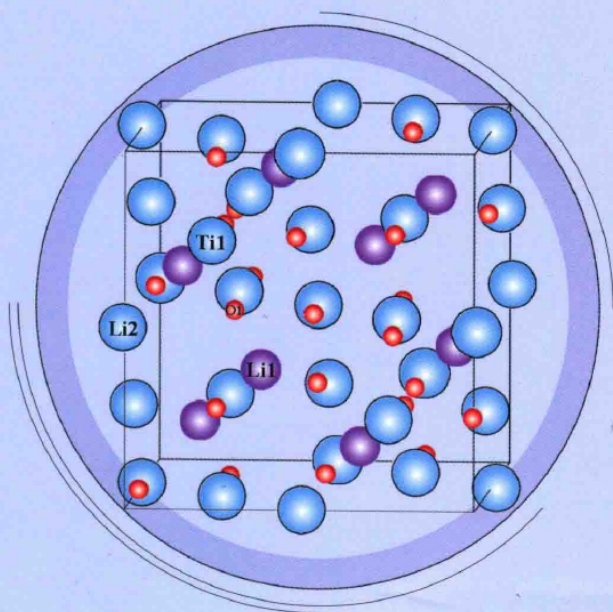


钒钛功能材料

邹建新 周兰花 彭富昌 ◎ 编著



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn

内 容 提 要

本书主要介绍了功能材料的基本概念及其在信息技术、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等领域广泛应用的例证,简述了主要钒钛功能材料的种类,详细介绍了 Ni-Ti 形状记忆合金、生物医用钛合金、钒钛基储氢合金、钛基金属陶瓷、钛酸盐系压电陶瓷、Nb-Ti 超导材料、钛系梯度功能材料、钒钛新能源电池材料、SCR 脱硝催化剂、钒钛光学材料和钒钛薄膜材料的特性、制备方法、应用及发展前景。

本书可作为大中专院校的专业教材和钒钛行业的培训教材,也可供钒钛领域研发人员、工程技术人员、专家学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

钒钛功能材料/邹建新,周兰花,彭富昌编著. —
北京:冶金工业出版社,2019.3

ISBN 978-7-5024-8035-6

I. ①钒… II. ①邹… ②周… ③彭… III. ①钒—
金属材料—功能材料 ②钛—金属材料—功能材料 IV.
①TG146.4 ②TG146.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 034854 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjchs@cnmp.com.cn

责任编辑 刘小峰 美术编辑 郑小利 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-8035-6

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2019 年 3 月第 1 版,2019 年 3 月第 1 次印刷

169mm×239mm;13.5 印张;261 千字;200 页

78.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

我国钒钛资源非常丰富，已探明钛资源储量（以 TiO_2 计）7.2 亿吨，约占世界总储量的 $1/3$ ，钒资源储量（以 V_2O_5 计）4290 万吨，约占世界总储量的 21%。钛资源被开采并深加工成钛白粉和钛合金材等产品，广泛应用于航空航天、汽车、化工、海洋和涂料等领域，钒资源被开采并深加工成合金添加剂和催化剂等产品，广泛应用于钢铁冶金和化工等领域。此外，钒钛自身构成的氧化物或者与其他元素复合而成的化合物，形成了种类繁多、用途广泛的功能性材料。钒钛不仅是我国重要的战略资源，也是应用广泛的民用产品。

钒钛资源主要以钒钛磁铁矿、钛铁矿和石煤等形式存在。攀枝花—西昌地区和承德地区是我国主要的钒钛磁铁矿产区，钛铁矿广泛分布在云南、两广及海南等地。钛精矿产地主要集中于攀西和云南等地，澳大利亚、东南亚等国家已成为我国重要的钛矿进口国。钛白粉产地遍及全国，但主要集中在攀西、沿海地区和云南。海绵钛生产分布于全国各地。钛合金材料主要集中在宝鸡及东北、华东地区。石煤提钒遍及全国各地。钒产品主要集中在攀西。2008 年，攀枝花市被自然资源部授予“中国钒钛之都”称号，宝鸡也素有“中国钛谷”之称的美誉。2013 年，攀枝花、西昌、雅安等地被国家授予“攀西战略资源综合利用开发创新试验区”。

