



## 四川理工学院课程实施大纲

课程名称：功能材料

授课班级： 材化 141

任课教师：李明田

工作部门：材料学院

联系电话：13890059071

四川理工学院 制

2017 年 2 月

# 《功能材料》课程实施大纲

## 基本信息

### 基本信息

课程代码:

课程名称: 功能材料

学 分: 2.0

总 学 时: 30

学 期: 第六学期

上课时间: 周一 3、4 节; 周四 1、2 节 (9-16 周)

上课地点: N423 (周一)、N313 (周四)

答疑时间和方式: 见辅导答疑安排表

答疑地点: 教室、第二实验楼 4084

授课对象: 材化 141

任课教师: 李明田

学 院: 材料科学与工程学院

邮 箱: 40870394@qq.com

联系电话: 13890059071

# 目 录

1. 教学理念	1
1.1 关注学生的发展	1
1.2 关注教学的有效性	1
1.3 关注教学的策略	1
1.4 关注教学价值观	2
2. 课程描述	3
2.1 课程的性质	3
2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用	3
2.3 课程的前沿及发展趋势	3
2.4 学习本课程的必要性	4
3. 教师简介	4
3.1 教师的职称、学历	4
3.2 教育背景	4
3.3 研究兴趣	5
4. 先修课程	5
5. 课程目标	5
5.1 知识与技能方面	5
5.2 过程与方法方面	5
5.3 情感、态度与价值观方面	6
6. 课程内容	6
6.1 课程的内容概要及学时安排	6
6.2 教学重点、难点	7
7. 课程教学实施	9
8. 学生课程学习要求	16
8.1 学生自学的要求	16
8.2 课外阅读的要求	17
8.3 课堂讨论的要求	17
8.4 课程实践的要求	17
9. 课程考核方式及评分规程	17
9.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告等的要求	17
9.2 成绩的构成与评分规则说明	18

<b>10. 学术诚信规定</b>	<b>19</b>
10.1 杜撰数据、信息等	19
10.2 学术剽窃等	20
<b>11. 课堂规范</b>	<b>20</b>
11.1 课堂纪律	20
11.2 课堂礼仪	20
<b>12. 课程资源</b>	<b>21</b>
12.1 教材与参考书	21
12.2 专业刊物	21
12.3 课外阅读资源	22
<b>13. 其他必要说明（或建议）</b>	<b>22</b>
<b>14. 学术合作备忘录（契约）</b>	<b>22</b>
14.1 阅读课程实施大纲，理解其内容	22
14.2 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望	23
14.3 课程修读备忘录	23
<b>附录：功能材料讲义</b>	<b>24</b>

# 1. 教学理念

## 1.1 关注学生的发展

在教学过程中，我将十分注意学习能力、创新能力和科学精神的培养，特别是把严谨求实创新存疑的精神带入课程。坚持理论联系实际，丰富学生的专业知识、开阔学生的专业视野、提高学生的学习能力，培养学生的学习兴趣、创新思维和创新观念；充分利用网络资源不断丰富和完善教学内容，我将把该课程相关内容的最新成果和校内教师的相关研究成果带入课堂，使学生掌握功能材料的概念、种类和应用的同时，还将了解到形状记忆材料、非晶态合金、精细功能陶瓷、纳米材料、功能高分子材料（包括高分子催化剂、固定化酶、感光和导电高分子、离子交换膜材料等）等的最新发展前沿。

在课堂上，我将指导学生学会学习，并结合教学内容介绍我校教师的科研成果，条件允许的情况下，将带领学生参观材料专业实验室，让他们了解相关教师的科研状况及发展趋向，提高学生的学习兴趣，有计划地吸收少数优秀学生进行大学生创新基金，提前进入实验室，参加专业导师主持的科研项目，进一步巩固了教学成果，培养学生的综合能力。

## 1.2 关注教学的有效性

《功能材料》课程涉及形状记忆材料、非晶态合金、精细功能陶瓷、纳米材料、功能高分子材料等，内容多，知识杂，概念多，学生的学习积极性难于调动起来。因此，我将在教学中遵照“实例引入→概念介绍→实例解析”的原则，在讲授某种功能材料时，首先以生活实例引入该种功能材料，引起学生的兴趣，然后浅显地介绍该材料的基本概念、基本性质和分类及相关机理，最后再介绍该材料的最新发展及其应用。

本课程针对材料化学专业学生开设，人数较少，小班上课，易在课堂上采用互动、实验研究、课外开放的教学理念和先进的教学方法、教学手段，把课堂讲授、课堂讨论、课下总结等方式进行有机结合，有效地调动学生的积极性。我在授课过程中将树立理论讲授、实例剖析互动式、课外教学开放式的教学方式，把课堂讲授、课堂讨论和课下自学等方式综合利用，做到课堂讲授生动活泼、课堂讨论热烈有效和课下自学积极主动，充分调动学生的学习兴趣 and 积极性，发挥学习潜能。

## 1.3 关注教学的策略

本课程是一门交叉学科课程，具有内容多、术语多、实例多和教学课时少的特点，

学生难以在课堂上掌握所有的内容，因而在教学中我将注重以下策略。

#### 1、采用实例教学的方式引入并贯穿整个教学环节

我将以身边、生活中实例引入某种功能材料，并让学生参与讨论该类材料的特点、组成及生活中的应用，然后再严格地介绍该功能材料的概念、组成、分类、基本性质和应用以及最新发展，充分调动学习的主动性。

例如在纳米材料章节，我将会结合他们已学过的粉体材料内容并提出“材料的尺度小到一定程度时，其性质与我们常规的块状材料是否一样”，让学生讨论并引导他们了解两者存在的差别及其原因，并以此引入纳米材料。

#### 2、采用启发式教学法

根据本课程的特点，在教学过程中我将采用启发式的教学方法，在课堂上采用“提问式”、“研究式”、“讨论式”、“互动交流式”等多种教学方式，引导学生主动、创造性地学习，掌握获取知识的途径和方法。

#### 3、化抽象思维为形象思维

在教学中，我除了采用启发式教学外，还注重采用现代教育技术手段辅助教学，如采用多媒体图片、动画、材料样品、视频录像等多种教学手段，化抽象思维为形象思维，使材料教学具体化、形象化，使单调枯燥的内容变得生动活泼，这样就增加了教学的直观性和学生的学习兴趣，变枯燥为趣味，化抽象为具体，使教学效果达到最佳，从而提高教学质量。

#### 4、注意培养学生的研究性学习能力

我将重视研究性学习，注重将功能材料的新成果融入课堂教学中，使教学与科研紧密结合，以科研促进教学。我将鼓励学生对功能材料的知识提出疑问，进行发散性、探究性及创新性思维的训练，培养学生的研究性学习能力，这样有利于学生形成较强的自我意识更新及终身获取知识的能力。

### **1.4 关注教学价值观**

传统的教学观把知识当成定论，把学习简单看成是知识由外到内的输入过程，低估了学生已有的认知能力和知识经验，轻视了学习者心理世界的差异性。在教学过程中，我将重视学生个体主动性的培养，让学生对自身的发展进行主动的思考、批判和选择，能自我策划过程和付诸实施；另一方面，在教学中，我将通过“教书”实现“育人”，让学生的潜能浮出水面、个性得到张扬，为他们未来更有成效的生活奠定坚实的基础。

## 2. 课程描述

### 2.1 课程的性质

《功能材料》是介绍功能材料尤其是新型功能材料的课程，内容较多，受课时的限制，本课程以形状记忆材料、非晶态合金、精细功能陶瓷、纳米材料、功能高分子材料（包括高分子催化剂、固定化酶、感光和导电高分子、离子交换膜材料等）等为对象介绍了功能材料的定义、组成、种类、制备技术和应用，具有较强的实践性。教学内容基础性和实践性较强，头绪多、需要记忆的概念定义多。

### 2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用

本课程是介绍各种功能材料的基本知识及应用的一门课程，它是材料化学专业必修的一门专业基础课，其教学目的是使学生获得功能材料的概念、种类和应用，以便今后在专业设计和工作中能正确选择、合理制备与科学使用功能材料。

### 2.3 课程的前沿及发展趋势

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、能源技术、生物工程技术、纳米技术、环保技术、空间技术、计算机技术和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。

功能材料的前沿热点研究方向为：

1) 新一代信息技术产业用材料：大尺寸硅材料、碳化硅单晶，高纯金属及合金溅射靶材；

2) 高档数控机床和机器人材料：稀土磁性材料，高压液压元件材料、高柔性电缆材料、耐高温绝缘材料；

3) 航空航天装备材料：高强铝合金，高温、高强、大规格钛合金材料，特种稀土合金，高强高模碳纤维、高性能芳纶；

4) 海洋工程装备及高技术船舶用材料：齿条钢特厚板、大壁厚半弦管、大规格无缝支撑管、钛合金油井管、X80级深海隔水管材及焊材、大口径深海输送软管、极地用低温钢，高强度聚氨酯绝热材料；

5) 先进轨道交通装备材料：突破高洁净度钢铁材料，用于高铁永磁电机的稀土磁

性；风挡和舷窗用高品质玻璃板材；阻燃及隔音降噪高分子材料、制动材料、轨道交通装备用镁、铝合金；

6) 节能与新能源汽车材料：镍钴锰酸锂/镍钴铝酸锂、富锂锰基材料和硅碳复合负极材料，大容量储氢材料，质子交换膜燃料电池及防护材料；高强汽车钢板、铝合金高真空压铸、半固态及粉末冶金成型零件；用于汽车仪表板及座椅骨架、转向盘轮芯、轮毂的镁合金、稀土镁（铝）合金；

7) 电力装备材料：核电压力容器大锻件系列钢；大容量稀土储氢材料；

8) 农机装备材料：高强高硬耐磨钢，农机离合器活塞材料、湿式离合器摩擦材料、采棉指及脱棉盘专用材料；

9) 生物医药及高性能医疗器械材料：碲锌镉晶体、稀土闪烁晶体，苯乙烯类热塑性弹性体，医用级聚乳酸、海藻酸钠、壳聚糖，3D 打印材料；

10) 节能环保材料：高效半导体照明、稀土发光材料，高温多孔材料、金属间化合物膜材料、高效热电材料。

## 2.4 学习本课程的必要性

《功能材料》是材料化学专业的一门专业基础课，其任务是使学生获得功能材料尤其是新型功能材料的种类、原理、制备和应用；掌握形状记忆材料、非晶态合金、精细功能陶瓷、纳米材料、功能高分子材料（包括高分子催化剂、固定化酶、感光和导电高分子、离子交换膜材料等）等功能材料的性能、种类及应用，培养学生的创新观念和创新思维。通过本课程的学习，使学生掌握功能材料的基础和共性的知识，为后续课程的学习，以及为毕业后从事材料工程的实际工作、材料科学研究和新材料的开发打下理论基础。

# 3. 教师简介

## 3.1 教师的职称、学历

李明田：男，教授，工学博士

## 3.2 教育背景

1997.9 ~ 1997.7: 安庆师范学院，大学本科，获理学学士学位；

2003.9 ~ 2006.6: 华中师范大学，硕士研究生，获理学硕士学位；

2006.9 ~ 2009.6: 武汉理工大学，博士研究生，获工学博士学位



2014.4 ~ 2016.12: 四川大学, 博士后

### 3.3 研究兴趣

(1) 介孔材料: 以有机硅酸脂为前躯体、有机大分子为模板, 采用溶胶-凝胶法合成介孔二氧化硅微球介孔材料, 并用于金属酞菁的负载, 制备负载型磁性仿生催化剂用于儿茶酚胺的催化氧化。

(2) 耐温耐蚀高分子胶粘剂: 采用端羟基硅油、碳酸钙、气相白炭黑、半封闭异氰酸酯固化剂、二月桂酸二丁基锡催化剂等制备耐温耐蚀双组分有机硅粘结剂, 实现粘接性、耐酸性和耐高低温交替性能的有效控制, 满足脱硫烟囱内衬防腐材料的要求。

(3) 导电高分子涂料: 采用原位合成法合成聚苯胺 PANI 并进行质子酸掺杂, 以掺杂 PANI 作填料, 环氧树脂作粘结剂共混制备了防腐蚀涂料, 并对金属基体进行了防腐蚀性能的研究。

## 4. 先修课程

无机化学、物理化学、有机化学、材料科学基础、现代材料分析方法、材料制备科学技术

## 5. 课程目标

### 5.1 知识与技能方面

完成课程后, 学生应该能够:

- (1) 了解功能材料尤其是新型功能材料的种类、发展现状和趋势;
- (2) 了解材料的“成分—结构—制备—性能”之间的“四面体”关系, 形成从该“四面体”关系来考虑问题的思维方式;
- (3) 掌握超形状记忆材料的特征、机理及应用;
- (4) 掌握非晶态合金的定义、特征及应用;
- (5) 掌握精细功能陶瓷的结构、种类和应用;
- (6) 掌握纳米材料的定义、特点、特殊限制和应用;
- (7) 掌握几种功能高分子材料的种类、基本性质及应用;

### 5.2 过程与方法方面

虽然本课程内容较多, 看似杂乱, 但是整本课程是一个完整的体系: 功能金属材料 + 功能无机非金属材料 + 功能高分子材料; 因而, 在学习过程中, 不要求学生完全掌

