学

李炎强 中国烟草总公司郑州烟草研究院

编 委 (以姓氏笔画为序)

李炎强 中国烟草总公司郑州烟草研究院

杨 冉 郑州大学

杨素玲 安阳师范学院

吴拥军 郑州大学

屈凌波 河南工业大学

郭 正 中原工学院

内 容 提 要

本书简要介绍了材料的发展、作用、分类及新型功能材料取得的进展。在内容上精选了新型功能材料领域中一些前沿课题,诸如纳米及纳米复合材料、半导体量子点、石墨烯材料、碳纳米管复合材料、新型生物材料、吸附高分子材料等。特别是在新型功能材料应用领域中,编者结合课题组近年来的科研实践,分别给出金磁纳米复合微粒在生物标记检测中的应用、半导体量子点在光电传感中的应用、石墨烯功能化应用、碳纳米管复合材料在电极分析中的应用、生物材料在组织工程中的应用、吸附高分子材料在卷烟烟气过滤中的应用等实例。

本书可以作为分析化学、药物分析、食品分析、化学化工及其他相关专业本科生及研究生的教学用书,也可以作为从事功能材料技术研究和应用人员的参考书。

前 言

20 世纪后期以来,人们把材料与信息和能源一起称为现代科技或社会进步的三大支柱,而材料又是能源和信息的物质基础。随着科学技术的快速发展,新型功能材料如雨后春笋般被研发和制造出来,并得到了推广和应用。新型功能材料主要包括电子信息、能源、纳米、生物医用、高温超导、金刚石薄膜等材料。当今功能材料及其应用技术正面临着新的突破,诸如超导材料、微电子材料、信息材料、能源转换及储能材料、生态环境材料、生物医用材料及高分子吸附材料等正处于快速发展之中。此外,一些材料科学研究领域最新的技术和手段,如纳米粒径测定技术、扫描电子显微镜技术、透射电子显微镜技术、隧道显微技术及场离子显微技术等都被用来研究功能材料,其中许多研究工作都涉及了材料科学的前沿问题。

本书除了介绍新型功能材料的发展、作用、分类外,还针对目前功能材料中一些热点的课题,结合编者们的研究工作,有针对性地选择一些功能材料展开了论述。第一部分为金磁纳米复合微粒及其应用,介绍了纳米材料的概念、分类、特性、制备技术、应用与发展,以及纳米材料测试方法及技术,重点阐述了纳米及纳米复合材料在分析检测中的应用。第二部分为半导体量子点及其在光电传感中的应用,简要介绍了量子点的概念、性质、发光原理、发光特性、合成方法、表征、分类及功能化等,详细地讨论了量子点在荧光成像、荧光传感及电化学传感中的应用。第三部分为石墨烯、碳纳米管复合材料及其应用,介绍了石墨烯的发展历史、制备、表征、性质,重点论述了石墨烯的功能化及应用,碳纳米管复合薄膜修饰电极在药物分析中的应用,并给出具体的实例。第四部分为新型生物材料及其应用,简要叙述了生物材料的种类、设计及表征,并着重论述了生物材料在生物工程中的应用。第五部分为吸附高分子材料及其应用,不仅介绍了吸附高分子材料的分类、特性、制备技术、发展及吸附高分子材料测试方法和技术,而且结合实例重点论述了吸附高分子材料在卷烟烟气过滤中的应用。本书用较多的篇幅介绍了功能材料的应用,这些内容均来自于编者们近年来的研究成果,是科研工作的总结与积累。

本书根据新型功能材料的发展,同时又结合编者们的实际科研工作的结果进行选材编写而成。主要编写人员及分工为:第1章新型功能材料概述(屈凌波 吴拥军);第一部分金磁纳米复合微粒及其应用(吴拥军 李炎强);第二部分半导体量子点及其在光电传感中的应用(杨冉 屈凌波);第三部分石墨烯、碳纳米管复合材料及其应用(杨素玲 杨冉);第四部分新型生物材料及其应用(郭正);第五部分吸附高分子材料及其应用(李炎强)。编写过程中一些研究生也参与了部分工作,最后全书由屈凌波、吴拥军统稿定稿。在本书出版之际,真诚感谢所有给予帮助的老师 and 同学们。