随着航空航天业、汽车产业等对钛材需求的增加，以及民生改善对钛白粉和高强度钢需求的增强，还有信息产业、新能源产业的飞速发展，钒钛产业呈现出欣欣向荣的局面，生产技术与成

本的竞争也愈加激烈,产品创新的需求也日益强劲,钒钛从业人员对技术创新的需求也更迫切。作为研发人员和从事技术创新的工程技术人员,深感身边缺少一本包含各种钒钛功能材料总汇的书籍,更感觉缺乏一本在广度上描写涉及钒钛功能材料较全面且重点突出的书籍,作为想要深入学习钒钛学科,想要深入研究钒钛课题的大中专院校的本科生和研究生也有同感。为此,作者编著了本书,以飨读者,以期为钒钛行业尽微薄之力。

本书主要介绍了功能材料的基本概念及其在信息技术、生物工程、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等领域广泛应用的例证,简述了主要钒钛功能材料的种类,详细介绍了Ni-Ti形状记忆合金的制备与加工方法,全面讲解了生物医用钛合金的性能、选材设计和制备加工技术,深入分析了钒钛基储氢合金的种类、特性与制备方法,讲述了常用钛基金属陶瓷的性质和制备技术,论及了钛酸盐系压电陶瓷的开发方向,讲解了Nb-Ti超导材料的熔铸和制造工艺,介绍了钛系梯度功能材料的应用与开发,深入探讨了钒钛新能源电池材料的生产技术和发展前景,展示了SCR脱硝催化剂的生产现状,详细介绍了钒钛发光材料及光催化剂的研发,展望了钒钛薄膜材料的发展前景。所论述的工艺技术问题均是钒钛行业人员关注的焦点和难点。

本书的编著是在作者长期的生产、科研、教学活动和技术交流过程中的经验积累和资料积累的基础上完成的。全书编排在结构上以由浅入深、先远后近为主线。创新的关键在于理论和技术层面的深层次掌控和突破,对钒钛功能材料开发原理及制备过程的透彻理解是基础和关键。本书所选内容均是钒钛行业从业人员在生产和科研活动中经常遇到的难点和重点,研究成果取自于国内外钒钛领域的期刊文献、硕博论文、研究报告等,经作者遍览

筛选后再凝练加工而成，这些成果都具有一定的深度。全书的编排在内容上以钒钛功能材料产品为主线，钒钛并行排列，在称谓上遵照传统的先钒后钛的习惯。

本书内容具有实用性和工具性的特色，钒钛功能材料主要品种翔实，制备方法有一定广度。本书可作为钒钛功能材料领域研发人员、工程技术人员、专家学者的参考书籍。也可作为大中专院校的专业教材和钒钛行业机构的培训教材。

本书的编著参阅了大量公开发表和未公开发表的文献资料，这些文献涉及的单位主要有：中国科学院金属材料研究所、中科院大连化学物理研究所、攀枝花钢铁研究院、北京有色金属研究院、西北有色金属研究院、四川大学、清华大学、成都工业学院、成都理工大学、北京科技大学、重庆大学、攀枝花学院、天津大学、西北工业大学、宝钛集团、攀钢集团等。在涉钒涉钛功能材料方面，许多专家学者耕耘多年，研究颇深，如四川大学刘颖教授团队，长期致力于氮化钛、碳化钛及亚氧化钛等钛基功能材料开发，西北有色金属研究院长期致力于 Nb-Ti 超导材料的研究，中科院大连化学物理研究所在钒电池开发上处于国际先进水平，在此对他们的辛勤劳动表示衷心的感谢。

本书在编著与出版过程中得到了许多领导、同事、同行、朋友以及部分同学的帮助，他们有的查阅资料，有的购买参考书籍，有的打字复印，有的制图编辑，有的解答疑难，有的在工作和生活中给予方便，在此向他们表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限、经验不足，书中不妥之处，恳请专家和读者不吝赐教、批评指正。