握每种功能材料的原理和用途，在理解“结构与性能”间的“四面体”关系的基础上，掌握该种功能材料的基本特征、种类及应用范围。

(1) 掌握具体某种功能材料的文献查询、获取方法、途径及技巧；

(2) 掌握专业文献的自学方法，学会总结、归纳；

(3) 学会利用互联网技术及相关学术论坛、学术网站（如小木虫论坛、国家专利局）的资源，丰富专业知识和业务水平；

(4) 善于横向比较学科前沿的技术方法，凝练科学问题，探寻创新思维。

### 5.3 情感、态度与价值观方面

在教学中我将恰当运用的教学策略、关注学生的发展，注重学生在情感、态度、价值观的教学实效，不能将个人情感、态度、价值观随便地加诸学习者的身上。

(1) “身教胜于言传”，教通过任课教师人格魅力、富有感染力的教学语言和和谐的师生情感，促使学生身心的健康发展，从而使学生获得情感的体验；

(2) 通过现代教育手段，创设生动、逼真的教学情境，使学生如临其境地涉及行业生产实际，在此基础上掌握知识，发展能力，形成感情；

(3) 通过到案例教学和专业实验室参观，不但能了解当前现代材料的发展趋势和我们发展的现状，提高学生学习的兴趣，培养情感和意志，增强社会责任感；

(4) 根据教材的特点，教学的需要，引导学生自学，并撰写学习报告，促进学生更好地理解课程的内容、培养自学能力，形成独立自主的学习习惯。

## 6. 课程内容

### 6.1 课程的内容概要及学时安排

次数	教学内容	学时	作业数	备注
第1次	绪论	2	1	
第2次	形状记忆材料（概念，原理）	2	1	
第3次	形状记忆材料的应用	2	1	
第4次	非晶态合金（结构、制备）	2	1	
第5次	非晶态合金（性能、应用）	2	1	
第6次	精细功能陶瓷（导电陶瓷、介电陶瓷、气敏陶瓷）	2	2	
第7次	精细功能陶瓷（铁氧体、生物陶瓷）	2	1	

第 8 次	纳米材料（定义、特性、制备）	2	1	
第 9 次	纳米材料（种类及应用）	2	1	
第 10 次	高分子基础	2	1	
第 11 次	高分子催化剂、固定化酶	2	1	
第 12 次	感光高分子材料		1	
第 13 次	导电高分子材料		1	
第 14 次	离子交换膜		1	
第 15 次	复习			

## 6.2 教学重点、难点

### 第一章 绪论

重点：对材料、功能材料的准确认识和功能材料的特征

难点：深入理解掌握功能材料尤其是新型功能材料的必要性和紧迫性

### 第二章 形状记忆材料

重点：1、形状记忆材料的种类

2、形状记忆合金的特征、机理及应用

3、形状记忆高分子及应用

4、形状记忆陶瓷的种类；

难点：1、形状记忆合金合金的机理

2、形状记忆高分子的组成及作用

### 第三章 非晶态合金

重点：1、非晶态合金的结构、性质和应用

2、非晶态合金的制备

难点：1、非晶态合金的性质

2、非晶态合金的制备

### 第四章 精细功能陶瓷

重点：1、陶瓷的结构及特点

2、精细功能陶瓷的概念及分类

3、导电陶瓷、介电陶瓷、气敏陶瓷、铁氧体、生物陶瓷的概念及种类

4、导电陶瓷的导电机理

- 难点：1、导电陶瓷的导电机理  
2、介电陶瓷的原理  
3、BaTiO<sub>3</sub> 铁电陶瓷的性质及制备

## 第五章 纳米材料

- 重点：1、纳米材料的定义、基本性质  
2、纳米材料的制备

- 难点：1、纳米效应  
2、纳米材料的制备

## 第六章 高分子基础

- 重点：1、高分子的概念  
2、合成高分子的化学反应  
3、聚合物的分类和命名  
4、聚合物的分子量及其分布

- 难点：1、高分子与大分子、巨型分子的区别与联系  
2、合成高分子的化学反应

## 第七章 高分子催化剂、固定化酶

- 重点：1、反应型功能高分子材料的概念  
2、高分子催化剂的概念、特点、类型及应用  
3、固定化酶的优缺点，固定化酶的制备原则  
4、固定化酶的制备方法、特点及应用

- 难点：1、高分子催化剂的概念  
2、固定化酶的制备原则和方法

## 第八章 感光及导电高分子

- 重点：1、感光高分子的定义、种类  
2、重要的感光高分子的化学结构；  
3、导电高分子的导电机理；  
4、导电高分子的应用，如发光二极管、分子导线、生物传感器等。

- 难点：1、光致抗蚀与光致诱蚀的机理  
2、导电高分子的结构特征及导电机理

## 第九章 离子交换膜

重点：1、高分子离子交换膜的结构、种类及基本性能

2、高分子离子交换膜的制备

3、离子交换膜的应用

难点：离子交换膜的应用如电渗析、海水淡化、电解食盐等原理

## 7.课程教学实施

开课要求：计划每周安排 2 次课，每次课上 2 学时。

第 1 次课		月 日	2 学时	XX 教室	
教学目标		掌握材料、结构材料、功能材料的定义与区别；了解功能材料的种类及重要性；明确本门课程在专业课程中的地位，增强学习的自觉性。			
教学内容		功能材料概述			
教学方法		课堂讲授、课堂讨论			
教学过程		内容	时间	备注	
		课程性质、教学目的和要求	15min	重点	
		教材和主要参考书	5min		
		材料、结构材料、功能材料的概念	25min	难点	
		功能材料的种类及性质	35min	重点	
		本课程的特点及学习方法	10min		
课前准备	教师	阅读课程表安排，准备课件、教案、教材等教学用具；提前告知班长或学习委员，通知学生预习下次课上课内容。			
	学生	阅读课程安排表，准备教辅书、笔记本等学习用具； <b>复习</b> ：材料科学基础知识（材料科学、四要素、晶体学等）； <b>思考</b> ：功能材料的种类、性质。			
课后作业		查阅新型功能材料的种类及其特点			

第 2 次课		月 日	2 学时	XX 教室	
教学目标		了解形状记忆材料的种类；掌握形状记忆合金的基本特点、原理和应用			
教学内容		第二章：形状记忆材料 §2.1 形状记忆合金			
教学方法		课堂讲授、课堂讨论			
教学过程		内容	时间	备注	
		形状记忆材料的特点	5min		
		形状记忆合金的特征	20min	重点	
		形状记忆合金的机理	25min	难点	
		形状记忆合金的种类	25min	重点	

		形状记忆合金的应用	15min	
课 前 准备	教师	阅读课程表安排, 准备课件、教案、教材等教学用具; 提前告知班长或学习委员, 通知学生预习下次课上课内容。		
	学生	阅读课程表, 准备教辅书、笔记本等学习用具; <b>预习</b> : 形状记忆合金的定义、种类及机理; <b>查阅</b> : 形状记忆合金的发展; <b>思考</b> : 形状记忆合金的发展趋势。		
课后作业		解释: 形状记忆合金的记忆机理		

<b>第 3 次课</b>	月 日	2 学时	XX 教室	
教学目标	掌握形状记忆高分子和形状记忆陶瓷的基本特点、原理和应用			
教学内容	第二章: 形状记忆材料 §2.2 形状记忆高分子 §2.3 形状记忆陶瓷			
教学方法	课堂讲授、课堂讨论			
教学过程	内容	时间	备注	
	形状记忆高分子的特点	25min	重点	
	形状记忆高分子的特征	10min	重点	
	形状记忆高分子的应用	25min	难点	
	形状记忆陶瓷的特征	15min	重点	
	形状记忆陶瓷的应用	15min		
课 前 准备	教师	阅读课程表安排, 准备课件、教案、教材等教学用具; 提前告知班长或学习委员, 通知学生预习下次课上课内容。		
	学生	阅读课程表, 准备教辅书、笔记本等学习用具; <b>预习</b> : 形状记忆高分子、形状记忆陶瓷的定义、特征、应用; <b>查阅</b> : 形状记忆高分子和形状记忆陶瓷的发展历史; <b>思考</b> : 形状记忆高分子和形状记忆陶瓷的发展趋势。		
课后作业		比较: 形状记忆合金、形状记忆高分子材料的优缺点及使用范围		

<b>第 4 次课</b>	月 日	2 学时	XX 教室	
教学目标	掌握非晶态合金概念、特征、发展			
教学内容	第三章: 非晶态合金 §3.1 非晶态合金概述 §3.2 非晶态材料的发展 § 3.3 非晶态合金的结构特点 §3.4 非晶态合金的制备			
教学方法	课堂讲授、课堂讨论			
教学过程	内容	时间	备注	
	非晶态合金的结构	20min		
	非晶态形成条件	10min	难点	

		非晶态合金的发展	10in	重点
		非晶态合金的结构	25min	重点
		非晶态合金的形成过程	25 min	
课前准备	教师	阅读课程表安排，准备课件、教案、教材等教学用具；根据学生基础，调整教案、授课内容，为提高教学效果作课前准备。		
	学生	阅读课程表，准备教辅书、笔记本等学习用具； <b>复习</b> ：金属晶体的结构；非晶态合金的知识； <b>查阅</b> ：非晶态合金的发展历史、应用； <b>思考</b> ：非晶态合金的发展趋势。		
课后作业		简述非晶态合金的结构特征		

<b>第5次课</b>		月 日	2 学时	XX 教室	
教学目标		掌握非晶态合金的制备原则、方法和性能特征及其应用			
教学内容		第三章：非晶态合金 §3.4 非晶态合金的制备 §3.5 非晶态合金的分类 §3.6 非晶态合金的性能特点 §3.7 大块非晶态合金			
教学方法		课堂讲授、课堂讨论			
教学过程		内容	时间	备注	
		非晶态合金的形成过程	20min	难点	
		非晶态合金的制备方法	25min	重点	
		非晶态合金的分类	5 min		
		非晶态合金的性能、应用	20min	重点	
		大块非晶态合金	20 min		
课前准备	教师	阅读课程表安排，准备课件、教案、教材等教学用具；根据学生基础，调整教案、授课内容，为提高教学效果作课前准备。			
	学生	阅读课程表，准备教辅书、笔记本等学习用具； <b>复习</b> ：非晶态合金的结构、特点； <b>预习</b> ：非晶态合金的制备； <b>查阅</b> ：非晶态合金的制备原则及方法、性能； <b>思考</b> ：非晶态合金的应用。			
课后作业		非晶态合金的性能及其应用			

<b>第6次课</b>		月 日	2 学时	XX 教室	
教学目标		掌握精细功能陶瓷的概念及种类；掌握导电陶瓷、介电陶瓷的基本特点和应用			
教学内容		第四章：精细功能陶瓷 §4.1 导电陶瓷 §4.2 介电陶瓷			
教学方法		课堂讲授、课堂讨论			
教学过程		内容	时间	备注	

	陶瓷的结构和分类	5min	
	电子导电陶瓷	15min	重点
	离子导电陶瓷	20min	重点、难点
	陶瓷的介电和铁电特性及极化	15 min	
	介电陶瓷材料	20 min	重点
	铁电陶瓷材料	15 min	
课前准备	教师	阅读课程表安排, 准备课件、教案、教材等教学用具; 根据学生基础, 调整教案、授课内容, 为提高教学效果作课前准备。	
	学生	阅读课程表, 准备教辅书、笔记本等学习用具; <b>预习:</b> 陶瓷的定义、结构、种类; <b>查阅:</b> 导电陶瓷、介铁电陶瓷、敏感性陶瓷的特点; <b>思考:</b> 导电陶瓷、介铁电陶瓷、敏感性陶瓷的的发展趋势。	
课后作业	导电陶瓷的种类及导电机理		

<b>第7次课</b>	月 日	2 学时	XX 教室	
教学目标	掌握敏感性陶瓷、铁氧体、生物陶瓷的基本特点、种类和应用			
教学内容	第四章: 精细功能陶瓷 §4.3 敏感性陶瓷 §4.4 铁氧体 §4.5 生物陶瓷			
教学方法	课堂讲授、课堂讨论			
教学过程	内容	时间	备注	
	敏感性陶瓷的定义及种类	5min		
	气敏陶瓷	15min	重点	
	湿敏陶瓷	20min	重点、难点	
	铁氧体	25 min		
	生物陶瓷	25min	重点	
课前准备	教师	阅读课程表安排, 准备课件、教案、教材等教学用具; 根据学生基础, 调整教案、授课内容, 为提高教学效果作课前准备。		
	学生	阅读课程表, 准备教辅书、笔记本等学习用具; <b>预习:</b> 敏感性陶瓷的种类和特性; 铁氧体的定义及应用; 生物陶瓷的种类; <b>查阅:</b> 敏感性陶瓷、铁氧体、生物陶瓷的特点; <b>思考:</b> 敏感性陶瓷、铁氧体、生物陶瓷的的发展趋势。		
课后作业	举例说明敏感陶瓷的机理; 生物陶瓷作为生物材料的优势			

<b>第8次课</b>	月 日	2 学时	XX 教室	
教学目标	掌握纳米体材料的定义、特性和制备			
教学内容	第五章: 纳米材料 §5.1 纳米材料分类 §5.2 纳米材料特性			



		§5.3 纳米材料制备		
教学方法		课堂讲授、课堂讨论		
教学过程		内容	时间	备注
		纳米材料的定义、分类	10min	难点
		纳米材料的特性（小尺寸效应）	15min	重点
		纳米材料的特性（表面与界面效应）	15min	重点
		纳米材料的特性（量子尺寸效应）	15min	重点
		纳米材料的制备	35	
课前准备	教师	阅读课程表安排，准备课件、教案、教材等教学用具；根据学生基础，调整教案、授课内容，为提高教学效果作课前准备。		
	学生	阅读课程表，准备教辅书、笔记本等学习用具； <b>复习</b> ：金属、无机非金属、高分子材料的特性，材料尺寸对性质与的影响； <b>查阅</b> ：纳米材料的发展历史； <b>思考</b> ：纳米材料的发展趋势。		
课后作业		纳米材料的特点、分类、组成及应用		