由于编者水平有限,书中难免存在疏忽与错误,有待于我们今后改进和完善。恳请同行专家、学者以及广大读者对本书的错误予以指正。

屈凌波

2013 年 6 月于郑州

目 录

第 1 章 新型功能材料概述	1
1.1 材料的发展及作用	1
1.2 材料及材料科学	2
1.3 材料化学	3
1.4 材料分类	4
1.5 新型功能材料	6

第一部分 金磁纳米复合微粒及其应用

第 2 章 纳米材料概述	11
2.1 纳米材料的概念	11
2.2 纳米材料的分类	12
2.3 纳米材料的特性	12
2.4 纳米材料的制备技术	14
2.5 纳米材料的应用与发展	15
第 3 章 纳米材料测试方法及技术	20
3.1 红外光谱法	20
3.2 X 射线衍射法	21
3.3 光电子能谱法	23
3.4 纳米粒径测定法	24
3.5 扫描电子显微镜技术	25
3.6 透射电子显微镜技术	31
第 4 章 金磁纳米复合颗粒的制备及应用	36
4.1 金磁纳米复合微粒简介	36
4.2 金磁纳米复合微粒的制备	43
4.3 纳米金免疫层析试纸条的应用	52
4.4 基于金磁复合颗粒的 ELISA 法对实际样品中生物毒素 DON 的测定	54

第二部分 半导体量子点及其在光电传感中的应用

第 5 章 半导体量子点的概述	59
5.1 量子点的概念	59

5.2	量子点的性质	60
5.3	量子点的发光原理	63
5.4	量子点的发光特性	64
5.5	量子点的合成方法	66
5.6	量子点的表征	68
5.7	量子点的分类	71
5.8	量子点的功能化	73
5.9	量子点的毒性	75
第6章	量子点在荧光成像和光电传感中的应用	77
6.1	量子点在荧光成像中的应用	77
6.2	量子点在荧光传感中的应用	80
6.3	量子点在电化学传感中的应用	85
第三部分 石墨烯、碳纳米管复合材料及其应用		
第7章	石墨烯材料概述	93
7.1	石墨烯的概念	93
7.2	石墨烯的发展历史	93
7.3	石墨烯的制备	94
7.4	石墨烯的表征	102
7.5	石墨烯的性质	105
第8章	石墨烯的功能化及其应用	107
8.1	石墨烯的功能化	107
8.2	石墨烯的应用	110
第9章	碳纳米管复合薄膜修饰电极	122
9.1	传统电极简介	122
9.2	化学修饰电极	124
9.3	化学修饰电极的制备	124
9.4	化学修饰电极的表征	125
9.5	化学修饰电极的功能和效应	127
9.6	碳纳米管简介	128
9.7	碳纳米管复合薄膜修饰电极	131
第10章	碳纳米管复合薄膜修饰电极在药物分析中的应用	132
10.1	MWNTs/Nafion 复合薄膜修饰电极对弱碱性和弱酸性药物的分析应用研究	132
10.2	亚甲基蓝/MWNTs/Nafion 复合薄膜修饰电极及其对多巴胺和尿酸的同时定量分析	152
10.3	铁氰化钼纳米颗粒/MWNTs/Nafion 复合薄膜修饰电极的制备及其对L-半胱氨酸的定量分析研究	162

10.4	金纳米颗粒/MWNTs/Nafion 复合薄膜修饰电极的制备及其对多巴胺的定量分析研究	170
10.5	AuNP/乙二醇/MWNTs/Nafion 复合多层薄膜修饰电极的制备及其对芦丁的定量分析研究	175
10.6	结论与展望	181

第四部分 新型生物材料及其应用

第 11 章	生物材料的种类	185
11.1	甲壳质与壳聚糖	185
11.2	胶原蛋白	187
11.3	丝素蛋白	190
11.4	生物陶瓷	192
11.5	生物玻璃	193
11.6	PGA、PLA 及 PGLA	194
第 12 章	生物材料表面改性及表征	199
12.1	聚合物固体表面处理方法概述	199
12.2	组织工程用高分子材料表面改性的主要手段	200
12.3	影响细胞黏附性的因素	201
12.4	血液相容性材料的表面处理方法	203
12.5	抗凝血材料表面处理有效性的机制探讨	204
12.6	医用高分子材料表面理化性质的常用表征方法	204
12.7	生物材料表面改性效果的细胞实验验证方法	206
第 13 章	生物材料在组织工程中的应用	209
13.1	组织工程概述	209
13.2	组织工程支架材料	214
13.3	组织工程支架的设计原则与成型方法	225