编著者

2019 年 1 月于巴蜀大地

e-mail: cnzoujx@sina.com

目 录

1 功能材料与钒钛功能材料概论	1
1.1 功能材料的概念	1
1.1.1 定义	1
1.1.2 功能显示方式	2
1.2 功能材料的分类	3
1.2.1 按应用领域分类	3
1.2.2 按物质结构和化学组成分类	3
1.3 功能材料的发展	6
1.4 钒钛功能材料的概念	7
1.5 主要钒钛功能材料	7
2 Ni-Ti 形状记忆合金	10
2.1 形状记忆合金的概念、特性与种类	10
2.1.1 形状记忆合金的概念	10
2.1.2 形状记忆合金的特性	10
2.1.3 形状记忆合金的种类	12
2.2 形状记忆效应的原理	12
2.3 Ni-Ti 形状记忆合金的制备与加工方法	12
2.3.1 工艺流程	12
2.3.2 TiNi 合金的熔炼	13
2.3.3 TiNi 合金的锻造	14
2.3.4 TiNi 合金的热挤压	15
2.3.5 TiNi 合金的轧制和拉拔	15
2.3.6 TiNi 合金的冷加工	15

2.3.7 TiNi 合金的粉末成形	15
2.3.8 TiNi 合金的包套碎片挤压成形	16
2.3.9 TiNi 合金的溅射沉积薄膜	16
2.4 Ni-Ti-X 三元形状记忆合金	16
2.4.1 Ni-Ti-Fe 合金	17
2.4.2 Ni-Ti-Mo 合金	17
2.4.3 Ni-Ti-Ta 合金	18
2.4.4 Ti-Pd-Ni 合金	18
2.5 医用多孔 Ni-Ti 形状记忆合金的制备方法	19
2.5.1 元素粉末混合烧结法	20
2.5.2 (预) 合金粉末烧结法	20
2.5.3 自蔓延高温合成法	20
3 生物医用钛合金	23
3.1 生物医用钛合金的概念	23
3.2 生物医用钛合金分类及性能	24
3.3 生物医用钛合金的设计与开发	25
3.3.1 生物医用钛合金的选材设计	25
3.3.2 新型生物医用钛合金的开发	25
3.4 生物医用钛合金的熔炼	26
3.5 生物医用钛合金的加工制备	29
3.5.1 常规加工制备技术	29
3.5.2 大塑性变形加工和晶粒微纳米化处理技术	29
3.5.3 多孔化制备及微孔结构控制技术	30
3.5.4 生物医用钛合金的增材制造技术	31
3.6 生物医用钛合金的显微组织与力学性能控制	33
3.7 生物医用钛合金的表面改性	35
3.8 新型医用 Ti-25Nb-2Zr 钛合金的制备、加工与表面处理	38
3.8.1 锆含量对 Ti-25Nb 合金组织和力学性能的影响	38
3.8.2 热处理及冷加工工艺对 Ti-25Nb-2Zr 合金组织性能的影响	40

3.8.3 表面氧化及钙磷层的制备对 Ti-25Nb-2Zr 合金的影响	42
4 钒钛基储氢合金	45
4.1 储氢合金的概念	45
4.2 钒基储氢合金的种类与特性	46
4.3 钒基储氢合金的制备方法	48
4.3.1 熔炼法	48
4.3.2 机械合金化法	48
4.3.3 燃烧合成法	48
4.3.4 还原扩散法	49
4.3.5 共沉淀还原法	49
4.4 钛基储氢合金的种类与特性	50
4.5 Ti-Zr-Ni 储氢合金的储氢性能及制备方法	51
4.6 TiFe 合金的储氢性能	52
4.7 TiFe 系合金的制备方法	54
4.7.1 感应熔炼法	54
4.7.2 机械合金化 (MA、MG) 法	54
4.7.3 还原扩散法	55
4.7.4 共沉淀还原法	56
4.8 合金元素对 V-Ti 基储氢合金性能的影响	56
4.8.1 Ni 元素的影响 (V-Ti-Ni 系合金)	56
4.8.2 Cr 元素的影响 (V-Ti-Cr 系合金)	56
4.8.3 Mn 元素的影响 (V-Ti-Mn 系合金)	57
4.8.4 Fe 元素的影响 (V-Ti-Fe 系合金)	57
4.9 TiCrVMnCe 合金的制备及性能影响	58
4.9.1 TiCrVMnCe 合金的制备方法	58
4.9.2 影响储氢性能的因素	60
5 钛基金属陶瓷	62
5.1 金属陶瓷的概念	62

