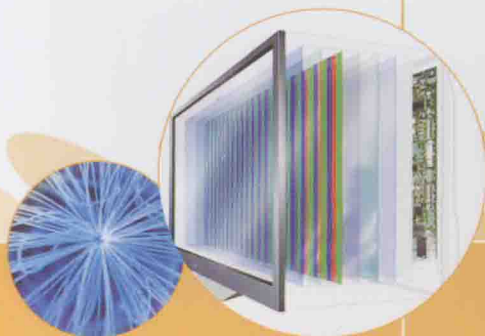


普通高等教育材料类专业规划教材

● 编著 汪济奎 郭卫红 李秋影

新型功能材料导论

INTRODUCTION TO NEW FUNCTIONAL MATERIALS



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育材料类专业规划教材

新型功能材料导论

汪济奎 郭卫红 李秋影 编著



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

· 上海 ·

图书在版编目(CIP)数据

新型功能材料导论/汪济奎,郭卫红,李秋影编著. —上海:
华东理工大学出版社,2014.10

ISBN 978-7-5628-3449-6

I. ①新… II. ①汪… ②郭… ③李… III. ①功能材料
IV. ①TB34

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 198690 号

普通高等教育材料类专业规划教材

新型功能材料导论



编 著 / 汪济奎 郭卫红 李秋影
责任编辑 / 刘 婧
责任校对 / 金慧娟
封面设计 / 裘幼华
出版发行 / 华东理工大学出版社有限公司

地 址: 上海市梅陇路 130 号, 200237

电 话: (021)64250306(营销部)

(021)64251137(编辑室)

传 真: (021)64252707

网 址: press.ecust.edu.cn

印 刷 / 上海展强印刷有限公司

开 本 / 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 / 12.5

字 数 / 303 千字

版 次 / 2014 年 10 月第 1 版

印 次 / 2014 年 10 月第 1 次

书 号 / ISBN 978-7-5628-3449-6

定 价 / 36.00 元

联系我们: 电子邮箱 press@ecust.edu.cn

官方微博 e.weibo.com/ecustpress

淘宝官网 <http://shop61951206.taobao.com>

华东理工大学出版社



扫一扫进入手机淘宝网店

前 言

材料是人类文明进步的标志,人类经历了以石器、青铜器、铁器为代表的石器时代、青铜器时代、铁器时代,即将跨入以新型功能材料为代表的网络时代和信息时代。材料作为国民经济的三大支柱产业之一,日益向复合化、多功能化、智能化、工艺一体化的方向发展。材料学日益成为多学科交叉渗透的学科,传统意义上的金属材料、有机材料、无机材料及高分子材料的界限正在逐渐消失。

近年来,人们在研究结构材料取得重大进展的同时,特别注重对新型功能材料的研究,研究出了一些机敏材料与智能材料。功能材料作为能源、计算机、通信、电子、激光等现代科学的基础,近十年来,新型功能材料已成为材料科学和工程领域中最为活跃的部分。当前,国际功能材料及其应用技术正面临新的突破,诸如超导材料、微电子材料、光子材料、信息材料、能源转换及储能材料、生态环境材料、生物医用材料及材料的分子设计和原子设计等正处于日新月异的发展之中,发展功能材料技术正在成为一些发达国家强化其经济与军事优势的重要手段。从网络技术的发展到新型生物技术的进步,处处都离不开新材料的进步,特别是新型功能材料的发展和进步。世界各国功能材料的研究极为活跃,充满了机遇和挑战,新技术、新专利层出不穷。功能材料不仅对高新技术的发展起着重要的推动和支撑作用,还对我国相关传统产业的改造和升级,实现跨越式发展起着重要的促进作用。

功能材料是国民经济、社会发展及国防建设的基础和先导,是新材料领域的核心。它涉及信息技术、生物工程技术、能源技术、纳米技术、环保技术、空间技术、计算机技术、海洋工程技术等现代高新技术及其产业。

本书以功能材料为主线,全面系统地介绍了新型功能材料的设计方法和制备理论,研究了具有电学功能的材料、具有化学功能的材料以及生物功能材料等,还介绍了功能复合材料、具有分离功能的材料等。本书的编写目的是向读者介绍功能材料的基本原理和制备方法,使读者能熟练处理功能材料制备和使用过程中遇到的各种问题,开拓思路,提高分析问题和解决问题的能力。同时,本书结合华东理工大学材料科学与工程专业的课程设置,面向高分子材料专业、复合材料专业、材料物理专业、材料化学以及无机材料等专业的本科生和研究生,向读者介绍了必要的现代功能材料的基础知识,还从材料学的角度阐述了未来功能材料的发展方向。