第五部分 吸附高分子材料及其应用

第 14 章	吸附高分子材料概述	233
14.1	吸附高分子材料的概念	233
14.2	吸附高分子材料的分类	234
14.3	吸附高分子材料的特性	234
14.4	吸附高分子材料的制备技术	237
14.5	吸附高分子材料的发展	240
第 15 章	吸附高分子材料测试方法及技术	243
15.1	结构鉴定方法	243
15.2	相对分子质量研究方法	250
15.3	形态与形貌表征方法	251

15.4	热分析方法	255
第 16 章	吸附高分子材料在卷烟烟气过滤中的应用	258
16.1	烟用丝束	258
16.2	烟用滤棒	261
16.3	过滤嘴在卷烟上的应用	263
参考文献		272

第1章 新型功能材料概述

1.1 材料的发展及作用

材料是具有一定性能、可用于制作有用器件、构件、工具、装置或物品的物质,是人类生产活动和日常生活必需的物质基础。因为人类所需的衣、食、住、行离不开材料,人类所从事的各种生产活动也离不开材料。纵观人类社会发展和材料发展历史,可以看出,材料的使用和发展是与人类文明、科技进步和社会发展密切相关的。在人类历史发展上,一种新材料的出现和应用总是伴随着生产力的新飞跃,以及人类文明的新发展,从而推动科技的进步和人类社会的重大变革。

早在人类早期时代,人类使用石器作为劳动工具,随后使用青铜器和铁器,这些材料的出现和使用,促进了当时社会生产力的发展和社会的进步。史学界也以此来划分人类社会不同的历史时期,将使用石器、青铜器和铁器的时期分别称为“石器时代”、“青铜时代”和“铁器时代”。在近代史上,材料对人类文明的进步、社会经济和科技发展所产生的作用更加明显。例如,17~18世纪,由于钢铁的出现,机器制造业得到很大发展,促进了机器大生产工业的形成,孕育了工业革命。19世纪后半叶到20世纪初,一系列电业材料(导电、绝缘、电磁等材料)的相继诞生和广泛使用,促进了电力工业的发展,使电磁理论迅速转换为生产力。20世纪以来,高纯半导体材料的问世,使得以计算机为主体的微电子工业迅速发展,大大促进了现代信息技术的形成与发展;放射性镭、钋等能源材料的发现,使核能的开发利用成为现实;先进复合材料、各种耐高温材料、烧蚀材料、涂层材料和一系列新型超合金材料的开发,为空间技术的发展奠定了物质基础;光导纤维的出现,使整个通信产业发生了质的变化,引起了一场信息革命;新型超导材料的研制和开发,大大推动了无损耗输电、大功率发电机、磁流发电以及受控热核反应堆等现代能源的发展。综上所述,材料是先进技术的物质基础,没有新材料的发展,就不可能有科学技术的进步和人类社会的发展。所以自20世纪后期以来,人们把材料、信息和能源一起称为现代科技或社会进步的三大支柱,而材料又是能源和信息的物质基础。一个国家所拥有的材料品种、质量和产量已成为一个国家现代化程度的直接标志。这充分说明了材料对一个国家技术及经济发展的重要性。