第9次课		月 日	2 学时	XX 教室	
教学目标		掌握纳米磁性材料、纳米陶瓷材料和纳米碳分子的概念、种类及应用			
教学内容		第五章：纳米材料 §5.4 纳米磁性材料 §5.5 纳米陶瓷材料 §5.6 纳米碳分子材料			
教学方法		课堂讲授、课堂讨论			
教学过程		内容	时间	备注	
		纳米磁性材料	10min		
		纳米陶瓷材料	10min		
		纳米碳分子材料（巴基球）	15min	重点	
		纳米碳分子材料（纳米碳管）	35min	重点	
		纳米碳分子材料（石墨烯）	20 min	重点	
课前准备	教师	阅读课程表安排，准备课件、教案、教材等教学用具；根据学生基础，调整教案、授课内容，为提高教学效果作课前准备。			
	学生	阅读课程表，准备教辅书、笔记本等学习用具； <b>预习</b> ：纳米磁性材料、纳米陶瓷材料和纳米碳分子材料； <b>查阅</b> ：磁性材料、陶瓷材料的特性； <b>思考</b> ：纳米磁性材料、纳米陶瓷材料和纳米碳分子材料的发展趋势，材料尺寸对性质的影响。			
课后作业		查阅：碳纳米管、石墨烯的特点及其应用			

第10次课		月 日	2 学时	XX 教室	
-------	--	-----	------	-------	--

教学目标	掌握高分子的概念、特点、合成反应和应用		
教学内容	第六章：高分子基础 § 6.1 高分子的概念 § 6.2 合成高分子的化学反应 § 6.3 高聚物的分类和命名		
教学方法	课堂讲授、课堂讨论		
教学过程	内容	时间	备注
	高分子的概念	20min	重点、难点
	合成高分子的化学反应	40min	难点
	高聚物的分类	15min	
	高聚物的命名	15min	
课前准备	教师	阅读课程表安排，准备课件、教案、教材等教学用具；提前告知班长或学习委员，通知学生预习下次课上课内容。	
	学生	阅读课程表，准备教辅书、笔记本等学习用具； <b>预习</b> ：高分子的基本知识； <b>复习</b> ：有机化学反应的知识； <b>查阅</b> ：高分子材料的性能； <b>思考</b> ：高分子材料与金属材料、无机非金属材料的异同点及适用范围。	
课后作业	合成高分子的化学反应类型分为哪几种，适用范围如何？		

第 11 次课	月 日	2 学时	XX 教室	
教学目标	掌握高分子催化剂、固定化酶的特点、分类和应用			
教学内容	第七章 高分子催化剂、固定化酶 § 7.1 高分子催化剂 § 7.2 固定化酶			
教学方法	课堂讲授、课堂讨论			
教学过程	内容	时间	备注	
	离子交换树脂作为高分子催化剂	15min		
	高分子金属催化剂	10min	重点	
	固定化酶概述	10min		
	固定化酶的特点	10min	重点	
	固定化酶的制备原则、方法	25 min	难点	
	固定化酶的应用	20 min	重点	
课前准备	教师	阅读课程表安排，准备课件、教案、教材等教学用具；提前告知班长或学习委员，通知学生预习下次课上课内容。		
	学生	阅读课程表，准备教辅书、笔记本等学习用具； <b>复习</b> ：催化剂的定义、特点；酶的定义及特征； <b>预习</b> ：高分子催化剂、固定化酶的知识； <b>查阅</b> ：固定化酶的发展； <b>思考</b> ：高分子催化剂、固定化酶的优点及应用。		
课后作业	高分子催化剂的种类及其优点；固定化酶的制备原则			

第12次课		月 日	2学时	XX 教室	
教学目标		了解感光高分子材料的定义；掌握几种主要的感光高分子材料			
教学内容		第八章：感光及导电高分子材料 § 8.1 感光高分子材料			
教学方法		课堂讲授、课堂讨论			
教学过程		内容	时间	备注	
		感光高分子概述	15min		
		光交联型高分子	25min	难点	
		光分解型高分子	15min		
		光致变色高分子材料	20min	重点	
		光收缩型高分子材料	15min	重点	
课前准备	教师	阅读课程表安排，准备课件、教案、教材等教学用具；提前告知班长或学习委员，通知学生预习下次课上课内容。			
	学生	阅读课程表，准备教辅书、笔记本等学习用具； <b>复习</b> ：高分子结构的特点及对性质的影响； <b>预习</b> ：感光高分子的特点及种类； <b>查阅</b> ：感光高分子的发展历史； <b>思考</b> ：感光高分子材料的应用。			
课后作业		感光高分子的种类及其感光机理			

第13次课		月 日	2学时	XX 教室	
教学目标		了解导电高分子的发展；掌握导电高分子材料的特征及导电原理			
教学内容		§ 8.2 导电高分子材料			
教学方法		课堂讲授、课堂讨论			
教学过程		内容	时间	备注	
		导电高分子材料的定义与特征	10min		
		本征型导电高分子	30min	重点、难点	
		掺杂型导电高分子	25 min	重点	
		导电高分子材料的应用	25 min	重点	
课前准备	教师	阅读课程表安排，准备课件、教案、教材等教学用具；根据学生基础，调整教案、授课内容，为提高教学效果作课前准备。			
	学生	阅读课程表，准备教辅书、笔记本等学习用具； <b>复习</b> ：高分子结构的特点及对性质的影响；导体的结构特点； <b>预习</b> ：导电高分子材料； <b>查阅</b> ：导电高分子的发展历史； <b>思考</b> ：导电高分子材料的应用。			
课后作业		导电高分子材料的导电机理			

第14次课		月 日	2学时	XX 教室	
教学目标		明确膜的物理意义；掌握离子交换膜的特点、种类；了解离子交换膜的制备方法及应用			

教学内容	第9章 离子交换膜		
教学方法	课堂讲授、课堂讨论		
教学过程	内容	时间	备注
	高分子膜的简介	10min	难点
	高分子膜的特点、种类	20min	重点
	离子交换膜的作用机理	15min	
	离子交换膜的种类及生产方法	5min	重点、难点
	离子交换膜的应用	15 min	
课前准备	教师	阅读课程表安排, 准备课件、教案、教材等教学用具; 根据学生基础, 调整教案、授课内容, 为提高教学效果作课前准备。	
	学生	阅读课程表, 准备教辅书、笔记本等学习用具; <b>预习:</b> 薄膜材料的定义、特征、种类及制备方法; <b>预习:</b> 离子交换膜; <b>查阅:</b> 高分子膜的种类及特点; <b>思考:</b> 离子交换膜的应用及发展趋势	
课后作业	离子交换膜的作用机理		

第15次课	月 日	2学时	XX教室	
教学目标	了解已讲授的功能材料及其特点; 掌握形状记忆材料、非晶态合金、精细功能陶瓷、纳米材料、功能高分子的概念、种类及特点			
教学内容	总复习课			
教学方法	课堂讲授、课堂讨论			
教学过程	内容	时间	备注	
	依托书本, 针对已讲授的功能材料进行总体论述	55min		
	试卷的格式、考试的要求、考试时间等	35min		
课前准备	教师	阅读课程表安排, 准备课件、教案、教材等教学用具; 根据学生基础, 调整教案、授课内容, 为提高教学效果作课前准备。		
	学生	阅读课程表, 准备教辅书、笔记本等学习用具; <b>复习:</b> 功能材料的种类及应用		
课后作业				

## 8. 学生课程学习要求

### 8.1 学生自学的要求

由于本课程是关于功能材料尤其新型功能材料的课程, 涉及面广且杂, 每章都是一种功能材料, 由于时间的限制, 在课堂上不能对每种功能材料都做出详细的介绍, 因而这就要求同学在课后尤其是每次上课之前需要预习新课程内容并复习所涉及的相关知

识，要求达到新旧知识的融会贯通；要求对教师提出的参考书籍和文献进行阅读，并做好相关的读书笔记，要求提交自习报告的，其评分等同于一次作业成绩，纳入平时成绩统计。

## 8.2 课外阅读的要求

由于教学学时的限制，很多新型功能材料不会在课堂上出现，希望感兴趣的同学课后自学，一方面扩大了知识面，加深对功能材料的认识和理解，开阔视野，紧跟学科发展前沿。在课堂上我将要求学生在课外能积极主动的阅读材料类相关的专著、期刊和文献。根据每个学生的兴趣，指定相关内容，提供部分相关资料，要求每位同学提交一份读书心得，总结相关功能材料的现状、发展趋势及应用，总结报告的评分等同于一次作业成绩，纳入平时成绩统计。

## 8.3 课堂讨论的要求

本课程教学过程中，我将安排课堂讨论。每次讨论主题提前公布给大家，要求同学在讨论前认真准备，课堂上积极上台讲解，踊跃参加讨论。根据讲解、讨论的情况进行打分，计入平时成绩，表现好的，酌情加分。

## 8.4 课程实践的要求

按照教学大纲，本课程教学过程并未设置实践课，但条件允许的情况下，任课教师将在课程教学期间安排学生到专业实验室进行参观，会展开课堂讨论。讨论过程将进行评分，并纳入平时成绩统计，表现好的，酌情加分。

# 9. 课程考核方式及评分规程

## 9.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告等的要求

### 1. 出勤要求

1) 迟到：铃声响第一声后未到教室视为迟到；早退：未响铃之前出教室视为早退；迟到、早退一次扣平时成绩2分，迟到与早退的总次数超过本课程教学学时的三分之一时，取消其期终考试资格；

2) 请假（事假、病假）：需要在上课前提供辅导员已经签字的“材料科学与工程学院学生请假条”，否则视为旷课；事假一次扣平时成绩2分，事假的总次数超过本课程教学学时的三分之一时，取消其期终考试资格；病假不扣分，但是总次数超过本课程教学学时的三分之一时，取消其期终考试资格。

3) 旷课: 没有任何理由而不来上课、迟到 15 分钟以上或早退 15 分钟以上均视为旷课; 旷课一次扣平时成绩 5 分, 旷课总次数超过本课程教学学时的五分之一时, 取消其期末 考试资格。

## 2. 作业要求

按时、按质地独立完成各项作业, 包括课堂作业和课后作业。

## 3. 报告要求

包括自学报告、实践报告等各种形式的总结报告。严格遵守报告格式, 认真书写, 按时提交, 其成绩遵守作业评定要求, 并计入平时成绩, 表现好的, 酌情加分。

## 4. 期中考试

期中考试的方式有多种方式, 但是需要在材料科学与工程学院教学办备案。方式有 1) 一次综合性作业; 2) 一篇专业报告; 3) 课堂随机练习; 4) 按照四川理工学院标准化 试卷出题。

## 9.2 成绩的构成与评分规则说明

1. 成绩的构成= 平时成绩  $\times$  30 % + 期末考试卷面成绩  $\times$  70 %

### 2. 平时成绩的评分规则

平时成绩 = 出勤 (25 分) + 课堂提问 (25 分) + 作业 (25 分) + 期中考试 (25 分)

1) 出勤: 课堂随机抽点, 保证每人至少 5 次, 超出 5 次者按最高出勤次数计算, 每次 按出勤成绩的 20% 计算;

评分细则: 全勤—20%; 请假—10%; 缺勤—0%

根据《四川理工学院本、专科学学生学籍管理实施细则》(2014) 规定, 缺勤学时达到 该门课程总学时 20% 者, 取消本课程最终成绩。

2) 课堂提问: 课堂随机抽点, 力争每人 1 次, 超过一次者综合多次表现进行评分;

评分细则: 课前认真预习, 课堂发言时声音洪亮, 语言表达自然流利, 能够准确地回答 老师所提问题的基础上, 表达出自己独特的见解— 20~25 分

课堂发言时积极主动, 声音洪亮, 语言表达自然流利, 能够比较准确的回答老师所提问 题— 10~19 分

课堂发言时积极主动, 声音洪亮, 语言表达自然流利, 善于思考, 基本上能够回答老师 所提问题— 5~9 分

课堂发言不积极主动, 极少参与讨论与交流— 0 分

对于老师所提问题直接回答“不知道”或“不会”的— -5 分

3) 作业：任课教师根据实际需要，布置相关内容，要求学生在规定时间内完成；

评分细则：语言能力很差，字迹潦草，不能辨认，书面杂乱，内容错误较多— D

语言能力较差；字迹潦草，基本上能够辨认，书面较乱，内容错误较少— C

语言能力一般；字迹工整，书面清洁，几乎无错误内容— B

语言能力较好；字迹工整，书面清洁，无错误内容— A

补充说明：1、A、B、C、D 分别对应 20~ 25 分、10~ 19 分、5~ 9 分、5 分以下；2、缺少一次，得 0 分；2、未按时提交作业一次，本次成绩在以上评分基础上降低一个等级。

4) 期中考试的评分规则

根据考核方式不同，采用不同的评价方式；

3. 期末考试的评分规则

按照四川理工学院标准化试卷模板出两套试卷（满分 100，考试时间 120 分钟），任选一套作为考试试卷，另外一套作为补考试卷。试卷批改按照参考答案及其评分标准进行，最终得分为期末考试卷面成绩。

4. 特殊加分政策

1) 每次上课认真听讲、状态非常好的、回答问题积极踊跃的；

2) 每次作业都是独立完成并有一定见解的；

3) 加分范围是为最终总评加 1-5 分，酌情给分

补充说明：点名时代替答“到”或签名时代替签名者：代替者和被代替者均最终总评降一级/次，直至不及格；举报者最终总评升一级/次，直至优秀。

## 10. 学术诚信规定

由于本课程的考核方式为考查，因而本课程没有考试要求，在学术诚信方面规定主要有以下规定：

### 10.1 杜撰数据、信息等

杜撰一般指按照某种科学假说和理论演绎出的期望值伪造虚假的观察与实验结果，从而支持理论的正确性或者确认实验结果的正确性。它表现为对科学和实验结果的不尊重，按照个人主观意愿无中生有，捏造事实。

