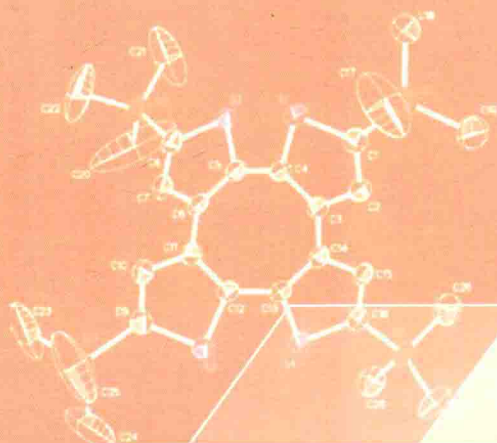


· 四川大学精品立项教材 ·

功能材料及应用

GONGNENG CAILIAO JI YINGYONG

孙 兰 主 编
文玉华 严家振 郭智兴 副主编



四川大学出版社

中国材料百科全书

功能材料及应用

Functional Materials and Applications

主编 孙 强 副主编 王 强 王 强

中国材料出版社

· 四川大学精品立项教材 ·

功能材料及应用

GONGNENG CAILIAO JI YINGYONG

孙 兰 主 编
文玉华 严家振 郭智兴 副主编



四川大学出版社

责任编辑:唐 飞
责任校对:蒋 珂
封面设计:墨创文化
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

功能材料及应用 / 孙兰主编. —成都: 四川大学出版社, 2015. 1
四川大学精品立项教材
ISBN 978-7-5614-8336-7
I. ①功… II. ①孙… III. ①功能材料—高等学校—教材 IV. ①TB34

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 023748 号

书名 功能材料及应用

主 编	孙 兰
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5614-8336-7
印 刷	四川和乐印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	9.25
字 数	223 千字
版 次	2015 年 2 月第 1 版
印 次	2015 年 2 月第 1 次印刷
定 价	22.00 元

版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。
电话:(028)85408408/(028)85401670/
(028)85408023 邮政编码:610065
◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。
◆网址:<http://www.scup.cn>

前 言

材料是人类生存、社会发展、科技进步的物质基础，是现代科技革命的先导，是当代文明的三大支柱之一。世界各先进工业国家都把材料作为优先发展的领域。由于材料学科发展变化迅速，各种新型功能材料层出不穷，现有的教材已不能跟上材料发展的步伐。基于此，《功能材料及应用》主要介绍各种新型功能材料的基础物理知识、组成、结构、性能、制备、应用及其发展趋势，重点论述反映当代功能材料科学发展的主要前沿领域。本书主要内容包括储氢材料、磁性材料、智能金属材料及形状记忆合金、纳米功能材料、梯度功能材料、非晶态合金、超导材料。本书内容丰富，难度适中，信息量大，注重理论与实践的结合，从实际应用入手，将一些新型功能材料的最新应用个例融入教材中，有利于非材料研究人员对材料科学与工程的发展建立整体的认识；作为材料科学与工程专业的导论课程，也有利于材料专业人员对功能材料知识的普及和提高，把握高技术新型先进功能材料的发展趋势，为进一步开发新型功能材料奠定基础。