笔者力求深入浅出,着眼于培养学生的专业兴趣,拓展其视野,从而达到提高其创新能力的目的。

施庆锋、牟海燕、刘延昌、林芳芹、吴凯、周旭、张帝漆等参与了本书部分章节的编写工作。本书在编写过程中还得到了华东理工大学材料科学与工程学院相关师生的支持和帮助,笔者在此一并表示感谢。本书的出版得到了华东理工大学优秀教材出版基金的资助,在此特别致谢。

本书涉及内容广泛,信息量大,如有不足之处,敬请读者批评指正。

编者

2014年1月

目 录

第 1 章 功能材料及功能设计方法	1
1.1 功能材料的概念和分类	2
1.1.1 功能材料的概念	2
1.1.2 功能材料的分类	4
1.2 功能材料的功能设计原理和功能设计方法	6
1.2.1 无机非金属功能材料设计	8
1.2.2 高分子功能材料设计	8
1.3 功能材料的特点	9
1.3.1 无机非金属功能材料	9
1.3.2 功能高分子材料	10
参考文献	17
第 2 章 电活性高分子材料	19
2.1 导电高分子材料的定义和分类	20
2.1.1 聚合物的导电特点	20
2.1.2 导电高分子材料的分类	21
2.2 结构型导电高分子材料	21
2.2.1 共轭高聚物的电子导电	22
2.2.2 电荷转移型聚合物导电材料	26
2.2.3 金属有机聚合物	28
2.2.4 高分子电解质的离子导电	28
2.3 复合型导电高分子材料	29
2.3.1 复合型导电材料导电机理	30
2.3.2 金属填充型导电高分子材料	32

2.3.3 添加炭黑型导电聚合物	34
2.4 高分子材料的抗静电	36
2.4.1 导电机理	36
2.4.2 制备技术	37
2.4.3 抗静电剂的种类	38
2.5 导电高分子材料的应用	39
2.5.1 光导电性高分子材料	39
2.5.2 高分子压电材料及高分子热电材料	39
2.5.3 雷达吸波材料	40
2.5.4 显示材料和导电液晶材料	40
2.5.5 电导体及其他	41
参考文献	42
第3章 高分子液晶	44
3.1 高分子液晶概述	44
3.1.1 高分子液晶的化学结构特征	45
3.1.2 液晶高分子的分类	46
3.1.3 影响液晶形态与性能的因素	51
3.2 高分子液晶的相行为	53
3.2.1 主链型高分子液晶	53
3.2.2 侧链型高分子液晶	55
3.3 高分子液晶表征	55
3.3.1 X射线衍射法	55
3.3.2 核磁共振光谱法(NMR)	56
3.3.3 介电松弛谱法	57
3.3.4 热台偏光显微镜法	57
3.3.5 差热扫描量热法以及其他方法	57
3.4 液晶的性质及应用	58
3.4.1 独特的力学性能	58
3.4.2 突出的耐热性与阻燃性	58
3.4.3 优异的电性能和成型加工性	59
3.4.4 精密温度指示材料	59
3.4.5 在显示材料方面的应用	59

3.4.6 作为信息储存介质	60
3.4.7 作为分离材料	60
3.4.8 高分子液晶的发展方向	60
参考文献	60
第 4 章 具有化学功能的高分子材料	63
4.1 光功能高分子材料	63
4.1.1 感光高分子材料	63
4.1.2 光致变色高分子材料	71
4.1.3 塑料光导纤维	73
4.2 高分子催化剂	76
4.2.1 高分子配位化合物催化剂	76
4.2.2 固定化酶	78
参考文献	82
第 5 章 医用药用生物功能材料	84
5.1 生物医用药用功能材料概述	85
5.1.1 生物医用药用功能材料的基本性能要求	85
5.1.2 生物相容性	86
5.1.3 生物降解吸收材料	87
5.2 医用功能材料的分类与应用	88
5.2.1 医用陶瓷	88
5.2.2 医用复合材料	91
5.2.3 医用高分子材料	93
5.2.4 医用材料的发展方向	98
5.3 药用功能材料的分类及基本性能要求	99
5.4 聚合型药理活性高分子药物及以高分子为载体的药物	100
5.4.1 聚合型药理活性高分子药物	100
5.4.2 以高分子为载体的药物	102
5.5 微胶囊技术及高分子药物送达体系	102
5.5.1 微胶囊技术	102
5.5.2 高分子药物送达体系	104
参考文献	105