5.2 碳化钛陶瓷	63
5.2.1 碳化钛陶瓷简介	63
5.2.2 碳化钛陶瓷粉末的生产方法	64
5.2.3 碳化钛陶瓷的应用	66
5.3 氮化钛陶瓷	66
5.3.1 氮化钛陶瓷简介	66
5.3.2 氮化钛粉末的制备方法	67
5.3.3 TiN 的应用	70
5.4 碳氮化钛陶瓷	72
5.4.1 碳氮化钛陶瓷简介	72
5.4.2 Ti (C, N) 基金属陶瓷材料的制备工艺	72
5.5 二硼化钛基金属陶瓷	75
5.5.1 二硼化钛陶瓷简介	75
5.5.2 二硼化钛陶瓷的制备方法	76
5.6 超细晶粒 Ti (C, N) 基金属陶瓷的制备及性能影响	78
5.6.1 超细晶粒对陶瓷性能的影响	78
5.6.2 超细晶粒 Ti (C, N) 基金属陶瓷的制备工艺	79
5.6.3 超细晶粒 Ti (C, N) 基金属陶瓷的性能分析	81
6 钛酸盐系压电陶瓷	82
6.1 压电陶瓷的概念	82
6.2 PZT 压电陶瓷	83
6.2.1 PZT 压电陶瓷简介	83
6.2.2 PZT 压电陶瓷粉体的制备方法	84
6.2.3 PZT 压电陶瓷的加工	86
6.3 BaTiO ₃ 压电陶瓷	87
6.3.1 BaTiO ₃ 压电陶瓷简介	87
6.3.2 BaTiO ₃ 压电陶瓷粉体的制备方法	88
6.4 水热法合成钛酸铋钠无铅压电陶瓷	91
6.4.1 钙钛矿型无铅压电陶瓷简介	91

6.4.2 钛酸铋钠简介	91
6.4.3 钛酸铋钠无铅压电陶瓷的制备	92
7 Nb-Ti 超导材料	97
7.1 超导材料概述	97
7.1.1 特性	97
7.1.2 主要合金	98
7.1.3 应用领域	98
7.2 Nb-Ti 超导合金的组成、性质与用途	99
7.2.1 组成	99
7.2.2 性能	100
7.2.3 应用	100
7.3 Nb-Ti 超导合金的熔铸	101
7.4 Nb-Ti 超导合金的制造工艺	104
7.4.1 普通 Nb-Ti 超导合金制造工艺	104
7.4.2 多芯复合 Nb-Ti 超导合金制造工艺	105
7.5 NbTiTa 超导线材的制备及性能影响	106
7.5.1 NbTiTa 超导线材的特性	106
7.5.2 NbTiTa 超导线材的制备与性能分析	106
8 钛系梯度功能材料	108
8.1 梯度功能材料概述	108
8.1.1 梯度功能材料的性质	108
8.1.2 梯度功能材料的分类	109
8.2 Ti-Al ₂ O ₃ 梯度功能材料	110
8.2.1 Ti-Al ₂ O ₃ 梯度功能材料简介	110
8.2.2 Ti-Al ₂ O ₃ 梯度功能材料的制备	110
8.3 钛/羟基磷灰石梯度功能材料	113
8.3.1 钛/羟基磷灰石简介	113
8.3.2 钛/羟基磷灰石的制备方法	113

8.4 激光熔覆法制备 HA/钛金属梯度生物涂层	117
8.4.1 激光熔覆法制备梯度材料的优势	117
8.4.2 激光熔覆法制备 HA/钛金属梯度生物涂层的工艺与设备	118
9 钒钛新能源电池材料	122
9.1 新能源电池材料概述	122
9.2 亚氧化钛	123
9.2.1 亚氧化钛简介	123
9.2.2 不同形态 Magneli 相制备方法	124
9.2.3 Ti_4O_7 结构	125
9.2.4 Ti_4O_7 性质	126
9.2.5 Ti_4O_7 粉末制备方法	126
9.2.6 Ti_4O_7 的应用	130
9.3 钛酸锂	132
9.3.1 钛酸锂及钛酸锂电池简介	132
9.3.2 钛酸锂的晶体结构与电化学特性	133
9.3.3 钛酸锂的制备方法	134
9.3.4 钛酸锂的应用	137
9.4 钙钛矿太阳能电池材料	139
9.4.1 钙钛矿太阳能电池材料简介	139
9.4.2 电子传输材料	139
9.4.3 钙钛矿太阳能电池器件制备工艺	140
9.5 钒电池电解液	141
9.5.1 钒电池简介	141
9.5.2 钒电池电解液的制备方法	144
9.6 微波固相法制备 $Li_4Ti_5O_{12}$ 电池负极材料	146
9.6.1 锂离子电池的构成与优势	146
9.6.2 $Li_4Ti_5O_{12}$ 负极材料的性能	149
9.6.3 $Li_4Ti_5O_{12}$ 纳米晶的制备及电化学性能	151