本书第4章由文玉华撰写，第5章由郭智兴撰写，第7章由颜家振撰写，其余各章由孙兰撰写。全书由孙兰统稿。

由于作者水平有限，书中不当之处在所难免，恳请各位读者批评指正，以便修订时完善。

编 者

2014年9月

目 录

第 1 章 功能材料概述	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 材料的发展	(1)
1.1.2 材料的分类	(2)
1.1.3 材料的应用	(3)
1.2 功能材料的概念与特点	(4)
1.3 功能材料的分类	(5)
1.3.1 按功能分类	(5)
1.3.2 按功能显示过程分类	(5)
1.3.3 按材料种类分类	(6)
1.4 功能材料的现状及展望	(8)
1.4.1 功能材料国内外发展现状	(8)
1.4.2 功能材料的发展趋势	(12)
参考文献	(12)
第 2 章 储氢材料	(13)
2.1 氢能的特点及利用	(13)
2.1.1 氢能的特点	(13)
2.1.2 氢能的利用	(14)
2.2 储氢材料的介绍	(16)
2.3 储氢材料储氢原理及条件	(17)
2.3.1 储氢材料储氢原理	(17)
2.3.2 储氢材料应具备的条件	(21)
2.4 储氢材料的分类	(21)
2.4.1 镁系合金	(21)
2.4.2 稀土系合金	(23)
2.4.3 钛系合金	(23)
2.4.4 锆系合金	(24)
2.5 储氢材料的应用	(24)
2.5.1 用于氢气的储存与运输	(24)
2.5.2 用于氢的分离、提纯和净化	(25)

2.5.3	用于储氢合金的电极材料	(25)
2.5.4	用于蓄热与输热技术	(26)
2.5.5	用于金属氢化物氢压缩机	(27)
2.5.6	在其他方面的应用	(28)
2.6	结束语	(29)
	参考文献	(29)
第 3 章	磁性材料	(31)
3.1	磁性的基本知识	(31)
3.1.1	物质的磁性	(31)
3.1.2	磁性的来源	(31)
3.1.3	磁学的基本参量	(32)
3.1.4	磁性的分类	(34)
3.2	磁性材料的主要分类、特点及应用	(35)
3.2.1	软磁材料	(36)
3.2.2	硬磁材料	(38)
3.2.3	矩磁材料	(40)
3.2.4	压磁材料	(41)
3.2.5	磁记录材料	(41)
3.3	其他磁性材料及应用	(42)
3.3.1	磁性液体	(42)
3.3.2	磁致冷材料	(43)
3.4	结束语	(44)
	参考文献	(44)
第 4 章	形状记忆合金	(45)
4.1	形状记忆合金的概念及现象	(45)
4.1.1	形状记忆效应现象	(45)
4.1.2	超(伪)弹性现象	(46)
4.2	形状记忆效应和超(伪)弹性的机制	(47)
4.2.1	普通合金的变形方式	(47)
4.2.2	形状记忆合金的变形方式	(48)
4.3	形状记忆合金的分类	(51)
4.3.1	常用形状记忆合金的机械性能和物理性能	(51)
4.3.2	常用形状记忆合金性能的优缺点	(52)
4.4	形状记忆合金的应用	(52)
4.4.1	基于形状记忆效应的应用	(52)
4.4.2	基于超(伪)弹性的应用	(62)
	参考文献	(63)

第 5 章 纳米材料	(65)
5.1 纳米科技发展沿革	(65)
5.2 纳米材料基本特性	(66)
5.2.1 小尺寸效应	(66)
5.2.2 表面效应	(67)
5.2.3 量子尺寸效应	(67)
5.2.4 宏观量子隧道效应	(67)
5.3 纳米材料的分类	(68)
5.3.1 零维纳米材料	(68)
5.3.2 一维纳米材料	(69)
5.3.3 二维纳米材料	(70)
5.3.4 三维纳米材料	(71)
5.4 纳米材料的制备方法	(72)
5.4.1 气相法	(72)
5.4.2 液相法	(76)
5.4.3 固相法	(77)
5.5 纳米材料的性能与应用	(79)
5.5.1 力学性能	(79)
5.5.2 热学性能	(80)
5.5.3 光学性能	(80)
5.5.4 电学性能	(81)
5.5.5 声学性能	(81)
5.5.6 磁学性能	(82)
5.5.7 催化性能	(82)
5.5.8 吸波性能	(83)
5.5.9 传感性能	(83)
5.5.10 生物医学性能	(84)
5.5.11 流变学性能	(85)
5.6 纳米材料的发展趋势与展望	(85)
参考文献	(85)
第 6 章 梯度功能材料	(88)
6.1 梯度功能材料的介绍	(88)
6.2 梯度功能材料的特点及分类	(90)
6.3 梯度功能材料的研究方法	(90)
6.3.1 材料设计	(90)
6.3.2 材料合成	(91)
6.3.3 特性评价	(94)