凡是具有杜撰数据、信息行为的，所获取的成绩、荣誉、奖励和推荐等都将作废，所发表的研究成果将被视为欺诈，都将收到严惩，造成学校名誉损害的，将由学校相关

处罚条例进行处罚。

## 10.2 学术剽窃等

剽窃是指将他人的科研成果或论文全部或部分原样照抄，并以自己名义发表的欺诈行为。它不仅包括对他人作品字句、内容的直接使用，也包括对他人学术论著的思想、观点、结构、体系等元素作为自己论著的基本元素加以使用并发表的行为。通常表现为不尊重他人学术思想、学术观点，不注明学术思想、学术观点的出处来源而随意使用。

所有与本课程有关的作业、报告等都应学生自己完成。任何形式的作弊和剽窃将导致成绩不合格，学生将会被提交给材料学院和学校教务处等有关部门采取处罚，造成学校名誉损害的，将由学校相关处罚条例进行处罚。

# 11. 课堂规范

## 11.1 课堂纪律

- 1) 不准迟到、早退（铃声响第一声后未到教室视为迟到，未响铃之前出教室视为早退）；
- 2) 严禁玩手机（上课期间发现有手机者视为违纪）；
- 3) 不准讲小话、打闹、不能睡觉；
- 4) 不准做与课堂无关、打扰到别人学习的事
- 5) 上课期间有事必须请示，得到允许后方可出教室，否则视为违纪

## 11.2 课堂礼仪

### 1) 教师课堂礼仪

- （1）仪容仪表整洁，衣着庄重得体，不着奇装异服，不浓妆艳抹。
- （2）做好课前准备，上课前不饮酒，保持良好的精神状态。
- （3）课不迟到，下课不提前，不拖堂，中途不离堂。
- （4）上课礼仪：上课铃声停止，教师发出“上课”口令，班长：“起立”！学生起立并齐声向老师致敬：“老师好”！教师还礼发出“请坐下”口令，正式上课开始。
- （5）下课礼仪：下课铃声停止，教师发出“下课”口令，班长：“起立”！学生起立并齐声向老师致敬：“老师再见”！教师还礼：“同学们再见”！正式下课。
- （6）教学姿态要自然，举止文明不吸烟。
- （7）教学要讲普通话，语言文明不粗俗，做到不造谣不传谣。
- （8）使用国家通用的规范汉字，板书工整规范。



(9) 课堂上不接听电话，不做与教学无关的事。

## 2) 学生课堂礼仪

(1) 上课铃响，学生应迅速进入教室安静端坐，准备好学习用品、本节课所需课本、笔记本等，恭候老师上课。

(2) 老师进教室，说“上课”，班长喊“起立”（声音要洪亮），全班同学起立并齐声说“老师好”，老师回应“同学们好”。在老师回应后，全班同学一起坐下，老师开始上课。

(3) 下课铃响，老师宣布下课，班长叫“起立”，全体同学起立并齐声说“谢谢老师”，待老师还礼后学生方可离开教室。

(4) 迟到同学应在教室前门先喊“报告”，经老师批准后方可回座位。

(5) 有特殊情况需要离开教室，应先举手，起立向老师说明原因，经老师同意后从后门出教室。

(6) 专心听讲，不翻阅与本课无关的书、报、杂志，不说闲话，发言先举手示意，不在座位上七嘴八舌。

(7) 按“先前排后后排、先中间后两边”的原则就坐，坐姿要端正，不移动课桌和换座。

(8) 上课期间不接听手机或收发短信、玩游戏，不吃东西、不吸烟或做其它妨碍教学的事情。

(9) 不穿拖鞋、不只穿背心、短裤进入教室，不随地吐痰，不乱扔纸屑，不准在学校和教室打扑克，保持教室文明；课间休息，学生不在教室内追逐打闹，不得损坏公物

(10) 尊敬老师，珍惜老师的劳动，自觉遵守课堂纪律，在违反纪律时，要虚心接受老师的批评，不顶撞老师。

# 12. 课程资源

## 12.1 教材与参考书

殷景华 王雅珍 鞠刚. 功能材料概论，哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，2007

马如璋. 功能材料学概论，北京：冶金工业出版社，1999

贡长生. 新型功能材料，北京：化学工业出版社，2001

冯端等. 材料科学导论，北京：化学工业出版社，2002

郭卫生，汪济奎. 现代功能材料及其应用，北京：化学工业出版社，2002

周馨我. 功能材料学，北京：北京理工大学出版社，2002

## 12.2 专业刊物

Advanced Materials: [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1521-4095](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1521-4095)

Advanced Functional Materials:

[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1616-3028](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1616-3028)

The American Ceramic Society: <http://ceramics.org/>

Composite structures: <http://www.journals.elsevier.com/composite-structures/>

功能材料: <http://tg.gncl.cn/index.asp>

材料导报: <http://www.mat-rev.com/ch/index.aspx>

功能高分子学报: <http://www.gngfzxb.cn/>

金属功能材料: <http://www.jsgncl.cn/>

人工晶体学报: <http://www.jtxb.cn/intro/introduction1.htm>

陶瓷学报: <http://tcxb.chinajournal.net.cn/WKD/WebPublication/index.aspx?mid=tcxb>

## 12.3 课外阅读资源

上海市稀土功能材料重点实验室: <http://reskl.shnu.edu.cn/>

新型功能材料实验室: <http://afmlab.cslg.cn/Index.asp>

信息功能材料国家重点实验室: <http://www.sim.ac.cn/zzjg/kybm/xxgnsys/>

光电功能材料实验室: <http://chem.wfu.edu.cn/s/24/t/519/bf/4b/info48971.htm>

江苏省环境功能材料重点实验室: <http://klm.usts.edu.cn/>

特种功能材料教育部重点实验室: <http://lab.henu.edu.cn/>

中国科学院无机功能材料与器件重点实验室: <http://www.sic.ac.cn/kybm/kybm4/>

江苏省生物功能材料重点实验室: <http://lab.njnu.edu.cn/biomat/Index.aspx>

## 13. 其他必要说明（或建议）

如遇特殊情况（如学校安排其他工作任务耽搁等），教师保留在学期期间变更课程和课程实施大纲的权利，但会按学校教务处规定程序办理。任何关于课程和/或课程实施大纲的修改都会在上课期间通知，以及通过邮件和电话交流。

针对学生通过邮件提问要求，教师将尽可能在 24 小时内回复你的邮件。

## 14. 学术合作备忘录（契约）

### 14.1 阅读课程实施大纲，理解其内容

请修习本课程的每位学生认真阅读本课程实施大纲，并准确理解全部内容要求。如

有疑问，请直接联系任课教师，以避免因误解课程实施大纲的内容所带来的不良后果。

## 14.2 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望

在阅读本课程实施大纲后，每位学生必须同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望，但有提出疑问的权利，最终解释权归任课教师所有。

除得到课程学习的能力要求和标准外，特别提醒大家做到以下两点：

(1) **诚实学习**：学习是学生的职责，主动学习和被动学习都是方式，而不是学习的目的，成绩的考核是对学生学习过程及学习效果的相对评价，因而在学习过程中，要做诚实学习，行使自己的学习权利，但不能侵害他人的学习权力；学习成果不能做假，如作业抄袭、考试作弊、盗取他人学习成果等，均属做假行为。

(2) **善于学习**：入选教材的内容，虽然现代较新，但与现代材料日新月异、快速发展的现状相比，还是相对落后的，因而在本课程的学习中，为使自己能够紧跟发展的需要，请大家多关注相关材料的发展，阅读最新的文章，学会学习，使自己的学习能力得到充分的发挥。

## 14.3 课程修读备忘录

我已经认真阅读了《功能材料》课程实施大纲，并清楚理解其中所述的内容，同意遵守本课程实施大纲中所阐述的课程考核方式、学术诚信规定、课堂规范等规定。

签名

日期

# 附录：功能材料讲义

## 四川理工学院教案

课程名称	功能材料	授课专业	材料化学	班级	材化 141
课程编码					
课程类型	必修课	校级公共课 ( )；基础或专业基础课 ( )；专业课 (√)			
	选修课	限选课 ( )；任选课 ( )；			
授课教师	李明田		职称	副教授	
授课方式	讲授		考核方式	考查	
授课时间	2016-2017 学年 第二学期 9-16 周		授课地点	周一 3、4 节	N-423
				周四 1、2 节	N-313
课程教学总学时数	30 学时		学分数	2 学分	
教材	功能材料概论	作者	殷景华, 等	出版社及出版年份	哈尔滨工业大学出版社, 2009
参考书	功能材料学概论		马如璋		冶金工业出版社, 1999
	新型功能材料		贡长生		化学工业出版社, 2001
	材料科学导论		冯端, 等		化学工业出版社, 2002
	现代功能材料及其应用		郭卫生		化学工业出版社, 2002
	功能材料学		周馨我		北京理工大学出版社, 2011
	功能材料学		李长青		哈尔滨工业大学出版社, 2014
	功能材料概论--性能、制备与应用		邓少生, 等		化学工业出版社, 2012
	现代功能材料性质与制备研究		王贺权, 等		水利水电出版社, 2014
	功能材料		于洪全		北京交通大学出版社, 2014

注：表中 ( ) 请打“√”

**周次：**第 1 次课

**章节名称：**第一章 功能材料概述

**授课方式：**理论课（√）；实践课（ ）；实习（ ）

**教学时数：**2

### **教学目的及要求**

- 1、从材料、结构材料和功能材料的定义及其重要性分析出发，使学生明确本课程的地位，增强学习的自觉性；
- 2、明确本课程所要讨论的基本内容及讲课学时分布，指定教学参考书，提出上课的基本要求。

### **教学内容提要**

- 一、功能材料的概念
- 二、功能材料的特征
  - 1、基本特征
  - 2、研发方向
- 三、功能材料的分类
- 四、功能材料的特点
  - 1、金属功能材料
  - 2、无机非金属功能材料
  - 3、功能高分子材料
- 五、功能设计的原理与方法
- 六、功能材料制备的新方法
- 七、功能材料的发展现状
- 八、课程性质及要求
  - 1、教材和参考书
  - 2、本门课程的特点及学习方法
  - 3、课堂纪律要求

### **教学重点与难点**

- 重点：**对材料、功能材料的准确认识和功能材料的特征
- 难点：**深入理解掌握功能材料尤其是新型功能材料的必要性和紧迫性

### **讨论、练习、作业**

简要阐述功能材料的特征

**教学手段：**讲授

周次：第2次课

章节名称：第二章 形状记忆材料 §2.1 形状记忆合金

授课方式：理论课（√）；实践课（ ）；实习（ ）

教学时数：2

### 教学目的及要求

- 1、介绍形状记忆效应和形状记忆材料的定义、特征及分类；
- 2、使学生掌握形状记忆合金的特征、种类、原理及应用。

### 教学内容提要

#### 第二章 形状记忆材料

引言：观看形状记忆合金材料的视频，引入形状记忆效应、材料的概念

- 形状记忆材料是指具有一定初始形状的材料经形变并固定成另一种形状后，通过热、光、电等物理刺激或化学刺激的处理又可恢复成初始形状的材料
- 形状记忆合金
- 形状记忆聚合物
- 形状记忆陶瓷

#### §2.1 形状记忆合金

##### 一、形状记忆合金的发展史

##### 二、热弹性马氏体相变与形状记忆效应

- 合金形状记忆效应实质：在温度和应力作用下，合金内部热弹性马氏体形成、变化、消失的相变过程的宏观表现
- 钢，相变时应变能等相变阻力较高，需要很大的过冷度
- 一些合金，相变阻力较小，相变时应变能在合金的弹性应变范围内，只需较小的驱动力，即较小的过冷度，就开始形成马氏体

##### 形状记忆效应的机理：

- ✓ 将一定形状的记忆合金试样冷却到  $M_f$  以下→进行一定限度的变形→卸去载荷，变形被保留下来
- ✓ 将变形了的试样加热到  $A_s$  以上，试样开始恢复变形前的形状，加热到  $A_f$  点，试样恢复变形前的形状
- ✓ 形状记忆效应中变形是在马氏体相的变形。形状记忆效应中变形的恢复对应于马氏体逆转变回母相。

##### 三、形状记忆合金分类

- 一次记忆（单程）：材料加热恢复原形状后，再改变温度，物体不再改变形状。
- 可逆记忆（双程）：物体不但能记忆高温的形状，而且能记忆低温的形状，当温度在高低温之间反复变化时，物体的形状也自动反应在两种形状间变化。
- 全方位记忆（全程）：除具有可逆记忆特点外，当温度比较低时，物体的形状向与高温形状相反的方向变化。