1.2 材料及材料科学

材料自古就有,但“材料科学”的提出却只有三四十年的历史。20 世纪 60 年代以前,材料学没有本身的学科体系,材料专业的有关内容分设在冶金、陶瓷和有机化学等专业中,这是由于金属材料、陶瓷材料和有机高分子材料在发展初期确实各有特点,学科基础也各不相同。随着科技发展和对材料研究的深入,一方面材料领域在不断扩大延伸,除了上述三类材料外,又出现了复合材料,它们既不完全属于金属,也不完全属于有机物或陶瓷材料,而是混合体,如玻璃钢,以及正在发展的金属基和陶瓷基复合材料等。材料领域不断发展的另一种现象,像半导体材料,它们虽多属于类金属,如 Si、Ge,或金属化合物如 GaAs、InSb 等,但也可属于陶瓷材料如 SiC 等,甚至属于有机物。此外,其他功能材料也有类似的情况。另一方面对材料内在规律也有深入的了解,如不同种类材料中的界面与表面、晶体结构与微观缺陷以及材料中的扩散与相变等方面确有共同之处。鉴于这些考虑,将材料领域中金属材料、陶瓷材料、有机高分子材料及复合材料统一形成材料科学体系就势在必行。另一重要原因是 1957 年苏联第一颗人造地球卫星首先被送上天,当时美国朝野上下为之震惊,普遍认为材料落后是重要原因之一。于是在 20 世纪 50 年代末,美国政府制订了一个“国家材料规划”,而且自 1960 年开始,调整国家政策和技术投向,在全国范围内相继建立了十几个“材料研究中心”,并在大学内建立“材料科学系”或“材料科学与工程系”。材料研究中心的成立,是把各类材料统一考虑的开始,而“材料科学系”的建立,则是把材料整体视为自然科学的一大分支。于是 20 世纪 60 年代美国学者首先提出了“材料科学”这个名词。至此,一个新兴的材料科学体系也随之开始建立。

材料科学的建立是社会经济与科学技术发展的必然结果。事实上,将原来分属于不同学科的知识融为一体,形成一个新的学科体系还有多方面的原因:

(1) 各类材料的研究理论和方法可以互相借鉴,互相促进。例如金属材料中的缺陷及其行为的理论、各种力学测试方法和指标,都是研究陶瓷材料和有机高分子材料不可缺少的。同样,陶瓷材料的制备方法和高分子材料的成型方法等在不少方面也为金属材料的研究与开发提供了重要的参考。

(2) 对不同类型材料的深入了解,为材料的相互代用及最佳选材创造了条件。例如,当前致力于开发陶瓷材料以部分代替高温合金,即所谓的“以陶代钢”。

(3) 有利于开发复合材料。例如,第一代复合材料——玻璃钢,是无机非金属材料玻璃纤维与有机材料树脂的复合。金属基复合材料则是无机非金属纤维或颗粒(如 SiC、 Al_2O_3)增强金属而成的一类新材料。

(4) 不同类型材料所用的研究、制备、生产的装置和工艺有颇多相同之处,工作原理也很相近,特别是性能与结构的测试设备往往是通用的,即使有的是专用的,但相互之间也有参考价值。而且把不同类型的材料统一考虑,不但可以节约投资,更重要的是相互借鉴、相互启发,能加速材料及材料科学的发展。

(5) 有利于人才培养。由于拓宽了知识面,学习材料专业的人员增加了开发新课题

和新产品的能力。

材料科学作为研究各类材料共性规律的学科,是一门多学科交叉而又相互渗透的新兴学科和边缘学科。材料科学的研究内容很广,但主要研究材料的组成、结构(包括原子、分子、微观和宏观等结构)、加工制备工艺、性质和使用性能之间的相互关系和变化规律,为材料设计、制造和合理使用提供科学依据。

材料科学是介于基础科学与应用科学之间的一门应用基础学科,它与物理、化学、化工、电子、冶金、无机非金属等学科相互交叉、彼此渗透。它以热力学、动力学、固体物理、固体化学及物理化学等基础学科为理论基础,结合化工、冶金、机械、陶瓷等学科,来研究探讨材料的内在规律和应用,并为材料工程等应用学科提供和发展新材料、新工艺和新技术。