6.4 梯度功能材料的分类	(95)
6.4.1 Cu 基梯度功能材料	(95)
6.4.2 Ti 基梯度功能材料	(96)
6.5 梯度功能材料的应用	(96)
6.6 结束语	(98)
参考文献	(98)
第 7 章 非晶态合金	(100)
7.1 非晶态合金的分类	(102)
7.1.1 Fe 基非晶合金系	(102)
7.1.2 Mg 基非晶合金系	(102)
7.1.3 稀土基非晶合金系	(103)
7.1.4 Co 基非晶合金系	(103)
7.1.5 Cu 基非晶合金系	(104)
7.1.6 Zr 基非晶合金系	(104)
7.1.7 Ni 基非晶合金系	(104)
7.1.8 Al 基非晶合金系	(104)
7.2 非晶态合金的结构	(105)
7.2.1 非晶态的结构模型	(106)
7.2.2 非晶态转变	(109)
7.3 非晶态合金的制备方法	(110)
7.3.1 非晶态合金粉体的制备	(111)
7.3.2 非晶态合金带材的制备	(113)
7.3.3 非晶态合金块体的制备	(114)
7.4 非晶态合金的性质	(115)
7.4.1 非晶态合金的力学性质	(115)
7.4.2 非晶态合金的磁性	(117)
7.4.3 非晶态合金的化学性质	(119)
7.5 非晶态合金的应用	(119)
7.5.1 非晶态合金在高性能结构材料领域的应用	(120)
7.5.2 非晶态合金在磁性材料与器件领域的应用	(120)
7.5.3 非晶态合金在电子材料领域的应用	(121)
7.5.4 非晶态合金在微型精密器件制造领域的应用	(121)
7.5.5 非晶态合金在其他领域的应用	(122)
参考文献	(122)
第 8 章 超导材料	(123)
8.1 超导现象及超导材料的基本性质	(123)
8.1.1 超导材料的基本特性	(123)

8.1.2 超导材料的临界参数	(125)
8.1.3 超导材料的种类	(126)
8.1.4 超导材料的微观机制	(127)
8.2 超导材料的发展及分类	(129)
8.2.1 超导材料的发展	(129)
8.2.2 超导材料的分类	(130)
8.3 超导材料的应用	(134)
8.3.1 超导材料在电力技术领域的应用	(135)
8.3.2 超导材料在交通领域的应用	(136)
8.3.3 超导材料在信息技术方面的应用	(136)
8.3.4 超导材料的其他应用	(137)
8.4 结束语	(137)
参考文献	(138)

第 1 章 功能材料概述

1.1 概述

1.1.1 材料的发展

材料无处不在，是人类赖以生存和发展的物质基础。材料是人类用于制造物品、器件、构件、机器或其他产品的物质。材料是物质，但不是所有物质都可以称为材料，如燃料、化学原料、工业化学品、食物和药物等，一般都不算是材料。但是这个定义并不那么严格，如炸药、固体火箭推进剂，一般称之为“含能材料”，因为它们属于火炮或火箭的组成部分。

材料是人类生活和生产的物质基础，是人类认识自然和改造自然的工具。可以说，自从人类一出现就开始使用材料。材料的历史与人类历史一样久远。从考古学的角度，人类文明曾被划分为旧石器时代、新石器时代、青铜器时代、铁器时代等，由此可见材料的发展对人类社会的影响。材料也是人类进化的标志之一，任何工程技术都离不开材料的设计和制造工艺，一种新材料的出现，必将支持和促进当代文明的发展和技术的进步。从人类的出现到 21 世纪的今天，人类的文明程度不断提高，材料及材料科学也在不断发展。