##### 四、形状记忆效应的晶体学机制

- 合金能够发生热弹性马氏体相变；
- 母相和马氏体的晶体结构通常均为有序的（溶质原子在晶格点阵中有固定位置）；

母相的晶体结构具有较高的对称性，而马氏体的晶体结构具有较低的对称性

#### 五、形状记忆效应的表征：形状回复率 $\eta$

#### 六、形状记忆合金的性能

机械性质优良，能恢复的形变可高达 10%，（一般金属材料  $<0.1\%$ ）。

加热时产生的回复应力非常大，可达 500MPa。

无通常金属呈现的“疲劳断裂”现象

可感受温度、外力变化并通过调整内部结构来适应外界条件——对环境刺激的自适应性。

#### 七、形状记忆合金的应用

- 1、在军事和航天工业方面的应用
- 2、在工程方面的应用
- 3、在医疗方面的应用
- 4、形状记忆式热发动机
- 5、在结构振动控制方面的应用

#### 教学重点与难点

重点：1、形状记忆材料的概念、分类；形状记忆合金的形状记忆原理

2、形状记忆合金的应用

难点：形状记忆合金的形状记忆原理

#### 讨论、练习、作业

- 1、形状记忆合金在生活中的应用；
- 2、形状记忆合金的特征、分类及应用

教学手段：讲授

周次：第3次课

章节名称：第二章 形状记忆材料 § 2.2 形状记忆陶瓷  
§ 2.3 形状记忆聚合物

授课方式：理论课（√）；实践课（ ）；实习（ ）

教学时数：2

### 教学目的及要求

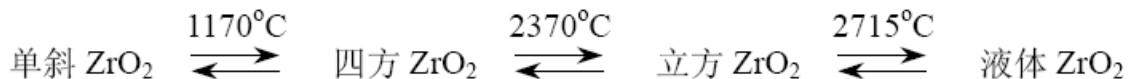
1. 形状记忆陶瓷和聚合物的特征、组成及分类
2. 形状记忆陶瓷和聚合物的应用和发展趋势

### 教学内容提要

#### § 2.2 形状记忆陶瓷(SMC)

20世纪60年代：陶瓷材料也存在马氏体相变，如 $ZrO_2$ 陶瓷中的马氏体相变，即陶瓷材料具有形状记忆效应。

随温度的变化纯 $ZrO_2$ 有三种晶型：单斜晶系、四方晶系、立方晶系。单斜向四方转变有5%的体积变化，而且应力也可诱发单斜向四方的转变



陶瓷的形状记忆效应与合金相比存在的主要差别：

- (1) 形状记忆变形的量较小；
- (2) 每次记忆循环中都有较大的不可恢复变形，随循环次数的增加，累积变形增加，最终导致裂纹出现；
- (3) 没有双程记忆效应

#### § 2.3 形状记忆聚合物(SMP)

具有初始形状的聚合物制品经形变固定后，通过加热等外部刺激手段的处理又可恢复初始形状

**优点：**形变量大、形变加工方便、形状恢复温度易于调整、电绝缘性和保温效果好、不生锈、易着色、可印刷、质轻、耐用、价格低廉。

**缺点：**强度低、形变恢复驱动力小、刚性和硬度低、稳定性差、性能易受外部环境的物理、化学因素的影响，易燃烧、耐热性差、易老化、使用寿命短。

#### 引发形状记忆效应的外部环境因素：

物理因素：热能、光能、电能和声能等；

化学因素：酸碱度、螯合反应和相转变反应等。

两相结构：固定相+可逆相

固定相：聚合物交联结构或部分结晶结构，在工作温度范围内保持稳定，用以保持成型制品形状即记忆起始态。

可逆相：能够随温度变化在结晶与结晶熔融态、或玻璃态与橡胶态间可逆转变，相应结构发生软化、硬化可逆变化——保证成型制品可以改变形状。

形状记忆过程



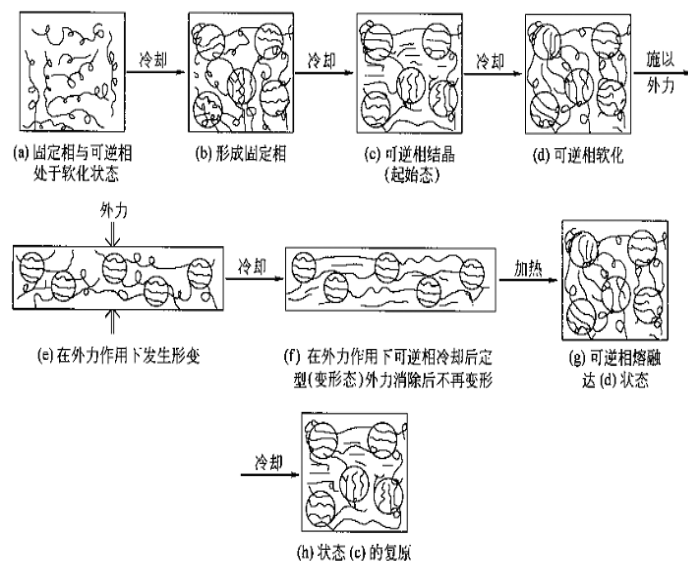


图 2-3 热塑性 SMP 的形状记忆示意模型

固定相: 可逆相的结晶部分: 可逆相的非结晶部分

### 热致 SMP 与 SMA 的形状记忆效果比较:

- (1) SMA 的形变量低，一般在 10% 以下，而 SMP 较高，形状记忆聚氨酯和 TPI 均高于 400%。
- (2) SMP 的形状恢复温度可通过化学方法调整；如形状记忆聚氨酯的恢复温度范围为 30-70℃，具体品种的 SMA 的形状恢复温度一般是固定的。
- (3) SMP 的形状恢复应力一般均比较低，在 9.81-29.4MPa 之间，SMA 则高于 1471MPa。
- (4) SMA 的重复形变次数可达  $10^4$  数量级，而 SMP 仅稍高于 5000 次，故 SMP 的耐疲劳性不理想。
- (5) 目前 SMP 仅有单向记忆功能，而 SMA 已发现了双向记忆和全程记忆功能。

### 形状记忆聚合物的应用

- (i) 异型管接合材料：仪器内部线路集合、线路终端的绝缘保护、通讯电缆的接头防水、钢管线路结合处的防护等工程。
- (ii) 医疗器材：代替传统石膏绷带用于创伤部位的固定材料。将 SMP 加工成创伤部位的形状，用热水或热风使其软化，施加外力为易装配的形状，冷却后装配到创伤部位，再加热便恢复原状起固定作用。
- (iii) 缓冲材料：用于汽车的外壳、缓冲器、保险杠、安全帽等领域，当汽车突然受到冲撞时，保护装置会发生变形，变形以后，只需加热就可恢复原状。
- (iv) 包装材料：将 SMP 制成筒状的包装薄膜，套到需包装的产品外面，经过一个加热的工序，SMP 便可牢固的收缩包装在产品外面，可方便地实现连续自动化包装生产。
- (v) 火灾报警器：先制成接通时的形状，再二次成型为断开时的形状。当火灾发生时，温度上升，连接器自动恢复原状而使电路接通，报警器就开始工作。
- (vi) 涂料：用形状记忆聚合物配制的涂料，不但具有普通涂料的功能，还能在受到划伤、碰伤后，经加热处理可自动除去痕迹，保护外观不受影响。

### 教学重点与难点

重点：1、形状记忆陶瓷、聚合物的特征、种类、记忆原理及应用

难点：形状记忆陶瓷的记忆原理

### 讨论、练习、作业

教学手段：讲授

周次：第4次课

章节名称：第3章 非晶态合金 §3.1 非晶态合金概述  
§3.2 非晶态材料的发展  
§3.3 非晶态合金的结构特点

授课方式：理论课（√）；实践课（ ）；实习（ ）

教学时数：2

教学目的及要求

- 1、掌握非晶态合金的定义、结构特征
- 2、了解非晶态材料的发展

教学内容提要

### §3.1 非晶态合金概述

#### 一、晶态与非晶态

- 晶体一般都有特定的多面体外形，而非晶体无论是在什么条件下形成的，均不具有晶体所具有的特定外形；
- 晶体具有解理性，即具有容易沿着一些特定界面裂开的特性；而常见的非晶态玻璃破裂时，断裂面总是凹凸不平的；
- 晶体的力、电、光、热学等性质是各向异性的，而非晶体材料通常是各向同性的；
- 晶体有确定的熔点，即有一固定的固-液相变温度，而非晶体（如玻璃）没有确定的熔点，只有一定的软化温度

#### 二、非晶态材料的种类

- (1) 非晶态金属及合金（金属玻璃）
- (2) 非晶态半导体、非晶态超导体
- (3) 非晶态电介质
- (4) 非晶态离子导体
- (5) 非晶态高聚合物
- (6) 传统的氧化物玻璃等

### §3.2 非晶态合金的发展

### §3.3 非晶态合金的结构特点

#### 一、非晶态合金的结构

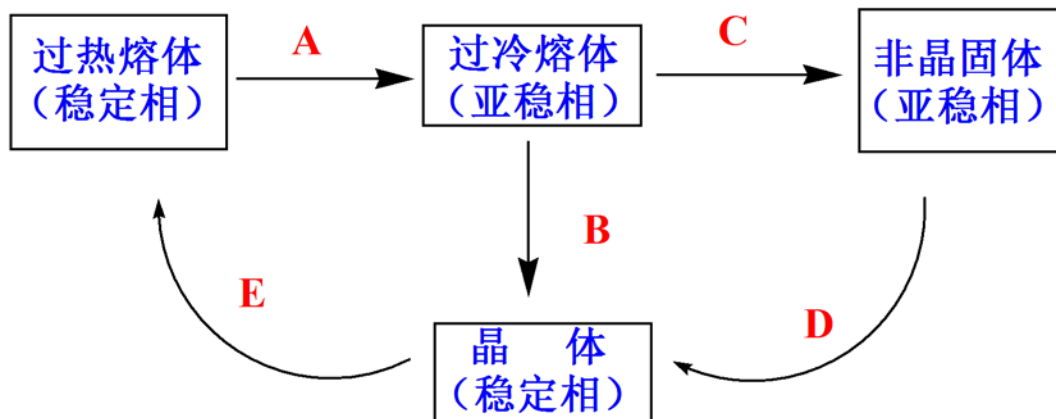
- 1、短程有序、长程无序；
- 2、均匀性（一层含义：结构均匀、各向同性；二层含义：成分均匀性）
- 3、热力学不稳定性（亚稳定性）

#### 二、非晶态金属结构模型

- 1、微晶模型
- 2、拓扑无序模型

### §3.4 非晶态合金的制备

#### 一、非晶态的形成过程



**C: 非晶形成过程    D: 非晶晶化过程    E: 结晶过程**

非晶态形成条件

■ 技术要点:

- 必须形成原子或分子混乱排列的状态;
- 必须将这种热力学上的亚稳态在一定的温度范围内保存下来, 使之不向晶态转变。

教学重点与难点

重点: 1、非晶态合金的结构特点; 2、非晶态合金的形成过程

难点: 半导体的形成条件;

讨论、练习、作业

- 1、总结非晶态合金的结构特点
- 2、讨论非晶态合金的发展趋势

教学手段: 讲授

## 周次：第5次课

章节名称：第三章 非晶态合金 §3.4 非晶态合金的制备

§3.5 非晶态合金的分类

§3.6 非晶态合金的性能特点

§3.7 大块非晶态合金

授课方式：理论课（√）；实践课（ ）；实习（ ）

教学时数：2

### 教学目的及要求

- 1、掌握非晶态合金的制备方法；
- 2、掌握非晶态合金的性能和应用

### 教学内容提要

#### § 3.4 非晶态材料的制备

#### 二、非晶态合金的制备方法

制备原理：使液态金属以大于临界冷却速度急速冷却，使结晶过程受阻而形成非晶态；将这种热力学上的亚稳态保存下来冷却到玻璃态转变温度以下而不向晶态转变。

##### (1) 骤冷法

将金属或合金加热熔融成液态，然后通过不同途径使熔体急速地降温，降温速度高达  $10^5 \sim 10^8 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ ，以至晶体生长甚至成核都来不及发生就降温到原子热运动足够低的温度，从而把熔体中的无序结构“冻结”保留下来，得到结构无序的固体材料，即非晶，或玻璃态材料。

##### (2) 化学还原法

基本原理：用还原剂  $\text{KBH}_4$ (或  $\text{NaBH}_4$ )和  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  分别还原金属的盐溶液，得到非晶态合金

##### (3) 沉积法

通过蒸发、溅射、电解等方法使金属原子凝聚或沉积而成。

##### (4) 化学镀法

利用激光，离子注入、喷镀、爆炸成型等方法使材料结构无序化。

#### 三、影响非晶态合金形成的几个因素

##### (1) 合金中类金属的含量

随类金属含量的增加，非晶态合金的形成倾向和稳定性提高

##### (2) 原子尺寸差别

原子尺度增加则非晶态合金形成倾向和稳定性增加

#### § 3.5 非晶态合金的分类

##### 1、过渡族金属与类金属元素形成的合金

- $\text{VII}_B$ ,  $\text{VIII}_B$  族及  $\text{I}_B$  族元素与类金属元素形成的合金，如  $\text{Pd}_{80}\text{Si}_{20}$ ,  $\text{Au}_{75}\text{Si}_{25}$ ,  $\text{Fe}_{80}\text{B}_{20}$ ,  $\text{Pt}_{75}\text{P}_{25}$
- 三元甚至多元合金，如在  $\text{Pd}_{80}\text{P}_{20}$  中加入 Ni，形成  $\text{Pd}_{40}\text{Ni}_{40}\text{P}_{20}$ 。研究表明，这种三元合金形成非晶态要比对应的二元合金容易得多。
- $\text{IV}_B$  和  $\text{VI}_B$  族金属与类金属也可以形成非晶态合金，如  $\text{TiSi}_{15-20}$  等。

##### 2、过渡族金属元素之间形成的合金

这类合金在很宽的温度范围内熔点都较低、形成非晶态的成分范围较宽，如  $\text{Cu-Ti}_{33-70}$ ,  $\text{Cu-Zr}_{27.5-75}$ ,  $\text{Ni-Zr}_{27.5-75}$  等。