第 6 章 自修复材料	107
6.1 机械激励自修复材料	108
6.1.1 液芯纤维自修复材料	108
6.1.2 微胶囊自修复材料	112
6.1.3 微脉管自修复材料	124
6.1.4 超分子网络自修复	126
6.2 其他激励自修复复合材料	127
6.2.1 热激励自修复复合材料	127
6.2.2 电激励自修复复合材料	132
6.2.3 射弹激励自修复复合材料	133
6.2.4 光激励自修复复合材料	135
6.3 自修复技术的应用	136
6.3.1 陶瓷混凝土基自修复复合材料	136
6.3.2 聚合物基自修复复合材料	136
6.3.3 金属基自修复复合材料	136
6.3.4 混合磨损自修复材料	137
6.3.5 形状记忆合金增强智能材料结构自修复	137
6.3.6 纺织品的自修复	137
6.3.7 磁流体密封水介质的自修复	137
6.3.8 展望	137
参考文献	138
第 7 章 纳米材料	140
7.1 纳米材料及其特性	140
7.1.1 纳米材料简介	140
7.1.2 纳米材料的特性	141
7.2 纳米材料的结构与性能	142
7.2.1 纳米材料的结构	142
7.2.2 纳米材料的性能	144
7.3 纳米材料的制备技术	147
7.3.1 物理方法	147
7.3.2 化学方法	149

7.4 纳米材料的应用	151
7.4.1 在陶瓷领域的应用	151
7.4.2 在微电子学领域的应用	152
7.4.3 在化工领域的应用	152
7.4.4 在医学领域的应用	153
7.4.5 在分子组装方面的应用	153
7.4.6 在军事上的应用	154
7.4.7 在其他方面的应用	154
7.4.8 展望	154
参考文献	155
第8章 功能陶瓷材料	157
8.1 功能陶瓷材料分类	157
8.2 导电陶瓷	158
8.2.1 陶瓷的导电性	158
8.2.2 快离子导体	159
8.2.3 电热、电极陶瓷	160
8.2.4 超导体陶瓷	160
8.3 介电和铁电陶瓷	161
8.3.1 介电性质	161
8.3.2 高频介质瓷	163
8.3.3 微波介质瓷	164
8.3.4 半导体电容器陶瓷	165
8.3.5 铁电陶瓷	165
8.3.6 反铁电陶瓷	166
8.4 压电陶瓷	167
8.4.1 压电陶瓷基本特征	167
8.4.2 压电陶瓷材料和工艺	168
8.4.3 压电陶瓷的应用	169
8.5 敏感陶瓷	171
8.5.1 热敏陶瓷	172
8.5.2 压敏陶瓷	174
8.5.3 气敏陶瓷	175

8.5.4 湿敏陶瓷	178
8.5.5 敏感陶瓷的发展前景	178
8.6 磁性陶瓷	179
8.6.1 磁性陶瓷的分类	179
8.6.2 磁性陶瓷的特征	180
8.6.3 磁性陶瓷的应用	181
8.7 激光玻璃陶瓷	183
8.7.1 激光玻璃陶瓷的激光发射原理	183
8.7.2 激光玻璃陶瓷的类别	184
8.7.3 激光玻璃陶瓷的制备技术	184
8.7.4 激光玻璃陶瓷的应用	185
8.8 生物陶瓷材料	185
8.8.1 惰性生物陶瓷材料	186
8.8.2 活性生物陶瓷材料	186
参考文献	187

第 1 章 功能材料及功能设计方法

在人类即将进入知识经济、信息时代的今天,材料与能源、信息并列为现代科学技术的三大支柱。功能材料在材料学中占有重要的地位,它在材料学的基础上,广泛与生物学、医学、物理学等学科进行交叉,解决了生产高速发展以及由此所产生的能源、环境等一系列问题,为人类提供了大量性能优异的材料。没有半导体材料的发现和发展,便不可能有今天的微电子工业;正因为有了低损耗的光导纤维,当今世界蓬勃发展的光纤通信才得以实现。