10 SCR 脱硝催化剂	153
10.1 脱硝催化剂概述	153
10.2 纳米二氧化钛载体的成分	155
10.3 纳米催化剂载体的制备原理	156
10.4 SCR 脱硝催化剂的加工成形	159
10.4.1 制作催化剂浆体	160
10.4.2 挤压成形	160
10.4.3 干燥、焙烧	160
10.4.4 浸渍法加入活性成分	160
10.4.5 再次干燥、焙烧	160
10.4.6 获得成品催化剂	161
11 钒钛光学材料	162
11.1 发光材料及光催化剂概述	162
11.1.1 发光材料	162
11.1.2 光催化剂	163
11.2 钛酸盐体系长余辉发光材料	164
11.2.1 钛酸盐发光材料简介	164
11.2.2 钛酸盐长余辉材料的合成方法	164
11.3 钒酸盐稀土发光材料	166
11.3.1 稀土钒酸盐发光材料简介	166
11.3.2 新型稀土钒酸盐体系发光材料制备方法	167
11.4 TiO_2 光催化剂	169
11.4.1 纳米 TiO_2 简介	169
11.4.2 TiO_2 光催化剂的制备方法	170
11.5 钒酸盐类光催化剂	173
11.5.1 钒酸盐光催化剂简介	173
11.5.2 钒酸铋 (BiVO_4) 的性质及制备方法	173
11.5.3 钒酸铟 (InVO_4) 的性质及制备方法	175
11.5.4 钒酸银 (Ag_3VO_4) 的性质及制备方法	175

11.5.5 钒酸铁 (FeVO_4) 的性质及制备方法	176
11.6 钒钛黑瓷远红外辐射材料	177
11.6.1 钒钛黑瓷简介	177
11.6.2 钒钛黑瓷的制造工艺	177
11.7 以 Na_3VO_4 为 V 源制备四方相 LaVO_4	178
11.7.1 稀土钒酸盐 LaVO_4 简介	178
11.7.2 四方相 LaVO_4 的制备工艺	179
12 钒钛薄膜材料	181
12.1 薄膜材料概述	181
12.2 钛系化合物薄膜的制备方法	182
12.2.1 制备方法概述	182
12.2.2 蒸镀法	183
12.2.3 溅射法	183
12.2.4 离子镀法	184
12.2.5 等离子体增强化学气相沉积	184
12.2.6 激光化学气相沉积	184
12.3 钒系化合物薄膜材料	185
12.3.1 二氧化钒薄膜简介	185
12.3.2 五氧化二钒薄膜简介	186
12.3.3 二氧化钒粉体的合成方法	186
12.3.4 二氧化钒及五氧化二钒薄膜的制备方法	187
12.3.5 二氧化钒薄膜的应用领域	189
12.3.6 五氧化二钒薄膜的应用领域	191
12.4 氧化钒-氧化石墨烯复合薄膜的制备及其光电特性	192
12.4.1 氧化钒复合薄膜的制备方法简介	192
12.4.2 氧化钒-氧化石墨烯复合薄膜的制备工艺	193
12.4.3 氧化钒-氧化石墨烯复合薄膜性能分析	194
参考文献	196

1 功能材料与钒钛功能材料概论

1.1 功能材料的概念

1.1.1 定义

材料通常可分为结构材料和功能材料两种。功能材料和结构材料之间并不存在不可逾越的鸿沟，两者在一定条件下可以互相转化，不少材料既具有结构性，又具有功能性，在一些场合将其作结构材料用，在另一些场合将其作功能材料用，或者在同一场合既是结构材料又是功能材料，也是不容忽视的事实。因此，只能大体上划分两者的界限。