### 3、含 II<sub>A</sub> 族(碱金属)元素的二元或多元合金

如 Ca-Al<sub>12.5-17.5</sub>, Ca-Cu<sub>12.6-62.5</sub>, Ca-Pd, Mg-Zn<sub>25-32</sub>, Be-Zr<sub>50-70</sub>, Sr<sub>70</sub>Mg<sub>30</sub> 等。

### 4、钢系金属为基的非晶态合金, 如 U-Co<sub>24-40</sub>, Np(镎)-Ca<sub>30-40</sub>, Pu(钷)-Ni<sub>12-30</sub> 等。

## § 3.6 非晶态合金性能特点及应用

### 1、力学性能

- 非晶态合金的硬度、强度、韧性和耐磨性高
- 铁基和镍基非晶态金属的抗张强度可达 4000MPa 左右, 镍基的非晶也可达到 3500MPa 左右
- 非晶态合金的延伸率一般较低, 其韧性很好

### 2、软磁特性

磁导率、饱和磁感应强度高; 矫顽力低, 损耗小

### 3、化学性能

#### (1) 耐蚀性

#### (2) 催化性能

非晶态金属表面能高, 可连续改变成分, 具有明显的催化性能。

#### (3) 贮氢性能

## § 3.7 大块非晶合金

一般非晶合金多呈很薄的条带或细丝状、粉末等, 其厚度小于 50 um, 非晶合金的许多优良特性在实际中不能发挥出来。因此, 三维非晶合金的制备具有重要意义。

### 1、制备方法

- a. 由非晶态粉末间接制备大块非晶
- b. 直接从液相获得大块非晶

### 2. 大块非晶合金的优点

- a. 具有较高的热稳定性;
- b. 较高的机械强度与弹性能;
- c. 在过冷液区有很高的粘滞流动性, 可发生塑性变形;
- d. Fe 基大块非晶具有良好的软磁特性。

## 教学重点与难点

重点: 1、非晶态合金的制备方法

2、非晶态合金的性能

难点: 非晶态合金的性能

## 讨论、练习、作业

教学手段: 讲授

## 周次：第6次课

章节名称：第四章：精细功能陶瓷 § 4.1 陶瓷概论

§ 4.2 导电陶瓷

§ 4.3 介电铁电陶瓷

授课方式：理论课（√）；实践课（ ）；实习（ ）

教学时数：2

### 教学目的及要求

- 1、掌握功能陶瓷的概念及种类；
- 2、掌握导电介电陶瓷、压电陶瓷、敏感性陶瓷和生物陶瓷的基本特点和应用

### 教学内容提要

#### § 4.1 功能陶瓷概论

1、微结构特征：多相结构

晶相：陶瓷中最重要的组成相

主晶相的性能常常就决定着陶瓷的物化性能

玻璃相：非晶态结构的低熔点固体组织

填充晶粒间隙，粘结晶粒，提高致密程度，适当降低烧结温度，改善工艺，抑制晶粒生长过大。

气孔：也对控制陶瓷材料性能、质量有重要作用

陶瓷的许多电气性能与热性能随气孔率、气孔尺寸及分布不同可在较大范围内变化。

2、陶瓷的分类及特点

分类	概念特点	应用范围
特种陶瓷	用于现代工业和尖端科学技术所需的陶瓷制品	结构陶瓷 耐磨耐热耐冲击
		功能陶瓷 光、声、电、磁、热、生物、化学等性能陶瓷
普通陶瓷	陶器 坯体结构较疏松,致密度较差的陶瓷制品。	日用器皿, 缸器, 建筑卫生装饰用品。
	瓷器 坯体致密,基本上不吸水,半透明断面呈石状或贝壳状。瓷质细腻,玻化程度高。	日用餐茶具,陈设瓷及部份工业瓷
	炆器 介于陶器和瓷器之间的制品,如水缸、砂锅等,质地致密坚硬	日用器皿,建筑卫生用品,工业用品。

### 2、功能陶瓷概述

- 1) 功能陶瓷是指以电、磁、光、声、热、力、化学和生物(机械性能除外)等信息的检测、转换、耦合、传输及存储等功能为主要特征的陶瓷材料。
- 2) 包括铁电、压电、介电、半导体、超导和磁性陶瓷等。
- 3) 功能陶瓷是电子信息、集成电路、计算机、通讯广播、自动控制、航空航天、海洋探测、激光技术、精密仪器、汽车、能源、核技术和生物医学等近代高技术领域的关键材料。
- 4) 功能陶瓷的特点：成分可控性、结构宽容性、性能多样性、应用广泛性

据功能陶瓷组成、结构的易调性和可靠性：可制备超高绝缘性、绝缘性、半导体性、导电性和超导电性陶瓷

据功能陶瓷的能量转换和耦合特性：可制备压电、光电、热电、磁电和铁电等陶瓷

据对外场的敏感效应：可制备热敏、气敏、湿敏、压敏、磁敏、电压敏和光敏等敏感陶瓷

## § 4.2 导电陶瓷

### (1) 电子导电陶瓷

非金属元素的碳化物、氮化物以共价键为主，金属键为辅。这几类化合物构成的陶瓷都是电子导电：SiC、MoSi<sub>2</sub> 电热材料

某些氧化物陶瓷通过加热或者用其它的方法激发，使外层电子获得足够的能量成为自由电子而具有导电性：氧化铝陶瓷、氧化钽陶瓷及由复合氧化物组成的铬酸钽陶瓷，都是新型的高温电子导电材料

### (2) 离子导电陶瓷

利用离子的迁移导电（固体电解质，或快离子导体）

阳离子导体：利用阳离子迁移导电

$\beta$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的系：通式为  $nA_2O_3 \cdot M_2O$ ，A 代表三价金属 Al<sup>3+</sup>、Ga<sup>3+</sup>、Fe<sup>3+</sup> 等，M 代表一价离子 Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> 等

阴离子导体：利用 O<sup>2-</sup> 或 F<sup>-</sup> 阴离子迁移导电

萤石结构氧化物(ZrO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、CeO<sub>2</sub>)

钙钛矿结构氧化物(LaAlO<sub>3</sub>、CaTiO<sub>3</sub>)。

## § 4.3 介电陶瓷

电阻率大于 10<sup>8</sup> Ω·m 的陶瓷，能承受较强的电场而不被击穿。

具有较高的介电常数、较低的介质损耗和适当的介电常数温度系数，用于各类电容器。

介电性——物质受到电场作用时，构成物质的带电粒子只能产生微观上的位移而不能进行宏观上的迁移的性质。

宏观表现出对静电能的储存和损耗的性质，通常用介电常数  $\epsilon$  和介电损耗  $\tan\delta$  来表示

介电材料也属于绝缘体，但更强调其可极化特征

根据其介电性能特征可以分为绝缘陶瓷、介电陶瓷、压电陶瓷和铁电陶瓷

用于制造陶瓷电容器的介电陶瓷，对材料有以下要求：

介电常数尽可能高；

在高频、高温、高压及其他恶劣环境下，陶瓷电容器性能稳定可靠；

介质损耗要小

比体积电阻率高于 10<sup>10</sup> Ω·m（绝缘电阻率通常大于 10<sup>10</sup> Ω·m），可保证在高温下工作；

具有较高的介电强度，陶瓷电容器在高压和高功率条件下，往往由于击穿而不能工作，因此必须提高电容器的耐压特性

### 绝缘陶瓷

主要利用其绝缘性

电性要求：

介电常数  $\epsilon \leq 9$ ，介电损耗  $\tan\delta$  于  $2 \times 10^{-4} \sim 9 \times 10^{-3}$  之间，电阻率要求大于 10<sup>10</sup> Ω·cm。

其它要求：

较高的力学强度、耐热性、高导热性。

### (2) 介电陶瓷（介质陶瓷）

介电陶瓷在电场作用下将发生极化，材料中正负电荷发生短程的相对分离，正负电荷重心变得不重合，但电荷仍然相互束缚，不能长程迁移，形成的束缚态电荷分离就是电偶极子，结果在材料表面形成感生异性电荷。

主要利用其介电性

按使用频率，可分为：1) 高频介质陶瓷；2) 微波介质陶瓷

### (3) 铁电陶瓷和压电陶瓷

在一些电介质晶体中，晶格对称性较低，正负电荷重心不重合而出现电偶极矩，产生不等于零的电极化强度，使晶体具有自发极化，晶体的这种性质叫铁电性。

压电效应：由应力诱导出电极化（或电场），或者由电场诱导出应力（或应变）的现象。

铁电陶瓷一定具有压电性，但是压电陶瓷不一定具有铁电性。

铁电陶瓷用途：制作铁电陶瓷电容器，压电元件、热释电元件、电光元件、电热器件等。

**BaTiO<sub>3</sub>**：典型的铁电陶瓷

主晶相：钙钛矿结构

居里温度  $T_c = 120^\circ\text{C}$ ， $T_c > 120^\circ\text{C}$ ，立方，无铁电性； $T_c < 120^\circ\text{C}$ ，四方，铁电性

$T < T_c$  时，晶体结构发生畸变， $\text{Ba}^{2+}$  和  $\text{Ti}^{4+}$  相对于  $\text{O}^{2-}$  发生位移，产生偶极矩，即自发极化很高的介电常数， $T_c$  附近， $\epsilon$  可高达 6000；损耗因子可高达 0.01~0.02

**BaTiO<sub>3</sub>** 基瓷的配方

在 **BaTiO<sub>3</sub>** 基础上掺进不同的添加物，或采用不同的工艺路线，可对铁电瓷料进行改性，满足高介电低变化率、高压、低损耗等要求。

我国最早研制的 **BaTiO<sub>3</sub>-CaSnO<sub>3</sub>** 系统，加入少量 **MnCO<sub>3</sub>** 和 **ZnO**， $\epsilon = 11500$ ，居里峰在  $20^\circ\text{C}$  左右，但容量变化率大，负温度范围损耗很大；

为了提高介电常数，满足 10 万 pF 的小型瓷介单片电容器的要求，对 **BaTiO<sub>3</sub>-CaSnO<sub>3</sub>** 系统作了进一步研究，发现在 **BaTiO<sub>3</sub>** 烧块中加入少量 **SrTiO<sub>3</sub>**，配方中加入少量 **WO<sub>3</sub>** 和 **MnCO<sub>3</sub>**，在配合适当的工艺，可获得  $\epsilon > 20000$  的陶瓷，但存在烧结温度较高、老化率较大的缺点。

正压电效应：压力→产生电荷，电压

逆压电效应：电压→形变

压电效应的本质：机械作用（应力与应变）引起晶体介质的极化，从而导致两端表面内出现符号相反的束缚电荷

不具有对称中心的晶体才具有压电性

**压电陶瓷**：具有压电效应，能够将机械能和电能互相转换的功能陶瓷材料。

生产工艺

配料→研磨→预烧→再研磨→成型→烧成→极化

#### (1) 预烧

作用：各组分反应，合成 **Pb(ZrTi)O<sub>3</sub>** 原料，分为四个阶段：

第一阶段： $T < 650^\circ\text{C}$ ，有一吸热峰，**Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>** 脱氧

第二阶段： $650 \sim 756^\circ\text{C}$ ，发生化学反应： $\text{PbO} + \text{TiO}_2 \rightarrow \text{PbTiO}_3$

第三阶段： $840^\circ\text{C}$ ，出现液相， $835^\circ\text{C}$  电阻最低，形成铅钛酸铅固溶体， $850^\circ\text{C}$  反应基本完成；

第四阶段： $840^\circ\text{C}$  以后，**PZT** 固溶体晶形逐渐趋于完整。

其中： $650^\circ\text{C}$  保温 1~2 h 生成 **PbTiO<sub>3</sub>**

$850^\circ\text{C}$  保温 2 h，生成 **Pb(ZrTi)O<sub>3</sub>**

预烧： $T$  太低，反应不完全； $T$  太高，**PbO** 大量挥发，难以粉碎，活性降低

为防止  $\text{M}^{4+}$  还原， $\epsilon$  降低，氧化气氛烧结

#### (2) 烧成

**PZT** 坯体成型后，还要煅烧，影响烧成的因素：

组分中活性离子多，则易烧结；

为满足不同使用要求，可在 **PZT** 中添加某些元素进行改性

**B. 添加物**

软性添加物：**La**，**Nd**，**Bi**，**Nb** 等，形成阳离子空位，加速离子扩散，促进烧结；



硬性添加物: Fe, Co, Ni, Mn 等, 产生  $O^{2-}$  空位, 晶胞收缩, 降低离子扩散速度, 难于烧结;

产生液相的添加物: MgO, 使烧结温度降低, 范围变窄, 加速烧结过程;

晶格产生畸变的添加物: 促进烧结过程的进行;

限制晶粒长大的晶界分凝添加物:  $Fe^{3+}$ 、 $Al^{3+}$ 、 $Nb^{3+}$ 、 $Cr^{3+}$ 、 $Ni^{3+}$  等, 能改善陶瓷的机械性能。

### C. 烧结气氛

氧化气氛中进行, 同时要控制 PbO 的挥发, 尽量设法降低烧成温度和避免在高温阶段保温时间过长, 以防止晶粒长大;

为了防止 PbO 挥发, 常采取的措施: 密封, 把样品埋入熟粉料中; 加气氛片 ( $PbZrO_3$  片); 或在配料中适当使 Pb 过量 (0.1 ~ 0.2%)。

#### (3) 极化

压电陶瓷材料必须经过极化后才具有压电性能, 极化方法有: 直流极化 (即在直流电场的作用下, 使电畴沿电场方向取向) 和交直流混合极化 (在极化前, 先在陶瓷片上加一定的交流电场进行处理, 然后再加直流电场进行极化)

影响极化的因素:

A. 极化电场:  $E > E_c$  (矫顽场)  $2 \sim 3 E_c$

B. 极化温度: 温度升高, 电畴取向容易, 极化效果好, 温度过高, 击穿强度降低;

C. 极化时间:  $t$  延长, 效果好, 几 ~ 几十 min

PZT 极化条件:

A.  $E$ :  $3 \sim 5$  MV/m;

B.  $T$ :  $100 \sim 105$  °C;

C.  $t$ : 热油 5 min, 冷油 20 min

压电陶瓷应用:

换能器 (超声、电声换能器等)

陶瓷滤波器、陶瓷变压器、陶瓷鉴频器、高压发生器、红外探测器、声表面波器件、电光器件、引燃引爆装置和压电陀螺等

### 教学重点与难点

重点: 1、陶瓷的结构及特点

2、功能陶瓷的种类及应用

3、介电陶瓷的分类及原理

4、 $BaTiO_3$  铁电陶瓷的性质及制备

难点: 1、陶瓷结构的组成及性质

2、介电陶瓷的原理

3、 $BaTiO_3$  铁电陶瓷的性质及制备

### 讨论、练习、作业

1、陶瓷的结构及特点

2、 $BaTiO_3$  铁电陶瓷的性质及制备

教学手段: 讲授

周次：第7次课

章节名称：第四章 精细功能陶瓷 § 4.4 敏感性陶瓷

§ 4.5 铁氧体

§ 4.6 生物陶瓷

授课方式：理论课（√）；实践课（ ）；实习（ ）

教学时数：2

教学目的及要求

敏感性陶瓷、铁氧体和生物陶瓷的基本特点和应用

教学内容提要

#### § 4.4 敏感性陶瓷

（1）热敏陶瓷：指对温度变化敏感的陶瓷半导体材料

正温度系数热敏电阻（Positive Temperature coefficient, PTC）：电阻随温度升高而增大

彩电自动消磁、电机启动、过电流保护、恒温发热、程控电话交换机

负温度系数热敏电阻（Negative Temperature coefficient, NTC）：电阻随温度的升高而减小

广泛用于工业和医用温度计、液面控制、液体流量测定等

（2）气敏陶瓷

——吸收某种气体后电阻率发生变化的一种功能陶瓷

能级生成理论

吸附还原性气体时，气体将电子给予半导体

吸附氧化性气体时，气体从半导体获取电子

接触粒界面势垒理论

当界面存在氧化性气体时势垒增加

存在还原性气体时势垒降低

（3）湿敏陶瓷

--电阻随环境湿度而变化的一类功能陶瓷

（4）压敏陶瓷

---一种电阻值对外加电压敏感的功能陶瓷，阻值随外加电压呈非线性变化

（5）光敏陶瓷

--电阻随入射光强弱而改变的一种功能陶瓷

本征半导体陶瓷材料：当入射光子能量大于或等于禁带宽度时，价带顶的电子跃迁至导带，使材料阻值下降；

杂质半导体陶瓷：当杂质原子未全部电离时，光照能使未电离的杂质原子激发出电子或空穴，产生附加电导，从而使阻值下降。

可用于光的测量、光控和光电转换（将光的变化转换为电的变化）

制作光控开关、照相机自动曝光装置，光电计数器，烟雾报警器，光电跟踪系统等

#### § 4.5 铁氧体

铁氧体是磁性陶瓷的代表，是作为高频用磁性材料而制备的金属氧化物烧结磁性体，它分为软磁铁氧体和硬磁铁氧体两种。

## 1、软磁铁氧体

- 软磁铁氧体用于制作各种高频磁芯，已实用的铁氧体几乎都是 Mn 铁氧体、Ni 铁氧体等和 Zn 铁氧体( $ZnFe_2O_4$  非磁性铁氧体)的固溶体。
- 与这种非磁性铁氧体形成固溶体后，铁氧体的居里温度降低，但饱和磁通密度却增大。

### Mn-Zn 铁氧体

- Mn-Zn 铁氧体或 Mn-Zn-Fe 铁氧体的  $\rho$  比较小( $10^3 \Omega \cdot \text{cm}$  以下)，饱和磁感应强度  $B_S$  很大。在 K,  $\lambda = 0$  的组成中，起始磁导率具有较大值。当然磁导率不仅是晶体固有的性质，而且陶瓷的粒径和气孔率及有关杂质对磁导率的影响都很大。

### Ni-Zn 铁氧体

- Ni-Zn 铁氧体电阻率等于或大于  $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ ，使用频带比 Mn-Zn 铁氧体的高，主要用于中频以上。这种铁氧体是由斯诺克研制成的，磁导率  $\mu_0$  和磁导率的色散频率  $f_0$ (兆赫)之间存在着斯诺克关系。

## 2、硬磁铁氧体

- Co 铁氧体是在  $900^\circ\text{C}$  左右的温度下预烧，再于  $1100^\circ\text{C}$  左右的温度下减压烧成后，然后里温度到  $300^\circ\text{C}$  之间的温度下施加磁场，然后缓慢冷却至室温(磁场冷却处理)而制成的。Ba 铁氧体是把原料氧化物的混合物放在  $1100\sim 1200^\circ\text{C}$  下预烧，于  $1150\sim 1250^\circ\text{C}$  的温度下烧结而成的各向同性铁氧体。

## 3、微波铁氧体

- 因为铁氧体电阻高，高频损耗少，因而直接利用磁性材料旋磁性质的元件很多，如环行器、隔离器、相移器等电路中的元件已广泛使用 Mn-Mg-Al 系铁氧体、Ni-Zn 系铁氧体和稀土类石榴石材料。该用途的铁氧体具有磁共振吸收的线宽( $\Delta H$ )窄，磁损耗和介电损耗小等优点。

## § 4.6 生物陶瓷

生物陶瓷是指具有特殊生理行为的一类陶瓷材料，主要用来构成人类骨骼和牙齿的某些部分，甚至可望部分或整体地修复或替换人体的某些组织、器官，或增进其功能。

### 生物医用材料的要求

生物兼容性

无毒性及无致癌性

化学稳定性(不随时间衰退)

充分的机械强度(对人工骨等材料)

充分的疲劳寿命(对人工骨等材料)

适当的重量与密度

具市场竞争力，如成本低廉、再现性高、易大量制造等

#### (1) 生物陶瓷分类

可吸收性生物陶瓷

近惰性生物陶瓷

表面活性生物陶瓷

#### (2) 常用生物陶瓷及其制备

##### ① 玻璃生物陶瓷

由结晶相和玻璃相组成，无气孔

结晶相含量一般为 50%-90%，玻璃相含量一般为 5%-50%，结晶相细小，一般小于  $1\text{-}2\mu\text{m}$ ，且分布均匀

机械强度高，热性能好，耐酸、碱性强

良好的生物相容性，无异物反应

## ②氧化铝单晶生物陶瓷

用作人工关节柄

具有比较高的机械强度，不易折断

作为损伤骨的固定材料

主要用于制作人工骨螺钉，比用金属材料制成的人工骨螺钉强度高

可以加工成各种齿用的尺寸小、强度大的牙根

与人体蛋白质有良好的亲合性能，结合力强，因此有利于牙龈粘膜与异齿材料的附着

## ③ 羟基磷灰石生物陶瓷

合成的羟基磷灰石的结构与生物骨组织相似，因此具有与生物体硬组织相同的性能。

Ca : P  $\approx$  1.67, 密度  $\approx$  3.14, 机械强度大于 10MPa, 对生物无毒, 无刺激, 生物相容性好, 不被吸收。

应用:

牙槽、骨缺损、脑外科手术的修补、填充等;

用于制造耳听骨链和整形整容的材料;

制成人工骨核治疗骨结核。

## 教学重点与难点

重点: 1、敏感性陶瓷的种类及特点

2、铁氧体的种类及原理

3、生物陶瓷的组成、种类及应用

难点: 铁氧体的原理

## 讨论、练习、作业

教学手段: 讲授

## 周次：第8次课

章节名称：第五章：纳米材料 §5.1 纳米材料分类

§5.2 纳米材料特性

§5.3 纳米材料制备

授课方式：理论课（√）；实践课（ ）；实习（ ）

教学时数：2

### 教学目的及要求

- 1、掌握纳米材料的定义、分类、特点；
- 2、掌握纳米材料的制备方法

### 教学内容提要

#### §5.1 纳米材料分类

##### 1、纳米材料概述

纳米(nm)：长度单位， $1\text{ m}=10^9\text{ nm}$ ,

纳米材料：指在三维空间中至少有一维处于纳米尺度范围（1 ~ 100nm）或者由他们作为基本构成单元的材料

纳米效应：同一种物质，因为构造上以纳米为单位的的变化，其物理性能与化学性质便会产生意想不到的巨变。

纳米材料研究的三个阶段：第一阶段（1990 年以前）、第二阶段（1998 年前）、第三阶段（从 1998 年到现在）

##### 2、纳米材料的分类

- 1) 按化学组成分类：纳米金属、纳米陶瓷、纳米玻璃、 纳米高分子和纳米复合材料
- 2) 按材料物性分类：纳米半导体、纳米磁性材料、纳米非线性光学材料、纳米铁电体、纳米超导材料、纳米热电材料
- 3) 按应用分类：纳米电子材料、 纳米光电子材料、 纳米生物医用材料、 纳米敏感材料、 纳米储能材料
- 4) 按基本单元分类：①零维：纳米尺度颗粒、原子团簇、人造超原子、纳米尺寸的孔洞等；②一维：纳米丝、纳米棒、纳米管等；③二维：超薄膜、多层膜、超晶格；④三维：纳米晶体、纳米块体材料

#### §5.2 纳米微粒的特性

1、小尺寸效应：随着颗粒尺寸的量变，在一定条件下会引起颗粒性质的质变。由于颗粒尺寸变小所引起的宏观物理性质的变化称为小尺寸效应。

小尺寸效应的主要影响：

- 1) 金属纳米材料的电阻与临界尺寸
  - 2) 宽频带强吸收性质
  - 3) 激子增强吸收现象
  - 4) 磁有序态向磁无序态的转变
  - 5) 超导相向正常相的转变
  - 6) 磁性纳米颗粒的高矫顽力
- 2、表面效应

表面效应的主要影响

- 1) 表面化学反应活性
- 2) 催化活性
- 3) 纳米材料的稳定性
- 4) 铁磁质的居里温度降低
- 5) 熔点降低
- 6) 烧结温度降低
- 7) 晶化温度降低
- 8) 纳米材料的超塑性和超延展性
- 9) 介电材料的高介电常数
- 10) 吸收光谱的红移现象

3、量子尺寸效应- *kubo* 理论：微粒尺寸下降到一定值时，费米能级附近的电子能级由准连续能级变为分立（离散）能级的现象、纳米半导体微粒存在不连续的最高被占据分子轨道和最低未被占据的分子轨道能级和能隙变宽现象均称为量子尺寸效应。

量子尺寸效应的主要影响：

- 1) 导体向绝缘体的转变
- 2) 吸收光谱的蓝移现象
- 3) 纳米材料的磁化率
- 4) 纳米颗粒的发光现象

4、宏观量子隧道效应

隧道效应：微观粒子具有粒子性又具有波动性，因此具有贯穿势垒的能力，即当微观粒子的总能量小于势垒高度时，该粒子仍能穿越这一势垒。

近年来，人们发现一些宏观量如微颗粒的磁化强度、量子相干器件中的磁通量及电荷也具有隧道效应，他们可以穿越宏观系统的势阱而产生变化，故称之为宏观量子隧道效应。

5、库伦堵塞与量子隧穿

当体系的尺寸进入纳米级时（一般金属粒子为几个纳米，半导体粒子为几十纳米），体系的电荷是“量子化”的，即充电和放电过程是不连续的。

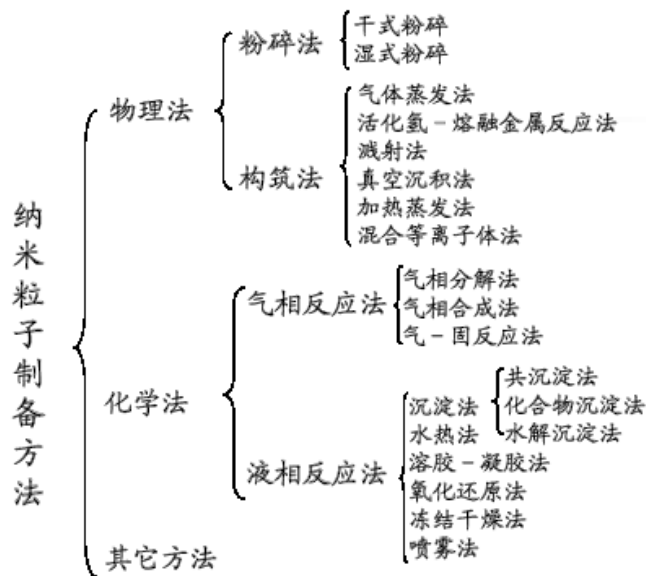
6、介电限域效应

纳米微粒分散在异质介质中由于界面引起的体系介电增强的现象。

### §5.3 纳米材料制备

#### 一、纳米粒子的制备

# 纳米粒子合成方法分类



## 二、纳米薄膜的制备

### 1、物理方法

- 1) 真空蒸发(单源单层蒸发; 单源多层蒸发; 多源反应共蒸发)
- 2) 磁控溅射
- 3) 离子束溅射(单离子束(反应)溅射; 双离子束(反应)溅射; 多离子束反应共溅射)
- 4) 分子束外延(MBE)

### 2、化学方法

- 1) 化学气相沉积(CVD): 金属有机物化学气相沉积; 热解化学气相沉积; 等离子体增强化学气相沉积; 激光诱导化学气相沉积; 微波等离子体化学气相沉积
- 2) 溶胶-凝胶法
- 3) 电镀法