在人类文明的进程中，材料大致经历了以下五个发展阶段。

1. 使用纯天然材料的初级阶段

在远古时代，人类只能使用天然材料（如兽皮、甲骨、羽毛、树木、草叶、石块、泥土等），相当于人们通常所说的石器时代。这一阶段，人类所能利用的材料都是纯天然的，或只是纯天然材料的简单加工。

2. 单纯利用火制造材料的阶段

人们通常所说的铜器时代和铁器时代，也就是距今约 1000 年前到 20 世纪初的一个漫长的时期，它们分别以人类的三大人造材料为象征，即陶、铜和铁。这一阶段主要是人类利用火来对天然材料进行煅烧、冶炼和加工的时代。例如，人类用天然的矿土烧制陶器、砖瓦和陶瓷，以及从各种天然矿石中提炼铜、铁等金属材料等。

3. 利用物理与化学原理合成材料的阶段

20 世纪初,随着物理和化学等学科的发展以及各种检测技术的出现,人类一方面从化学角度出发,开始研究材料的化学组成、化学键、结构及合成方法;另一方面从物理学角度出发,开始研究材料的性质、材料制备,以及与使用材料有关的工艺性问题。在此基础上,人类开始了人工合成材料的新阶段。这一阶段以人工合成塑料、合成纤维及合成橡胶等合成高分子材料的出现为开端,一直延续到现在。除合成高分子材料以外,人类也合成了一系列的合金材料和无机非金属材料。超导材料、半导体材料、光纤材料等都是这一阶段的杰出代表。

从这一阶段开始,人们不再是单纯地通过简单的煅烧或冶炼天然矿石和原料来制造材料,而是利用一系列物理与化学原理及现象来制造新的材料。同时根据需要,人们可以在对以往材料的组成、结构及性能间关系的研究基础上进行材料设计。使用的原料有可能是天然原料,也有可能是合成原料。材料合成及制造方法更是多种多样。

4. 材料的复合化阶段

20 世纪 50 年代,金属陶瓷的出现标志着复合材料时代的到来。随后又出现了玻璃钢、梯度功能材料金属陶瓷等,这些都是复合材料的典型实例。它们都是为了适应高新技术的发展以及人类文明程度的提高而产生的。当时,人类已经可以利用新的物理、化学方法,根据实际需要设计独特性能的材料。

现代复合材料最根本的思想不只是一要使两种材料的性能变成 3 加 3 等于 6,而是要想办法使它们变成 3 乘以 3 等于 9,乃至更大。

严格来说,复合材料并不只限于两种材料的复合。只要是由两种或两种以上不同性质的材料组成的材料,都可以称为复合材料。

5. 材料的智能化阶段

自然界中所有的动物或植物都能在没有受到绝对破坏的情况下进行自我诊断和修复。近三四十年研制出的一些材料已经具备了其中的部分功能,这就是目前最引起人们关注的智能材料,如形状记忆合金等。

尽管近 4 余年来,智能材料的研究取得了重大进展,但是离理想智能材料的目标还相距甚远。

如上所述,在 20 世纪,材料经历了五个发展阶段中的三个阶段,这种发展速度是前所未有的。总的来说,材料科学的发展有以下几个特点:超纯化(从天然材料到合成材料)、量子化(从宏观控制到微观和介质控制)、复合化(从单一到复合)及可设计化(从经验到理论)。当前,高技术新材料的发展日益丰富,将来会出现什么样的高技术材料,材料科学又将发展到何种程度,我们很难预料。

1.1.2 材料的分类

材料除了具有重要性和普遍性以外,还具有多样性。因此,其分类方法也就没有一个统一标准。

从物理、化学属性来分，材料可分为金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料，以及由不同性质材料所组成的复合材料。