根据它们的基本性能特征，可以认为，结构材料是以强度、刚度、韧性、硬度、耐磨性、疲劳强度等力学性能为主发展起来的材料，功能材料则是以声、光、电、磁、热等物理性能为主而发展起来的材料。故功能材料可以定义为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，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。图 1-1 为代表性的功能材料。

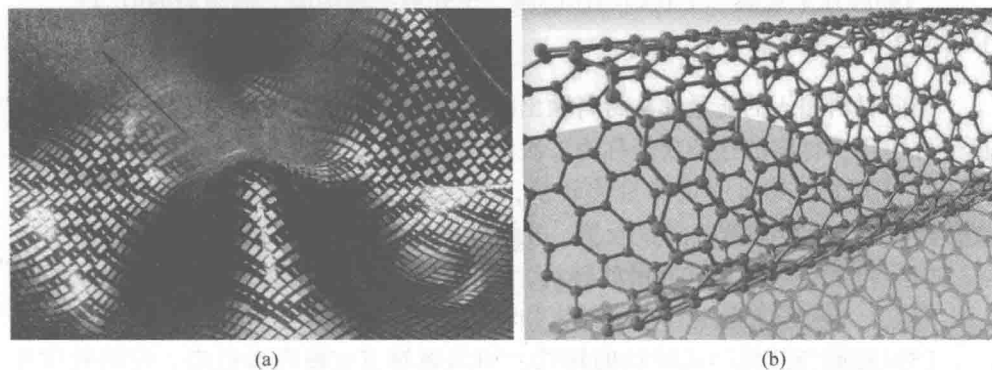


图 1-1 隐身衣 (a) 与碳纳米管 (b)

功能材料的定义较多，常见的另一种定义为：以特殊的电、磁、声、光、热、力、化学及生物学等性能作为主要性能指标的一类材料。即在声、光、电、磁、热及化学性能上有特殊效应的，用于非结构目的的（高技术）材料。

1.1.2 功能显示方式

研究和使用功能材料,必然涉及其功能的显示或表达问题。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。

1.1.2.1 一次功能材料

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。一次功能材料主要有:

- (1) 力学功能,如惯性、黏性、流动性、润滑性、成形性、超塑性、高弹性、恒弹性、振动性和防震性;
- (2) 声功能,如吸音性、隔音性;
- (3) 热功能,如隔热性、传热性、吸热性和蓄热性;
- (4) 电功能,如导电性、超导性、绝缘性和电阻;
- (5) 磁功能,如软磁性、硬磁性、半硬磁性;
- (6) 光功能,如透光性、遮光性、反射光性、折射光性、吸收光性、偏振性、聚光性、分光性;
- (7) 化学功能,如催化作用、吸附作用、生物化学反应、酶反应、气体吸收;
- (8) 其他功能,如电磁波特性(常与隐身相联系)、放射性。

1.1.2.2 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不同形式时,材料起能量的转换部件作用,材料的这种功能称为二次功能或高次功能。二次功能材料主要有:

- (1) 光能与其他形式能量的转换,如光化反应、光致抗蚀、光合成反应、光分解反应、化学发光、感光反应、光致伸缩、光生伏特效应、光导电效应;
- (2) 电能与其他形式能量的转换,如电磁效应、电阻发热效应、热电效应、光电效应,场致发光效应、电光效应和电化学效应;
- (3) 磁能与其他形式能量的转换,如热磁效应、磁冷冻效应、光磁效应和磁性转变;
- (4) 机械能与其他形式能量的转换,如压电效应、磁致伸缩、电致伸缩、光压效应、声光效应、光弹性效应、机械化学效应、形状记忆效应和热弹性效应。

1.2 功能材料的分类

功能材料的品种繁多,涉及面广,目前已达十多万种,而且还以每年5%的增长率不断增加。功能材料有多种分类方法。目前主要是根据材料的化学组成、应用领域、使用性能进行分类。

1.2.1 按应用领域分类

(1) 力学功能材料,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。

(2) 化学功能材料,又可分为:

1) 分离功能材料,如分离膜、离子交换树脂、高分子配合物;

2) 反应功能材料,如高分子试剂、高分子催化剂;

3) 生物功能材料,如固定化菌、生物反应器等。

(3) 物理化学功能材料,又可分为:

1) 电学功能材料,如半导体材料、超导体、(常规)导体材料、电接点(触头)材料、导电高分子等;

2) 光学功能材料,如激光材料、发光材料、非线性光学材料、光导纤维、光学薄膜、感光性高分子等;

3) 能量转换材料,如压电材料、光电材料。

(4) 生物化学功能材料,又可分为:

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;

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。

1.2.2 按物质结构和化学组成分类

1.2.2.1 金属功能材料

金属功能材料是开发比较早的功能材料。随着高新技术的发展,一方面促进了非金属材料的迅速发展,同时也促进了金属材料的发展。许多区别于传统金属材料的新金属功能材料应运而生,有的已被广泛应用,有的具有广泛应用的前景。如形状记忆合金的发现及各种形状记忆合金体系的开发研制,使得这类新型金属材料在现代军事、电子、汽车、能源、机械、宇航、医疗等领域得到广泛的应用。另一方面,非晶态合金由于具有优异的物理、化学性能,是一种极有发展前景的新型金属材料。具有独特性能和用途的新型金属功能材料很多,如超导合金、纳米金属、高温合金、减振合金、储氢、多孔金属、金属磁性材料等。

按金属材料的成分和加工方法、形态及功能特征,又可将它们分成以下三类:

(1) 精密合金材料。这是具有特殊物理性能的金属材料,因其具有特殊精密的成分,需要特殊精密的熔炼、浇注、加工和热处理方法而得名。

(2) 特殊形态材料。如果将金属或合金包括某些精密合金制成薄膜、纤维、粉末、多孔、镜面等特殊形态,则可增强原有功能或显示出新的功能。例如用电镀、真空溅射、蒸镀、离子喷镀等方法将磁性合金沉积在非磁性(波动或金属)基板上而形成的极薄膜(数十至数百纳米),其可用于制作计算机的存储器、逻辑器件等,具有容量大、速度高等突出优点,其开关特性比铁氧体快10~100倍以上。铈铋合金、铋、铈等金属薄膜可用作封入型光电子倍增管的光电面材料。加热到400℃左右的金属钼或其合金的薄膜,很容易透过氢气,而其他气体则几乎完全不能透过,利用这种对氢的选择透过性质,可制成氢的净化装置。

(3) 能量转换材料。能量转换材料是指能进行能量转换的金属材料(包括某些精密合金和特殊形态材料),属于二次功能材料。例如,储氢金属材料,即某些金属或合金在高压低温的氢气中,能生成金属氢化物而吸藏氢气;在相反条件下,又可将这些氢气放出。这就是在氢的贮藏和运输方面独树一帜的储氢合金。还有一些法拉第电磁材料,当光通过被磁化的非活性物质时,光的偏振面会发生旋转,这种磁致旋转就是法拉第效应。利用这种磁光效应可制成密度高、容量大、速度快的光储存器。先将磁膜沉积在透光基片上,再用“居里点写法”或“补偿刚度法”,将信息记录在磁膜上。当以较弱的偏振激光穿过磁膜时,测出激光偏振面的旋转角,就可以将所记录的信息解读出来。

1.2.2.2 无机功能材料

无机功能材料包括非金属无机晶体、陶瓷和玻璃,种类繁多,这里也分三类进行介绍:

(1) 精密陶瓷材料。这是与传统陶瓷在成分上不同的新陶瓷材料,一般不含玻璃质和黏土成分,质地致密而均匀,例如具有钙钛矿型晶格结构的钛酸钡。利用其介电常数大、高频损耗小、耐压高的特点,可作为电容器的重要材料。日本在Pb四元系压电陶瓷中添加MnO和Sb₂O₃,使大功率性能进一步提高,动应力的线性范围变宽。还发展了一种改性Pb-Ti-O陶瓷,用Na部分置换Pb,用Mn和In部分置换Ti,采用TiO₂细粉工艺及埋粉烧结法,不仅弹性波损耗小,而且最高使用频率由一般PZT陶瓷的10MHz提高到60MHz。还有一些半导体与超导体材料,这里就不再赘述。

(2) 特殊形态材料。它同金属功能材料中的情况相似,如将某些无机材料制成薄膜、纤维、粉末、多孔等特殊形态,也可以产生种种功能,成为功能材