

新材料与应用技术丛书
NEW MATERIALS AND APPLIED TECHNOLOGY

现代功能材料 及其应用

郭卫红 汪济奎 编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

新材料与应用技术丛书

现代功能材料及其应用

郭卫红 汪济奎 编著

化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

现代功能材料及其应用/郭卫红, 汪济奎编著.
北京: 化学工业出版社, 2002.8
ISBN 7-5025-3867-4

I. 现… II. ①郭…②汪… III. 功能材料
IV. TB34

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 040417 号

新材料与应用技术丛书
现代功能材料及其应用
郭卫红 汪济奎 编著
责任编辑: 王苏平
责任校对: 顾淑云
封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市燕山印刷厂印刷
三河市东柳装订厂装订
开本 850×1168 毫米 1/32 印张 12¼ 字数 323 千字
2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-3867-4/TQ·1550
定 价: 30.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版者的话

材料是社会技术进步的物质基础与先导。现代高技术的发展，更是紧密依赖于材料的发展。一种新材料的突破，无不孕育着一项新技术的诞生，甚至导致一个领域的技术革命。

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性能的材料。其范围主要是：电子信息、光电、超导材料；生物功能材料；能源材料和生态环境材料；高性能陶瓷材料及新型工程塑料；粉体、纳米、微孔材料和高纯金属及高纯材料；表面技术与涂层和薄膜材料；复合材料；智能材料；新结构功能助剂材料、优异性能的新型结构材料等。

新材料的应用范围非常广泛，发展前景十分广阔。当前，新材料产业已渗透到国民经济、国防建设和人民生活的各个领域，对电子信息、生物技术、航空航天等一大批高新技术产业的发展起着支撑和先导的作用，同时也推动着诸如机械、能源、化工、轻纺等传统产业的制造和产品结构的调整。因此，世界各国对新材料的研究、开发和产业化都给予了高度重视。我国也将新材料列为各重大科技开发和产业化计划重点支持的技术领域，这些计划的实施，已有力地推动了中国新材料产业的发展。

由于新材料是近几十年才快速发展起来的领域，国内这方面的图书较少，为了配合新材料的发展，满足我国广大读者的需要，我社组织国内有关专家编写了《新材料与应用技术丛书》。这套丛书包括以下几个分册：《新型电子薄膜材料》、《环境材料》、《现代功能材料及其应用》、《功能陶瓷材料》、《新型碳材料》、《新型高分子材料》、《绿色建筑材料》、《功能复合材料》、《功能橡胶及橡胶制品》、《储氢材料》、《光电子材料》和《稀土功能材料》等。

丛书力求充分体现“新材料”的特点，选择了一些科技含量

高、未来发展空间大、实现产业化基础较好的且对我国国民经济有重要支撑作用的新材料。内容上以材料性能和应用技术作为重点，具有一定的先进性、技术性和实用性，适当体现前瞻性。我们希望这套丛书的出版对于我国新材料领域的科研生产、应用推广和技术进步起到一些推动作用，从而提高新材料行业的整体发展水平。

化学工业出版社

2002年4月

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、铁器时代之后即将跨进以新材料为代表的网络、信息时代。材料学作为国民经济的三大支柱产业之一，也日益向复合化、多功能化、智能化、工艺一体化的方向加速发展。材料学科越来越成为多学科交叉渗透的科学，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日益消失。种类繁多的新型功能材料从各个方面进入科技、社会及家庭生活。

近年来，人们在研究结构材料取得重大成就的同时，特别注重新型功能材料的研究。功能材料作为能源、计算机、通讯、电子、激光等现代科学的基础，近 10 年来，已成为材料科学和工程领域中最为活跃的部分。

我国现已加入 WTO，我们所面临的国际竞争日益激烈，互联网以及数字技术的普及，都将为我们带来机遇和挑战。市场经济的大潮中，要求人才具有更厚的基础知识和更宽的知识面、更强的适应能力。本书的编写目的就是向读者介绍功能材料的发展状况，使读者熟悉处理材料问题的各种常见方法，开拓思路，提高分析问题和解决问题的能力；从材料学的角度，向读者介绍必要的、现代的基础知识，阐述未来功能材料的发展方向。