功能材料是能源、计算机、通信、电子、激光等现代科学的基础,在社会发展中具有重大战略意义,正在渗透到现代社会生活的各个领域,成为材料科学领域中最具发展潜力的门类。

功能材料的研究所涉及的学科众多,范围广阔,除了与材料学相近的学科紧密相关外,涉及内容还包括有机化学、无机化学、光学、电学、结构化学、生物化学、电子学甚至医学等众多学科,是目前国内外异常活跃的一个研究领域。功能材料产品的产量小、产值高、制造工艺复杂。随着科学技术的进步,新型的材料结构不断被开发出来,图 1.1 所示是碳纳米管、富勒烯的结构和蒙脱土的有机插层改性示意图,这些材料一经出现,便在功能材料中得到广泛的应用,整个功能材料的研究领域和应用范围也随之获得了加速的发展。

功能材料具有独特的“功能”,可用于替代其他材料,并提高或改进其性能,使其成为具有全新性质的功能材料。随着光敏高分子化学的发展及其在光聚合、光交联、光降解、荧光以及光导机理的研究方面的重大突破,光敏涂料、光致抗蚀剂、光稳定剂、可光降解材料、光刻胶、感光性树脂以及光致发光和光致变色等功能性高分子材料目前已经开始了工业化生产。由于反应性高分子试剂和高分子催化剂的发展促进了固相合成方法和固化酶技术的应用,使得传统的有机合成向机械化、自动化、反应定向化发展。功能材料的进步,使得我们的生活更加丰富多彩,更加便捷高速。功能材料的进步,使得生活中所应用的手机、电脑等通信设施向着更加轻便化、小型化方向发展。

功能材料涉及的学科纷繁复杂,随着功能材料研究的深入以及有关信息的丰富,我们可以掌握其内在的发展规律,摸清其自身发展的进一步需要,在理论上将这一复杂的体系进行进一步的完善。本章介绍功能材料的概念与分类,功能设计的原理和方法;介绍功能材料的性能与结构的一般关系,以及制备功能材料的总体策略和功能材料的研究方法等功能材料学科中的一般发展规律等。