1.3 材料化学

材料化学是近十几年来材料科学与化学和化学工程学科相互交叉形成的一个边缘性分支学科。它所论述的主题是材料科学中的化学问题,是沟通化学和材料科学两个学科领域的桥梁,既是材料科学的重要分支,也是应用化学的一部分。从化学学科的发展趋势来讲,一方面继续重视化学基础理论研究,另一方面特别注意加强应用化学的研究,即有意识地促使化学理论向化学实践的转化,以适应现代社会生产和科技发展对能源、材料和原料等方面日益增长的需求。对化学学科来说,材料科学的诞生和成长,不仅为化学在原子、分子层次上增添了新的学科伙伴,同时也为化学学科的发展提供了新的机遇,可以说化学在很大程度上已离不开和材料科学的相互依存关系而独立发展了。对材料学科来说,材料的制备、表征和性能测试是三个主要的研究领域,其中材料制备又是首要的。而材料的制备,尤其是新材料的开发,存在着大量的化学问题。因此化学参与材料科学是理所当然和责无旁贷的,因为化学家对于物质的结构和成键的复杂性有着深刻的理解,并掌握着精湛的化学反应实验技术,这些在探索 and 开发具有新组成、新结构和新功能的材料方面,在材料的复合、集成、加工等方面可以大有作为。例如在新材料的研制中,可以进行分子设计和分子剪裁;可以设计新的反应步骤;可以在极端条件(如超高压、超高温、超高真空、超低温、强辐射及无重力等环境)下进行反应,合成在常规条件下无法合成的新物质,这些极端条件下的反应称为硬化学(hard chemistry)反应。也可以在温和条件下进行化学反应,通过控制反应的过程、路径和机制,一步步地设计中间产物和最终产物的组成和结构,剪裁其物理化学性质。这种温和可控的化学反应,如溶液—溶胶—凝胶反应、水热合成反应、离子交换反应等称为软化学(soft chemistry)反应。所有这些都构成了材料化学的研究体系和研究内容。

材料化学的学科内容主要包括:采用新技术和新工艺方法,在高温、高压、高真空及低温和其他极端情况或温和条件下,合成新物质和新材料,并用现代化的研究方法如电子显微镜、电子(离子)探针、光电子能谱、X射线结构分析、热分析及各类光谱等来研究材料的组成、结构与性质和性能的关系。

材料化学的主要研究对象是新材料,即采用新技术、新工艺合成的具有特殊性能和新功能、新用途的材料,或者比常规材料在性能上有重大突破的材料。新材料在材料科学发展中占有极其重要的地位,是材料科学和新技术领域中最活跃的部分,也是材料科学当前研究的热点。

1.4 材料分类

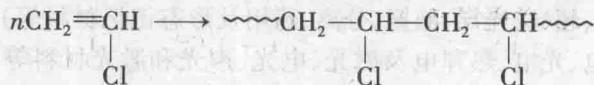
材料的品种繁多,形式各异。据统计,迄今为止登记注册的已达几十万种,且每年还以5%左右的速度继续增长。材料学科一般是根据材料的化学属性(或化学组成)将其分为金属材料、无机非金属材料 and 有机高分子材料三大类别。

金属材料是以金属元素为主要成分的材料,包括黑色金属和有色金属两类,前者包括钢、铁、锰、铬及它们的合金;后者包括黑色金属以外的其他各种金属及其合金。合金是在纯金属中有意识地加入一种或多种其他元素(即将几种金属组合或加入适当的杂质成分)以改善其原有特性。纯金属的直接应用很少,金属材料绝大多数以合金的形式出现。金属材料一般具有优良的力学性能,特别是高强度和高塑性的配合,此外,还具有优良的可加工性(富于延展性)及优异的物理特性。金属材料的性质主要取决于它的成分、显微组织结构和制造工艺,通过调整和控制成分、组织结构和制备工艺,可制造出具有不同性能的各种金属材料。在近代的物质文明中,金属材料(如钢铁、铝、铜等及其合金)起了关键的作用,至今这类材料仍然是用途最广、用量最大的一类材料。