结合华东理工大学材料学院的专业设置情况，重点介绍了新型的功能性高分子材料以及功能性无机玻璃、无机陶瓷等功能性非金属材料。内容上我们力求深入浅出，着眼于培养学生对专业知识的兴趣，提高学生的创新能力。

本书的编写过程中受到多方的支持和帮助，对所有的帮助，编者在此表示感谢。由于本书涉及内容较为广泛，信息量较大，时间仓促，编者水平有限，内容有疏漏及不当之处，敬请批评指正。

编者

2002年4月于上海

内 容 提 要

本书介绍了现代功能材料的概念、分类、研究领域、最新的研究方法、应用和发展方向。重点介绍了功能高分子材料、生物医用材料、功能复合材料、功能玻璃、功能陶瓷、智能材料与结构、储氢材料、超导材料等新型功能材料的概念、结构、设计原理与方法、性能、制备方法及应用领域。本书内容广泛，深入浅出，有助于读者熟悉处理材料问题的各种方法，开拓思路，提高分析问题和解决问题的能力。

本书可作为材料专业的本科生、研究生的教材或参考读物，同时适合从事新材料领域的科研人员、生产人员阅读参考。

目 录

第一章 功能材料概论	1
第一节 功能材料的概念与分类	1
一、功能材料的概念	1
二、功能材料的分类	2
第二节 功能设计的原理和方法	4
一、金属功能材料设计	6
二、无机非金属功能材料设计	7
三、高分子功能材料设计	7
第三节 功能材料的特点	8
一、金属功能材料	8
二、无机非金属功能材料	10
三、功能高分子材料	12
第二章 导电高分子材料	20
第一节 导电高分子材料概述	20
一、高聚物的导电特点	20
二、导电高分子材料的分类	21
第二节 复合型导电高分子材料	23
一、复合型导电材料导电机理	24
二、金属填充型导电高分子材料	27
三、添加炭黑型导电聚合物	31
四、抗静电剂添加型导电高分子材料	33
第三节 结构型导电高分子材料	35
一、共轭高聚物的电子导电	35
二、电荷转移型聚合物导电材料	39
三、金属有机聚合物	41
四、高分子电解质的离子导电	43
第四节 光导电性高分子材料及其他	43

一、光导电性高分子材料	43
二、超导电高分子	44
三、高分子压电材料及高分子热电材料	44
第五节 导电高分子的应用	45
第三章 具有化学功能的高分子材料	47
第一节 感光材料	47
一、感光材料的功能基础——光化学反应	47
二、光功能材料的分子设计	51
第二节 高分子催化剂与固定化酶	53
一、高分子配位化合物催化剂	53
二、固定化酶	57
三、人工酶	62
第四章 具有选择分离功能的高分子材料	65
第一节 离子交换树脂	65
一、离子交换树脂的分类	65
二、离子交换树脂的性能	70
三、离子交换树脂的功能和应用	75
第二节 功能膜	81
一、膜分离技术发展简史及功能膜的分类	81
二、膜分离机理	82
三、膜材料及膜的制备	85
四、膜的结构	91
五、典型的分离膜及其应用	93
第三节 高吸水性高分子材料	95
一、高吸水性树脂的分类及制备	95
二、高吸水性树脂的分子结构和吸水机制	97
三、高吸水性树脂的基本特性	98
四、高吸水性树脂的应用开发	99
第四节 高分子絮凝剂	100
一、絮凝机理	101
二、高分子絮凝剂的结构与特点	101
三、高分子絮凝剂的应用	104
第五章 高分子试剂及固相合成	106