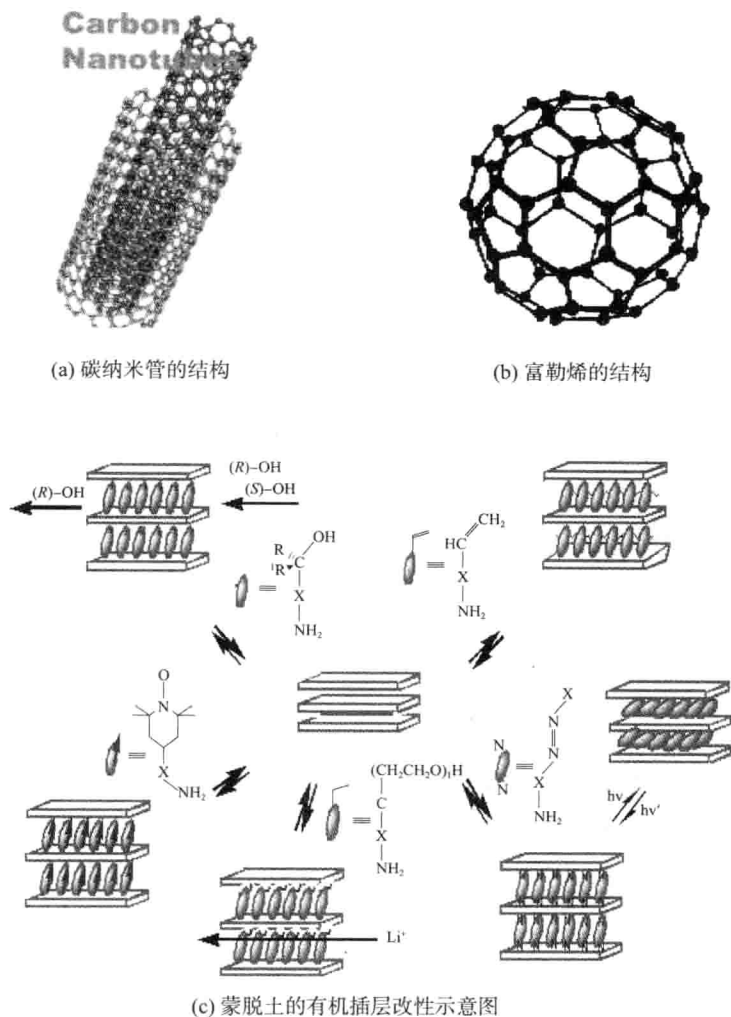


图 1.1 碳纳米管、富勒烯的结构和蒙脱土的有机插层改性示意图

1.1 功能材料的概念和分类

1.1.1 功能材料的概念

功能材料的发展历史与结构材料一样悠久,功能材料的概念是由美国贝尔研究所 J. A. MoMon 博士于 1965 年首先提出来的,后经日本的研究所、大学和材料学会的大力提倡,很快受到了各国材料科学界的重视。20 世纪 60 年代,微电子工业的发展促进了半导体材料的迅速发展;70 年代的“能源危机”,促使各国开发新能源并研制储能材料;激光技术的出现,使光学材料、光电子材料面貌为之一新;80 年代以来,一场以高技术为中心的新技术革命,在欧美和日本等国兴起,并迅速波及世界各国和地区。新技术革命的主要标志就是新型材料、信息技术和生物工程技术。随着人们在生产和生活方面对新型材料的需求,以及功能材料研究的深

人发展,众多有着不同于传统材料的带有特殊物理化学性质和功能的新型功能材料大量涌现,其性能和特征都超出了原有常规的无机材料、金属材料以及高分子材料的范畴,使人们有必要对这些新型材料进行重新认识。而上述那些性质和功能很特殊的材料即属于功能材料的范畴。严格地讲,功能材料的定义并不准确,定义为特殊功能材料似乎更为确切。

功能材料是指那些具有优良的电学、磁学、光学、热学、声学、力学、化学、生物医学功能以及特殊的物理、化学、生物学效应,能完成功能相互转化,主要用来制造各种功能元器件而被广泛应用于各类高科技领域的高新技术材料的统称。它是在电、磁、声、光、热等方面具有特殊性质,或在其作用下表现出特殊功能的材料。功能材料是新材料领域的核心,是国民经济、社会发展及国防建设的基础和先导。它涉及信息技术、生物工程技术、能源技术、纳米技术、环保技术、空间技术、计算机技术、海洋工程技术等现代高新技术及其产业。功能材料不仅对高新技术的发展起着重要的推动和支撑作用,还对我国相关传统产业的改造和升级,实现跨越式发展起着重要的促进作用。

功能材料种类繁多,用途广泛,正在形成一个规模宏大的高技术产业群,有着十分广阔的市场前景和重要的战略意义。世界各国均十分重视功能材料的研发与应用,它已成为世界各国新材料研究发展的热点和重点,也是世界各国高技术发展中战略竞争的热点。

国外常将上述这类材料称为功能材料(Functional Materials)、特种材料(Speciality Materials)或精细材料(Fine Materials)。功能材料涉及面较广,具体包括光功能、电功能、磁功能、分离功能、形状记忆功能等。相对于通常的结构材料而言,功能材料一般是指这类材料除了具有机械特性外,还具有其他的功能特性。概括地说,功能材料是一类具有特异功能的材料,主要指具有物质、能量和信息的传递、转换或储存作用的材料。功能材料及其应用技术正面临新的突破,诸如超导材料、微电子材料、光子材料、信息材料、能源转换及储能材料、生态环境材料、生物医用材料及材料的分子、原子设计等正处于日新月异的发展之中,发展功能材料技术正在成为一些发达国家强化其经济与军事优势的重要手段。

功能材料既遵循材料的一般特性和一般的变化规律,又具有其自身的特点,可认为是传统材料更高级的运动形式。功能材料的独特的电学、光学以及其他物理化学性质构成功能材料学科研究的主要组成部分。功能材料的研究、开发与利用对现有材料进行更新换代和发展新型功能材料具有重要意义。