无机非金属材料(简称无机材料)是指除金属材料和高分子材料以外的几乎所有的材料。这类材料范围极广,包括由非金属单质(如碳、硅、锗)以及金属与非金属元素组成的化合物所构成的材料。主要有玻璃、陶瓷、水泥和耐火材料等以硅酸盐化合物为主要成分的传统无机材料,以及由氧化物、碳化物、氮化物、硼化物等制成的新型无机材料。无机材料种类繁多除了因化学组成千变万化外,还由于一些化学成分完全相同的材料,仅仅因其晶体结构或形态不同,便可构成迥然不同的材料。例如氧化铝(Al_2O_3),当形成单晶时,便成为宝石或激光材料,做成质地细密的多晶陶瓷烧结体,就成为集成电路用的放热基板材料或高温电炉用的炉管和切削用的工具材料,而做成多孔的多晶体,可用作催化剂载体材料或传感材料,而拉成丝线的纤维状多晶体,则可用作高强度优质绝热材料。又如化学成分为碳(C)的石墨和金刚石,石墨具有层状结构、质软滑润、耐高温,且具有良好的导热、导电性能,可用作导电、耐高温、耐磨和润滑材料及高温发热体等,当把它在高压下处理转变为金刚石后,其性质则和石墨截然不同,金刚石是所有物质中最硬的,且是一种绝缘体。无机材料多是兼有离子键和共价键的结晶构成,因此它们的一般性能是质地脆、硬度大、强度高、抗化学腐蚀性强,对热和电的绝缘性良好。新型无机材料还具有优良的介电、压电、光学、电磁学及其功能转换等特性。无机材料是所有材料中应用量最大的一类材料,被广泛应用于国民经济的各个领域。

高分子材料又称高聚物或聚合物材料,其基本成分是有机高分子化合物,它由以脂肪族或芳香族的碳—碳共价键为基本结构的大分子所构成。构成这类材料的分子尺寸虽然

很大、原子数(成千上万乃至千百个原子)多、相对分子质量(一般在 $10^3 \sim 10^7$ 之间)高,但它们的化学组成往往比较简单,结构也很有规律,一般由一种或几种简单的结构单元多次重复连接而成。例如聚氯乙烯是由许多氯乙烯结构单元重复连接而成的,可表示为:



通常简写作 $\left[\underset{\text{Cl}}{\underset{|}{\text{CH}_2-\text{CH}}} \right]_n$ 。其中 $\underset{\text{Cl}}{\underset{|}{\text{CH}_2-\text{CH}}}$ 是结构单元。这样重复的结构

单元叫作链节。 n 代表重复的结构单元数,称为聚合度。合成高分子化合物的原低分子化合物称为该聚合物的单体。如氯乙烯是聚氯乙烯的单体。

高分子材料可分为天然和合成两大类。像木材、皮革、蛋白质、天然橡胶、棉、麻、丝、生漆等都属于天然高分子化合物。合成高分子化合物(又称合成材料)的种类和品种比天然的多得多。自从 20 世纪 20 年代建立高分子学说以来,高分子材料和化学得到了迅速发展,人们可以不再单纯地依赖天然产物,而是可根据对材料性能的需要进行合理的分子设计,由化学合成获得,这使得高分子材料在品质和品种上都实现了飞跃。合成的高分子材料如聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚乙烯、聚四氟乙烯、聚甲醛、环氧树脂等,可以制成塑料、橡胶、纤维、涂料或黏合剂等。由于这类化合物多以石油、煤炭等为原料,资源丰富易得,因此发展迅速。高分子材料具有密度小(质量轻)、比强度大、电绝缘性和耐腐蚀性好、易加工成型等优点,可部分取代金属材料及无机材料。目前其应用已遍及衣、食、住、行以至信息、能源、航空航天及国防等各个领域。高分子材料与金属材料 and 无机材料一起构成工程材料的三大支柱。

将金属材料、无机材料和高分子材料中的两种或两种以上有机地结合在一起,使它们在性能上协同作用、互相取长补短,便可获得全新性能的新型材料,称为复合材料。复合材料既能保留原组成材料的主要特色,还能通过复合效应获得原组分所不具备的性能。它与一般材料的简单混合有着本质的区别。例如纤维补强复合材料(由基体和增强剂组成)中,碳纤维和环氧树脂复合而成的增强塑料,其韧性超过钢、钛和铍,且比强度、比刚度高,尺度稳定、质量轻,广泛用于航天飞行器中。此外,碳纤维或碳化硅纤维也可与金属(如 Al、Ti)复合制得纤维增强金属基复合材料,碳化硅纤维或其他无机纤维也可与非氧化物陶瓷复合制得纤维补强陶瓷基复合材料等。复合材料在不同的发展阶段其追求的目标并不相同。1942~1960 年,主要着眼质量轻和高刚度;1960~1975 年追求高强度和高韧性,所制材料主要用作航空航天工业部件;1975 年到现在,追求多功能已成为复合材料研究的主要奋斗目标,如梯度功能复合材料。近 10 年来复合材料发展很快,已成为新材料研究中最活跃的领域之一,有人预测在今后几十年内,复合材料将与金属材料、高分子材料和陶瓷材料形成四分天下的局面,这充分说明了复合材料发展之快和它的重要性。鉴于此,目前材料分类倾向于根据材料的组成和结构特点,将其分为金属材料、无机材料、高分子材料和复合材料四大类。