第一节	高分子试剂概述	106
第二节	高分子氧化试剂	109
第三节	高分子还原试剂	111
第四节	高分子氧化还原树脂	112
第五节	高分子传递试剂	117
一、	高分子卤化试剂	117
二、	高分子酰基化试剂	119
三、	高分子烷基化试剂	119
四、	高分子偶合剂	120
第六节	高分子载体上的固相合成	120
一、	固相合成法合成生物活性大分子	121
二、	固相合成法在手性不对称合成中的应用	122
三、	用于其他有机合成	122
第六章	高分子液晶	124
第一节	高分子液晶的概述	125
一、	按照分子在空间的排列顺序分类	125
二、	根据液晶分子特征分类	127
第二节	高分子液晶的分子结构	130
一、	高分子液晶的化学结构	130
二、	影响液晶形态与性能的因素	133
第三节	高分子液晶的研究方法	136
一、	X射线衍射法	137
二、	核磁共振光谱法	138
三、	介电弛豫谱法	138
四、	热台偏光显微镜法	139
五、	其他方法	139
第四节	高分子液晶的合成及相行为	140
一、	主链型高分子液晶	140
二、	侧链型高分子液晶	143
第五节	液晶的应用及发展前景	144
一、	应用	144
二、	高分子液晶的发展方向	146
第七章	生物医用药用功能材料	147

第一节	生物医用药用功能材料的特征与评价	149
一、	生物医用药用功能材料的基本性能要求	149
二、	医用材料的生物相容性	151
三、	生物降解吸收材料	153
第二节	医用功能材料的分类与应用	153
一、	医用金属材料	154
二、	医用陶瓷	157
三、	医用复合材料	163
四、	医用高分子材料	166
五、	医用材料的发展方向	174
第三节	药用功能材料的分类及基本性能要求	176
第四节	聚合型药理活性高分子药物及以高分子为载体的药物	177
一、	聚合型药理活性高分子药物	177
二、	以高分子为载体的药物	180
第五节	微胶囊技术及高分子药物送达体系	181
一、	微胶囊技术	181
二、	高分子药物送达体系	184
第八章	功能复合材料	186
第一节	功能复合材料概述	186
一、	功能复合材料的分类	186
二、	功能复合材料的复合效应	186
三、	功能复合材料的设计	187
第二节	梯度功能复合材料	187
一、	梯度功能材料的概念	187
二、	FGM的合成	188
三、	梯度概念材料的应用	190
第三节	磁功能复合材料	194
一、	磁性功能复合材料的制造技术	195
二、	发展概况及发展趋势	197
三、	磁性功能复合材料的应用	198
第四节	纳米复合材料及其应用	200
一、	纳米材料的制备技术	201
二、	纳米材料的表面改性	202

三、纳米无机材料	203
四、纳米材料在高分子领域中的应用	205
第五节 其他功能复合材料	207
一、隐身复合材料及其技术	207
二、光功能复合材料	209
三、摩擦功能复合材料	215
第九章 功能玻璃	222
第一节 微晶玻璃	223
一、微晶玻璃的性质	224
二、微晶玻璃的核化、晶化与成核剂	226
三、微晶玻璃基本生产过程	227
四、复相微晶玻璃	228
五、微晶玻璃的应用	230
第二节 光导纤维玻璃	232
一、光导纤维的传光原理	233
二、光导纤维对玻璃材料的要求	234
三、光导纤维的制造	235
四、光导纤维的新应用	236
第三节 激光玻璃	238
一、对激光玻璃的要求	238
二、掺钕玻璃基础成分	239
三、掺钕玻璃制造工艺	240
四、激光玻璃的敏化和杂质破坏	240
五、激光玻璃的应用	241
第四节 光色玻璃	241
一、光致变色原理	242
二、光色玻璃制作工艺	242
三、无银的光色玻璃	243
四、光色玻璃的应用	244
第五节 半导体玻璃	244
一、半导体玻璃分类	245
二、玻璃半导体的制备方法	246
三、玻璃半导体的特性	246