特定的功能与材料的特定结构是相联系的,功能材料的性能与其化学组成、分子结构和宏观形态存在密切关系。例如,导电聚合物一般具有长链共轭双键;金属结构中由于弹性马氏体相变能产生记忆效应,因此出现了形状记忆合金;压电陶瓷晶体必须有极轴等;高分子化学试剂的反应能力不仅与分子中的反应性官能团有关,而且与其相连接的高分子骨架相关;光敏高分子材料的光吸收和能量的转移性质也都与官能团的结构和聚合物骨架存在对应关系;高分子功能膜材料的性能不仅与材料微观组成和结构相关,而且与其宏观结构关系也很紧密。我们研究功能材料,就是要研究材料骨架、功能化基团以及分子组成和材料宏观结构形态及其与材料功能之间的关系,从而为充分利用现有功能材料和开发新型功能材料提供依据。功能材料研究的主要目标和内容是建立起功能材料的结构与功能之间的关系,以此为理论,指导开发功能更强或具有全新功能的功能材料。这门学科始终将功能材料的特殊物理化学功能作为研究的中心任务,以开发具有特殊功能的新型功能材料为着眼点。

1.1.2 功能材料的分类

功能材料种类繁多,涉及面广,迄今还没有一个公认的分类方法,目前主要是根据材料的物质性或功能性、应用性进行分类。根据材料的物质性进行分类,可以将功能材料分为金属材料、无机非金属材料、有机功能材料以及复合功能材料。根据材料的性质特征和用途,可以将功能材料分为具有优良的电学、磁学、光学、热学、声学、力学、化学和生物学功能及其相互转化的功能的各类功能材料。按照材料的物理化学功能进行分类,大致可分为以下几类。

1. 力学功能

具备力学功能的功能材料主要是指强化功能材料和弹性功能材料,如高结晶材料、超高强材料等。如图 1.2 所示的新型的以高强纤维为主要材料的防弹背心替代了以前的三层高锰钢结构的防弹背心。



图 1.2 以高强纤维为主要材料的防弹背心

2. 化学功能

具备化学功能的功能材料主要包括以下几种。

(1) 分离功能材料:如分离膜、缓释膜和其他半透性膜材料,再如离子交换树脂等。

(2) 反应功能材料:如高分子试剂、高分子催化剂等。

(3) 生物功能材料:如固定化酶、生物反应器等。

3. 物理化学功能

具备物理化学功能的功能材料主要包括以下几种。

(1) 电学功能材料:如超导体、电活性高分子材料,包括导电聚合物、能量转换型聚合物和其他电敏材料等。

(2) 光学功能材料:如光导纤维、感光性高分子,包括各种光稳定剂、光刻胶、感光材料和光致变色材料等。

(3) 能量转换材料:如压电材料、光电材料。太阳能电池材料是新能源材料研究开发的热点,IBM 公司研制的多层复合太阳能电池,转换率高达 40%。美国能源部在全部氢能研究经费中,大约有 50%用于储氢技术。固体氧化物燃料电池的研究十分活跃,关键是电池材料,如固体电解质薄膜和电池阴极材料,还有质子交换膜型燃料电池用的有机质子交换膜等,都是目前研究的热点。

4. 生物化学功能

具备生物化学功能的功能材料主要包括以下几种。

(1) 医用功能材料:人工脏器用材料如人工肾、人工心肺,可降解的医用缝合线、骨钉、骨板等。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,带有治疗功能的生物复合材料的研究也十分活跃。

(2) 功能性药物:如缓释性高分子、药物活性高分子、高分子农药等。

(3) 生物降解材料以及生态环境材料:生态环境材料是 20 世纪 90 年代在国际高技术新材料研究中形成的一个新领域,其研究开发在日本、美国、德国等发达国家十分活跃,其主要研究方向是:①直接面临的与环境问题相关的材料技术,例如,生物可降解材料技术,CO₂ 气体的固化技术,SO_x、NO_x 催化转化技术,废物的再资源化技术,环境污染修复技术,材料制备加工中的洁净技术以及节省资源、节省能源的技术;②开发能使经济可持续发展的环境协调性材料,如仿生材料、环境保护材料、氟利昂、石棉等有害物质的替代材料、绿色新材料等;③材料的环境协调性评价。