材料的分类还有多种方法,不同方法考虑的角度不同。比如按材料的聚集状态,可将其分为单晶材料、多晶材料、非晶材料及微晶材料。根据材料的用途,可将其分为建筑材

料、能源材料、电子材料、光学材料和航空材料等。根据材料的使用特性或功能,可将其分为结构材料和功能材料。结构材料主要是利用材料的机械力学性能,是以强度、刚度、韧性、耐磨性、硬度、疲劳强度等力学性能为特征的材料。功能材料主要是利用材料的物理与化学性质(如储氢、超导、光导、减振、分离、药用及形态记忆材料等)及材料的物理与化学效应(如热电、压电、光电、热释电及磁光、电光、声光和激光材料等)。事实上,大多数材料都同时具有几类材料的部分特征,通常按化学组成和使用特性两种分类方法使用较多。

1.5 新型功能材料

功能材料是指表现出力学性能以外的电、磁、光、生物、化学等特殊性质的材料。随着科学技术的快速发展,新型功能材料如雨后春笋般被研发和制造出来,并迅速得到了推广和应用。新型功能材料主要包括电子信息、能源、纳米、生物医用、高温超导、金刚石薄膜等材料。其中,最被外界熟知的有磁性材料、锂离子电池材料、太阳能电池材料等。

(1) 超导材料 以 NbTi、Nb₃Sn 为代表的实用超导材料已实现了商品化,在核磁共振人体成像、超导磁体及大型加速器磁体等多个领域获得了应用;超导量子干涉仪作为超导体弱电应用的典范已在微弱电磁信号测量方面起到了重要作用,其灵敏度是其他任何非超导的装置无法达到的。但是,由于常规低温超导体的临界温度太低,必须在昂贵的液氮(4.2 K)中使用,因而严重地限制了低温超导应用的发展。高温氧化物超导体的出现,突破了温度壁垒,把超导应用温度从液氮(4.2 K)提高到液氮(77 K)温区。同液氮相比,液氮是一种非常经济的冷媒,并且具有较高的热容量,给工程应用带来了极大的方便。另外,高温超导体都具有相当高的上临界场,能够用来产生 20 T 以上的强磁场,这正好克服了常规低温超导材料的不足之处。正因为这些由本征特性 T_c、H_{c2} 所带来的在经济和技术上的巨大潜在能力,吸引了大量的科学工作者采用最先进的技术装备,对高 T_c 超导机制、材料的物理特性、化学性质、合成工艺及显微组织进行了广泛和深入的研究。高温氧化物超导体是非常复杂的多元体系,在研究过程中遇到了涉及多个领域的重要问题,这些领域包括凝聚态物理、晶体化学、工艺技术及微结构分析等。一些材料科学研究领域最新的技术和手段,如非晶技术、纳米粉技术、磁光技术、隧道显微技术及场离子显微技术等都被用来研究高温超导体,其中许多研究工作都涉及了材料科学的前沿问题。高温超导材料的研究工作已在单晶、薄膜、体材料、线材和应用等方面取得了重要进展。

(2) 生物医用材料 作为高技术重要组成部分的生物医用材料已进入一个快速发展的新阶段,其市场销售额正以每年 16% 的速度递增,预计 20 年内,生物医用材料所占的份额将赶上药物市场,成为一个支柱产业。生物活性陶瓷已成为医用生物陶瓷的主要方向;生物降解高分子材料是医用高分子材料的重要方向;医用复合生物材料的研究重点是强韧化生物复合材料和功能性生物复合材料,带有治疗功能的 HA 生物复合材料的研究也十分活跃。

(3) 能源材料 太阳能电池材料是新能源材料研究开发的热点,IBM 公司研制的多