四、玻璃半导体的应用	247
第六节 非线性光学玻璃	248
一、非线性光学玻璃的性质	248
二、非线性光学玻璃的制备方法	250
三、非线性光学玻璃的应用前景	251
第七节 生物玻璃	252
一、生物玻璃材料的种类	253
二、生物玻璃结构特征	256
三、生物玻璃的制备	256
四、生物玻璃的研究进展	257
第八节 玻璃材料的发展	259
一、新的玻璃系统	259
二、新的玻璃功能	259
三、新的玻璃工艺	260
四、其他新型玻璃的应用	260
第十章 功能陶瓷	263
第一节 电介质陶瓷	263
一、电绝缘陶瓷	263
二、电容器陶瓷	267
三、压电陶瓷	269
第二节 敏感陶瓷	277
一、几种重要的敏感陶瓷材料	279
二、敏感陶瓷材料制备工艺的发展	283
三、敏感陶瓷材料的发展前景	285
第三节 磁性陶瓷	287
一、磁性陶瓷的分类	287
二、磁性陶瓷的基本特性	288
三、磁性陶瓷的应用	290
第四节 超导陶瓷	294
一、超导材料的基本特性	295
二、超导陶瓷的特征和制备方法	296
三、氧化物超导陶瓷材料的结构和特性	298
四、超导陶瓷材料的应用前景	299

第十一章 智能材料与结构	301
第一节 智能材料的概念及分类	301
一、智能材料的概念及其特点	301
二、智能材料的分类	302
第二节 智能材料结构的信息处理方法	304
第三节 智能材料结构中的驱动元件及形状记忆合金	305
一、智能材料结构中的驱动元件	306
二、形状记忆材料及性能	306
三、形状记忆合金的应用	315
第四节 智能材料的应用	318
第十二章 储氢材料及载能系统	322
第一节 储氢材料的基本性质	322
一、储氢材料应具备的条件	323
二、影响储氢材料吸储能力的因素	325
第二节 储氢材料的种类	327
一、镁系合金	327
二、稀土系合金	328
三、钛系合金	330
四、锆系合金	332
第三节 储氢材料的功能及用途	333
一、镍金属氢化物电池	333
二、用于氢的贮存、净化及分离	338
三、热泵、空调及热贮存	338
四、氢能汽车	340
五、氢催化剂	340
六、储氢材料的压力传递功能	341
第十三章 超导材料	342
第一节 超导材料的基本特征及微观结构	342
一、超导体体的基本物理性质	342
二、传统超导体体的超导电性理论	344
三、两类超导体体的基本特征	346
四、超导隧道效应	347
第二节 超导材料的分类	349

一、常规超导体	349
二、高温超导体	350
三、其他类型的超导材料	351
第三节 超导材料的应用及发展	353
一、低温超导材料的应用	353
二、高温超导材料的应用及进展	355
第十四章 现代功能材料及应用展望	359
第一节 对功能材料的新的要求	359
一、信息处理的需求	359
二、电子学方面的需求	359
三、敏感元件的需求	360
四、工农业上的需求	361
五、能源开发、交通中的需求	362
六、医疗以及日常生活中的需求	362
第二节 功能材料展望	363
参考文献	365

第一章 功能材料概论

随着时代的发展，人类将进入一个信息时代。为了解决生产高速发展以及由此所产生的能源、环境等等一系列的问题，更需要用高科技的方法和手段来生产新型的、功能性的产品，以获得各种优良的综合性能。近年来新型功能材料层出不穷，得到了突破性的进展。日本和欧美各国对新型功能材料的研究十分注意，这是因为功能材料是能源、计算机、通讯、电子、激光等现代科学的基础，功能材料在未来的社会发展中具有重大战略意义。近 10 年来，功能材料成为材料科学和工程领域中最为活跃的部分，每年以 5% 以上的速度增长，相当于每年有 1.25 万种新材料问世。未来世界需要更多的性能优异的功能材料，功能材料正在渗透到现代生活的各个领域。

第一节 功能材料的概念与分类

一、功能材料的概念

功能材料是指通过光、电、磁、热、化学、生化等作用后具有特定功能的材料。在国外，常将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、电功能，磁功能，分离功能，形状记忆功能等等。这类材料相对于通常的结构材料而言，一般除了具有机械特性外，还具有其他的功能特性。

特定的功能与材料的特定结构是相联系的。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等。

功能材料是一门新的学科，是从经典的高分子材料中孕育