从用途来分，材料又分为电子材料、航空航天材料、核材料、建筑材料、能源材料、生物材料等。其中，能源材料是近十年发展起来的一类新型材料。它包括储能材料、节能材料、能量转换材料和核能材料等。生物材料是用于人体组织和器官的诊断、修复或增进其功能的一类高技术材料，即用于取代、修复活组织的天然或人造材料，其作用是药物不可替代的。核材料即核燃料（nuclearfuel），是指能产生裂变或聚变核反应并释放出巨大核能的物质。

更常见的两种分类方法则是结构材料与功能材料，以及传统材料与新型材料。其中，传统材料是指已经成熟且在工业中已批量生产并大量应用的材料，如钢铁、水泥、塑料等。这类材料由于其量大、产值高、涉及面广，又是很多支柱产业的基础，所以又称为基础材料。新型材料（先进材料）是指正在发展，且具有优异性能和应用前景的一类材料。新型材料与传统材料之间并没有明显的界限，传统材料通过采用新技术，提高技术含量和性能，大幅度增加附加值就成为新型材料；新型材料在经过长期生产与应用之后也就成为传统材料。传统材料是发展新型材料和高技术的基础，而新型材料又往往能推动传统材料的进一步发展。

1.1.3 材料的应用

图 1.1 为不同类型材料体现出来的效能与其价格的关系。可以看到，建筑材料作为传统材料，其产量大，涉及面广，效能低，相对价格最低；而医用生物材料作为新型材料，具有优异性能和应用前景，其效能最高，因而其价格也最高。

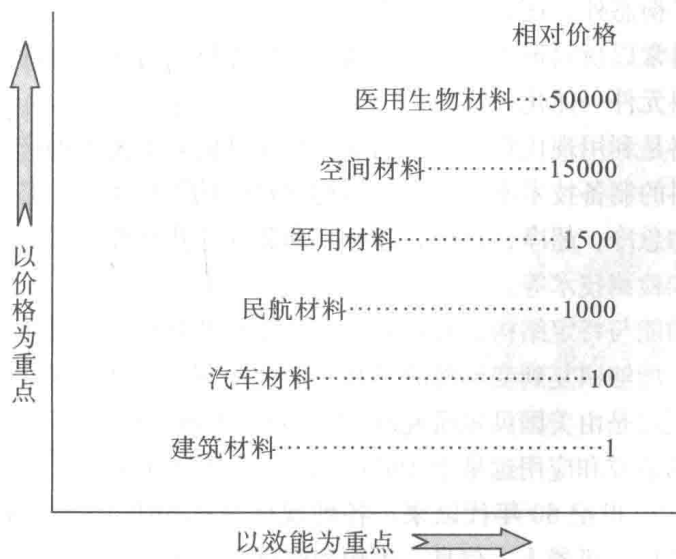


图 1.1 不同类型材料的效能与价格的关系

1.2 功能材料的概念与特点

根据性能不同,材料可分为结构材料和功能材料。

结构材料是指具有抵抗外场作用而保持自己的形状、结构不变的优良力学性能,用于结构目的的材料,通常用来制造工具、机械、车辆和修建房屋、桥梁、铁路等。结构材料是人们熟悉的机械制造材料、建筑材料,包括结构钢、工具钢、铸铁、普通陶瓷、耐火材料、工程塑料等传统结构材料以及高温合金、结构陶瓷等高级结构材料。

功能材料是指以特殊的电、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,是用于非结构目的的高技术材料。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)。功能材料相对于通常的结构材料而言,除了具有机械特性外,一般还具有其他的功能特性。

结构材料和功能材料的主要区别是结构材料利用材料的力学性能,功能材料利用材料的光、电、磁、热、声等物理、化学性能。但是两者之间没有严格的界限,如铝、铜等既可以做结构件,又可以做导线。

功能材料与结构材料相比,具有以下一些主要特征:

(1) 功能材料的功能对应于材料的微观结构和微观物体的运动,这是最本质的特征。

(2) 功能材料的聚集态和形态非常多样化。除了晶态外,还有气态、液态、液晶态、非晶态、准晶态、混合态和等离子态等;除了三维立体材料外,还有二维、一维和零维材料;除了平衡态外,还有非平衡态。