5. 智能材料

智能材料是继天然材料、合成高分子材料、人工设计材料之后的第四代材料,是现代高技术新材料发展的重要方向,将支撑未来高技术的发展,使传统意义下的功能材料和结构材料之间的界限逐渐消失,从而实现结构功能化、功能多样化。智能材料的研制和大规模应用将导致材料科学发展的重大革命。国外在智能材料的研发方面取得很多技术突破,如英国宇航公司的导线传感器,用于测试飞机蒙皮上的应变与温度情况;英国开发出一种快速反应形状记忆合金,寿命期具有百万次循环,且输出功率高,以它作制动器时,反应时间仅为 10 min。此外,压电材料、磁致伸缩材料、导电高分子材料、电流变液和磁流变液等智能材料驱动组件材料在航空上的应用也已取得大量创新成果。

目前,对新型功能材料的称呼比较混乱,有按功能特性分类的,也有按应用范围分类或按习惯称呼的。按照实际用途划分,可划分的类别将更多,比如医药用高分子、分离用高分子、高分子化学反应试剂、离子交换树脂等。按照前面的形式分类有利于对材料组成和机理进行分析,而按照后者分类则符合人们已经形成的习惯,并能与实际应用相联系。按具体用途的不同,表 1.1 具体介绍了主要的功能材料的特性与应用示例。

表 1.1 功能材料的特性与应用示例

种类	功能特性	应用示例
高分子催化剂与 高分子固定酶	催化作用	化工、食品加工、制药、生物工程
高分子试剂絮凝剂	吸附作用	稀有金属提取、水处理、海水提铀
储氢材料	吸附作用	化工、能源
高吸水树脂	吸附作用	化工、农业、纸制品
人工器官材料	替代修补	人体脏器
骨科、齿科材料	替代修补	人体骨骼
药物高分子	药理作用	药物
降解性缝合材料	化学降解	非永久性外科材料
医用黏合剂	物理与化学作用	外科和修补材料
液晶材料	偏光效应	显示、连接器
光盘的基板材料	光学原理	高密度记录和信息储存

续表

种类	功能特性	应用示例
感光树脂 光刻胶	光化学反应	大规模集成电路的精细加工、印刷
荧光材料	光化学作用	情报处理, 荧光染料
光降解材料	光化学作用	减少化学污染
光能转换材料	光电、光化学	太阳能电池
分离膜与交换膜	传质作用	化工、制药、环保、冶金
光电导高分子	光电效应	电子照相、光电池、传感器
压电高分子	力电效应	开关材料、仪器仪表测量材料、机器人触感材料
热电高分子	热电效应	显示、测量
声电高分子	声电效应	音响设备、仪器
磁性高分子	导磁作用	塑料磁石、磁性橡胶、仪器仪表的磁性元器件、中子吸收、微型电机、步进电机、传感器
磁性记录材料	磁性转换	磁带、磁盘
电致变色材料	光电效应	显示、记录
光纤材料	光的曲线传播	通信、显示、医疗器械
导电高分子材料	导电性	电极电池、防静电材料、屏蔽材料
超导材料	导电性	核磁共振成像技术、反应堆超导发电机
高分子半导体	导电性	电子技术与电子器件

1.2 功能材料的功能设计原理和功能设计方法

无论哪种功能材料,其能量传递过程或者能量转换形式所涉及的微观过程,都与固体物理和固体化学相联系。正是这两门基础科学,为新兴学科——功能材料科学的发展奠定了基础,从而也推动了功能材料的研究和应用,把功能材料推进到功能设计的时代,因此,有人认为 21 世纪将逐渐实现按需设计材料。材料科学与工程一般由四要素组成,即结构/成分、合成/流程、性能及效能。考虑到结构与成分并非同义词,相同成分通过不同制备方法可以得到不同结构,从而出现不同性能,所以应为五要素,即成分、合成/流程、结构、性能及效能。材料设计可以从电子、光子出发,也可从原子、原子集团出发,可以从微观到宏观,根据所要求的性能而定。

图 1.3 是材料功能显示与功能转换的示意图。材料的功能显示过程是指向材料输入某种能量,经过材料的传输或转换等过程,再作为输出而提供给外部的一种作用。功能材料按其功能的显示过程又可分为一次功能材料和二次功能材料。当向材料输入的能量和从材料输出的能量属于同一种形式时,材料起到能量传输部件的作用,材料的这种功能称为一次功能。以一次功能为使用目的的材料又称为载体材料。当向材料输入的能量和输出的能量属于不同形式时,材料起能量的转换部件作用,这种功能称为二次功能或高次功能,有人认为这种材料才是