(3) 结构材料常以材料形式为最终产品,而功能材料有相当一部分是以元件形式为最终产品,即材料元件一体化。

(4) 功能材料是利用现代科学技术的多学科交叉的知识密集型产物。

(5) 功能材料的制备技术不同于制备结构材料的传统技术,而是采用许多先进的新工艺和新技术,如急冷、超净、超微、超纯、薄膜化、集成化、微型化、密集化、智能化以及精细控制和检测技术等。

材料的特定功能与特定结构是互相联系的。如有些材料,在发生了塑性变形后,经过合适的热过程,能够回复到变形前的形状,因此出现了形状记忆合金等。

功能材料的概念是由美国贝尔研究所 Morton J A 博士在 1965 年首先提出来的,但人类对功能材料的研究和应用远早于 1965 年,只是其品种和产量很少,且在相当一段时间内发展缓慢。20 世纪 60 年代以来,各种现代技术如微电子、激光、红外、光电、空间、能源、计算机、机器人、信息、生物和医学等技术的兴起,强烈刺激了功能材料的发展。同时,由于固体物理、固体化学、量子理论、结构化学、生物物理和生物化学等学科的飞速发展,以及各种制备功能材料的新技术和现代分析测试技术在功能材料研究和生产中的实际应用,许多新的功能材料不仅已在实验室中研制出来,而且已批量生

产并投入使用。现代科学技术的迅猛发展,使得适应高技术的各种新型功能材料如雨后春笋一般不断涌现,它们赋予高技术新的内涵,促进了高技术的发展和应用的实现。

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,它每年以5%以上的速度增长,相当于每年有1.25万种新型材料问世。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。

1.3 功能材料的分类

随着技术的发展和人类认识的扩展,新型功能材料不断被开发出来,因此对其也产生了许多不同的分类方法。

1.3.1 按功能分类

从功能的不同考虑,可将功能材料分为以下几类。

1. 力学功能材料

主要是指强化功能材料和弹性功能材料,如力学功能玻璃、超弹性合金等。

2. 化学功能材料

(1) 分离功能材料,如分离膜、离子交换材料、分子筛等。

(2) 催化功能材料,如各种催化剂等。

(3) 含能功能材料,如炸药、固体火箭推进剂等。

3. 物理化学功能材料

(1) 电学功能材料,如超导材料等。

(2) 光学功能材料,如发光材料等。

(3) 能量转换材料,如压电材料、光电材料等。

4. 生物化学功能材料

(1) 医用功能材料,如人工脏器用材料——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) 生物仿生材料。

5. 磁学功能材料

如磁悬浮列车、核磁共振仪等。

1.3.2 按功能显示过程分类

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. 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。

一次功能主要有以下八种：

- (1) 力学功能，如惯性、黏性、流动性、润滑性、成型性、超塑性、弹性、高弹性、振动性和防震性等。
- (2) 声功能，如隔音性、吸音性等。
- (3) 热功能，如传热性、隔热性、吸热性和蓄热性等。
- (4) 电功能，如导电性、超导性、绝缘性等。
- (5) 磁功能，如硬磁性、软磁性、半硬磁性等。
- (6) 光功能，如遮光性、透光性、折射光性、反射光性、吸光性、偏振光性、分光性、聚光性等。
- (7) 化学功能，如吸附作用、气体吸收性、催化作用、生物化学反应、酶反应等。
- (8) 其他功能，如放射特性、电磁波特性等。

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，材料起到能量转换部件的作用，材料的这种功能称为二次功能或高次功能。有人认为，二次功能材料才是真正的功能材料。

二次功能按能量的转换系统的不同，可分为以下四类：

- (1) 光能与其他形式能量的转换。
- (2) 电能与其他形式能量的转换。
- (3) 磁能与其他形式能量的转换。
- (4) 机械能与其他形式能量的转换。

1.3.3 按材料种类分类

按材料种类不同，功能材料还可分为金属功能材料、无机非金属功能材料、功能高分子材料和功能复合材料。

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型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。例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，使得这类新型金属功能材料在现代军事、电子、汽车、能源、机械、航空航天、医疗卫生等领域得到了广泛的应用。

有些金属材料本身具有特定的功能，经过开发研究，可以对这些特定的功能加以利用。例如，稀土功能材料的制备和应用。稀土元素在电、光、磁等方面具有独特性质，

故在功能材料领域获得了广泛的应用。稀土功能材料主要包括稀土永磁材料、稀土储氢材料、稀土发光材料、超磁致伸缩材料、超导材料等,其应用遍及航空航天、信息、电子、能源、交通、医疗卫生等13个领域的40多个行业。我国稀土资源非常丰富,其工业储量约占世界已探明总储量6200万吨的80%。将我国的稀土资源优势变为产业优势和经济优势,使它的研究开发既能形成一批新型高新技术产业,又能辐射、带动传统产业的技术进步。因此,发展稀土功能材料对我国具有重要的战略意义和现实意义。利用这种具有特殊功能的金属材料,是金属功能材料开发的一个方面。

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。由于超急凝固、合金凝固时原子来不及进行有序的排列结晶,所以由非晶态合金得到的固态合金是长程无序的结构,没有晶态合金的晶粒、晶界存在。非晶态合金具有优异的磁性、耐蚀性、耐磨性,高的强度、硬度和韧性,以及高的电阻率等性能。

2. 无机非金属材料

无机非金属材料以功能玻璃和功能陶瓷为主,近来也发展了一些新工艺和新品种。

(1) 功能玻璃包括微晶玻璃、激光玻璃、半导体玻璃、光色玻璃、生物玻璃等。

微晶玻璃(玻璃陶瓷)具有玻璃和陶瓷的双重特性,和陶瓷一样是有规律的原子排列,比玻璃韧性强。微晶玻璃机械强度高,绝缘性能优良,热膨胀系数可在很大范围内调节,耐化学腐蚀,耐磨,热稳定性好,使用温度高,广泛应用于新型建筑材料、高档建筑的外墙及室内装饰。

半导体玻璃即非晶硅,制造工艺比较简单,也可制造出很大尺寸的薄膜材料,适合于工业化大规模生产,因此展现出巨大的应用前景。例如非晶硅太阳能电池,成本低,重量轻,转化效率较高,已成为太阳能电池主要发展产品之一。

光色玻璃是指在适当波长光的辐照下改变其颜色,而移去光源时则恢复其原来颜色的玻璃,又称变色玻璃,是在玻璃原料中加入光色材料制成的。

生物玻璃是指能实现特定的生物、生理功能的玻璃。将生物玻璃植入人体骨缺损部位,能与骨组织直接结合,起到修复骨组织、恢复其功能的作用。

新型功能玻璃除了具有普通玻璃的一般性质以外,还具有许多独特的性质,如磁光玻璃的磁—光转换性能、声光玻璃的声光性、导电玻璃的导电性、记忆玻璃的记忆特性等。

(2) 功能陶瓷在电、磁、声、光、热等方面具备许多优异性能。功能陶瓷包括生物陶瓷、金属陶瓷、超导陶瓷、电子陶瓷、光导纤维、透明陶瓷等。

生物陶瓷:主要是用作生物硬组织的代用材料,可用于骨科、整形外科、牙科、口腔外科、心血管外科、眼外科、耳鼻喉科及普通外科等方面。

金属陶瓷:既具有金属的韧性、高导热性和良好的热稳定性,又具有陶瓷的耐高温、耐腐蚀和耐磨损等特性,常用作各种切削刀具。

超导陶瓷:具有超导性的陶瓷材料,在诸如磁悬浮列车、超导电机、超导探测器、超导天线以及超导计算机等方面有着广泛的应用前景。