## 三、纳米块状材料的制备

- 1、惰性气体蒸发原位加压法
- 2、高能球磨法
- 3、非晶晶化法

## 四、纳米复合材料的制备

- 1、固相法(热压烧结、反应烧结、微波烧结、自蔓延高温合成)
- 2、液相法(浆体法、液态浸渍法、溶胶-凝胶法、聚合物热解法)
- 3、气相法(化学气相沉积法、化学气相浸渍法)
- 4、原位复合法

## 教学重点与难点

重点: 1、纳米材料的定义及分类

2、纳米材料的制备方法

难点: 纳米材料的性能

## 讨论、练习、作业

教学手段: 讲授

## 周次：第9次课

章节名称：第五章：纳米材料 §5.4 纳米磁性材料

§5.5 纳米陶瓷材料

§5.6 纳米碳分子材料

授课方式：理论课（√）；实践课（ ）；实习（ ）

教学时数：2

### 教学目的及要求

- 1、掌握纳米磁性材料的特点、分类和应用；
- 2、掌握纳米陶瓷材料的特点、分类和应用；
- 3、掌握纳米碳分子材料的特点、分类和应用；

### 教学内容提要

#### §5.4 纳米磁性材料

- 1、纳米微晶软磁材料
- 2、纳米微晶永磁材料
- 3、纳米磁记录材料
- 4、磁性液体
- 5、颗粒膜磁性材料
- 6、巨磁电阻材料

#### §5.5 纳米陶瓷材料

1、定义：在陶瓷材料的显微结构中，晶粒、晶界以及他们之间的结合都处在纳米水平，使得材料的强度、韧性和超塑性大幅度提高，克服了工程陶瓷的许多不足，并对材料的力学、电学、热学、磁学和光学等性能产生很大影响。

2、纳米陶瓷粉对陶瓷材料性能的影响

- 1) 降低材料的烧结致密化程度；
- 2) 使陶瓷材料的组成结构致密化、均匀化
- 3) 可以从纳米材料的结构层次上控制材料的成分和结构
- 4) 可能出现一些大颗粒材料所不具备的独特性能

3、纳米陶瓷的制备

流程：纳米粉体的制备→成型→烧结

方法：气相合成法（气相高温裂解法、喷雾转化法、化学气相合成）；

凝聚相合成（溶胶-凝胶法）：水溶液中加入有机配体与金属离子形成配合物→水解、聚合→溶胶→凝胶→脱水焙烧

4、纳米陶瓷的特性

主要表现：力学性能（硬度、断裂、韧性和低温延展性等）

高温下使硬度、强度得以较大的提高；

在较低温度下烧结就能达到致密化；

硬化和韧化由孔隙的消除来形成，脆性的陶瓷可变成延展性的



## §5.6 纳米碳分子材料

### 1、巴基球

#### 1.1 巴基球的种类与制备

#### 1.2 巴基球电磁特性

#### 1.3 C<sub>60</sub>的衍生物与应用

### 2、碳纳米管

#### 2.1 单壁碳纳米管的结构

#### 2.2 多壁碳纳米管的结构

#### 2.3 碳纳米管的分类

#### 2.4 碳纳米管的制备

#### 2.5 碳纳米管的特性及应用

### 3、石墨烯

#### 3.1 石墨烯的结构

#### 3.2 石墨烯的性质

#### 3.3 石墨烯的制备

#### 3.4 石墨烯的应用

### 教学重点与难点

重点：纳米磁性材料、纳米陶瓷材料和纳米碳分子材料的特点、种类及应用

难点：纳米碳分子材料

### 讨论、练习、作业

教学手段：讲授

周次：第 10 次课

章节名称：第六章 高分子基础

授课方式：理论课（√）；实践课（ ）；实习（ ）

教学时数：2

教学目的及要求

- 1、 高分子的概念
- 2、 合成高分子的化学反应
- 3、 高聚物的分类和命名

教学内容提要

引言：生活中的高分子

### §6.1 高分子概述

高分子（聚合物）材料：以高分子化合物（树脂）为基体，再配有其他添加剂（助剂）所构成的材料

- 天然高分子：棉、麻、丝、毛
- 改性高分子：由天然高分子经化学加工而成，如黏胶纤维、醋酸纤维、改性淀粉
- 合成高分子：由小分子聚合反应合成，如聚氯乙烯树脂、丙烯酸涂料、顺丁橡胶
- 分类：塑料、橡胶、纤维、涂料、胶黏剂、离子交换树脂

### §6.2 高分子的结构

- 分子量大（ $\geq 10,000$ ）
- 由重复单元链接而成
- 长径比： $10^3 \sim 10^5$

#### 6.2.1 高分子的链结构

- 聚合物具有链状结构，这概念在 1920~1930 年间已由 Staudinger 等提出并确定
- 高分子通常是通过加聚或缩聚反应得到
- 简单重复（结构）单元称为“链节”（chains）
- 简单重复（结构）单元的个数称为聚合度 DP（Degree of Polymerization）

#### 6.2.2 链接结构

（1）均聚物结构单元顺序

- 头-头
- 尾-尾
- 头-尾（主）
- 无规链接

（2）共聚物结构单元顺序

- 无规共聚物：-A-B-B-A-B-A-A-B
- 交替共聚物：-A-B-A-B-A-B-
- 嵌段共聚物：-A-A-A-A-B-B-B-B-A-A-A-A-
- 接枝共聚物：

#### 6.2.3 高分子链的构型

- 全是由一种旋光异构单元链接而成（全同立构）——取代基全在平面的一侧

- 由两种旋光异构单元间接键合而成(间同立构)——取代基间接分布在平面两侧
- 由两种旋光异构单元无规则键合而成(无规立构)——取代基无规则分布在平面两侧

#### 6.2.4 高分子的聚集态结构

- 聚集态结构(三级结构,超分子结构):聚合物内分子链的排列与堆砌结构
- 晶态结构、非晶态结构、取向态结构、液晶态结构

### §6.3 高分子的分子量及其分子量分布

高聚物具有相同的化学组成,是由聚合度不等的同系物的混合物组成,所以高聚物的分子量只有统计的意义

- 数均分子量(Number-average molecular weight)
- 重均分子量(Weight-average molecular weight)
- Z均分子量(Z-average molecular weight)
- 粘均分子量(Viscosity-average molecular weight)

### §6.4 高分子的合成

聚合反应分类:

- 反应单体:均聚、共聚
- 反应活性中心:自由基聚合和离子(阴、阳离子)聚合
- 反应类型:线形,开环,环化,转移,异构化
- 元素组成和结构变化:加聚,缩聚
- 动力学机理:连锁,逐步

#### 2、加聚反应

单体加成而聚合起来的反应称为加聚反应,反应产物称为加聚物。

特征:

- 加聚反应往往是烯类单体 $\pi$ 键加成的聚合反应,无官能团结构特征,多是碳链聚合物
- 加聚物的元素组成与其单体相同,仅电子结构有所改变
- 加聚物分子量是单体分子量的整数倍

#### 3、缩聚反应

是缩合反应多次重复结果形成聚合物的过程

兼有缩合出低分子和聚合成高分子的双重含义

反应产物称为缩聚物。

特征:

- 缩聚反应通常是官能团间的聚合反应
- 反应中有低分子副产物产生,如水、醇、胺等
- 缩聚物中往往留有官能团的结构特征,如 $-\text{OCO}-$ , $-\text{NHCO}-$ ,大部分缩聚物都是杂链聚合物
- 缩聚物的结构单元比其单体少若干原子,故分子量不再是单体分子量的整数倍

### 教学重点与难点

重点: 1、合成高分子的化学反应

2、聚合物的分子量及其分布

难点: 合成高分子的化学反应

### 讨论、练习、作业

合成高分子的化学反应

教学手段: 讲授

周次：第 11 次课

章节名称：第七章 高分子催化剂、固定化酶

授课方式：理论课（√）；实践课（ ）；实习（ ）

教学时数：2

### 教学目的及要求

- 1、高分子催化剂的概念、种类及应用；
- 2、固定化酶的意义、制备方法及应用。

### 教学内容提要

引言：1、什么是催化剂？2、举例！

#### §7.1 高分子催化剂

催化剂的发展史

第一阶段：金属——多相催化剂

第二阶段：有机金属络合物——均相催化剂

第三阶段：高分子催化剂

1、高分子催化剂的定义：通过聚合、接枝等方法将小分子催化剂高分子化、使具有催化活性的化学结构与高分子骨架相结合，得到具有催化活性的高分子材料称为高分子催化剂

优点：

- (1) 催化剂的分离、吸收容易，改进了生成物的纯度。
- (2) 对水和空气的稳定性增加，易于操作。
- (3) 提高了反应的选择性。
- (4) 催化剂反应活性大，反应速度快，产率高。

2、高分子催化剂的分类

- (1) 从高分子催化剂的载体催化形式划分：
- (2) 从高分子载体本身结构划分：

3、高分子酸碱催化剂

- 水解、水合、醚化、脱水和缩醛、酯化、烷基化和异构化、缩合和环化、消除重排反应等

4、高分子负载催化剂

5、高分子相转移催化剂

- 定义：高分子相转移催化剂一般指在反应中能与阴离子形成离子对，或与阳离子形成配合物，从而增加这些离子型化合物在有机相中的溶解度的聚合物
- 分类：季铵盐型及季磷盐型、冠醚型、负载聚乙二醇型、生物碱型

#### §7.2 固定化酶

引言：1、酶：具有生物催化功能的高分子物质，大多是蛋白质，但少数具有生物催化功能的分子并非为蛋白质，有一些被称为核酶的 RNA 分子也具有催化功能

2、酶催化反应的特点？

- 催化效率高：效率是一般无机催化剂的  $10^7 \sim 10^{13}$
- 选择性高：每一种酶只能催化一种或一类化学反应
- 酶的作用条件较温和

### 3、酶的缺陷

- 稳定性差
- 分离纯化困难
- 回收困难

4、固定化酶：被局限在某一特定区域上的，并且保留了它们的催化活力，可以反复、连续使用的酶  
优点：可以回收，重复使用；可以实现连续化、自动化；提高了酶的稳定性；可从反应物中分离，不污染产品

缺点：降低酶活性；首次投入成本高

### 5、固定化酶的制备原则

- ✓ 尽可能地保持自然酶的催化活性和专一
- ✓ 载体与酶结合牢固；不能与底物、产物等发生化学反应；且具有一定的机械强度
- ✓ 空间位阻较小
- ✓ 成本尽可能低

### 6、固定化酶制备方法及特点

- (1)共价键结合法
- (2)交联法
- (3)吸附法
- (4)包埋法

### 7、固定化酶的应用

- 1) 在有机合成中的应用
- 2) 在食品及发酵工业中的应用
- 3) 在医药治疗上的应用
- 4) 在分析测试中的应用
- 5) 在环境保护中的应用

### 教学重点与难点

重点：1、高分子催化剂的特点；2、固定化酶的特点、制备方法及应用；

难点：固定化酶的制备方法

### 讨论、练习、作业

- 1、总结高分子催化剂的特点
- 2、总结固定化酶制备方法的特点

### 教学手段：讲授

周次：第 12 次课

章节名称：第八章 感光及导电高分子材料 §8.1 感光高分子材料

授课方式：理论课（√）；实践课（ ）；实习（ ）

教学时数：2

### 教学目的及要求

掌握感光高分子材料的概念、种类及应用。

### 教学内容提要

#### §8.1 感光高分子材料

感光性高分子是指在吸收了光能后，能在分子内或分子间产生化学、物理变化的一类功能高分子材料。而且这种变化发生后，材料将输出其特有的功能。

从广义上讲，按其输出功能，感光性高分子包括：光导电材料、光能储存材料、光记录材料、光致变色材料、光致抗蚀材料

其中开发比较成熟并有实用价值的感光性高分子材料主要是指：光致抗蚀材料、光致诱蚀材料  
产品包括：光刻胶、光固化粘合剂、感光油墨、感光涂料

所谓光致抗蚀，是指高分子材料经过光照后，分子结构从线型可溶性转变为网状不可溶性。而光致诱蚀正相反，当高分子材料受光照辐射后，感光部分发生光分解反应，从而变为可溶性。

##### 8.1.1 感光性高分子的分类

###### 1、光交联型高分子材料

###### (1) 感光基团的种类

在有机化学中，许多基团具有光学活性，其中以肉桂酰基最为著名。

重氨基、叠氨基都可引入高分子形成感光性高分子。

###### (2) 具有感光基团的高分子的合成方法

###### 1) 聚合物主链接枝法

###### 2) 带感光基团单体聚合法

###### 2、光分解型高分子材料

重氮萘醌（DNQ）类光分解型高分子材料。在曝光前不能溶解，在紫外曝光后，DNQ 在光刻胶中化学分解，大幅提高在显影液中的溶解度。

###### 3、光致变色高分子材料

###### (1) 硫代缩氨基脲衍生物与 $Hg^+$ 的络合物

###### (2) 偶氮苯类高聚物

###### 4、光致收缩高分子材料

丙烯酸乙酯与双（甲基丙烯）DIPS 酯共聚物，在恒定压力、温度下，随着光照，样品长度有明显收缩。停止光照，样品长度逐渐恢复，并且收缩与伸长完全可逆。

###### 5、光刻胶的一般要求

- 要求有很好的成膜性。光刻时一般采用旋转涂胶的办法，即在硅片的中心滴一滴光刻胶，然后在高速旋转台上旋转，使光刻胶均匀分布在硅片上成膜。
- 要求胶膜对二氧化硅有强的附着力。
- 要有足够的光敏性。
- 要有良好的分辨率，所谓分辨率就是光刻可达到的最细线条的宽度。

- 对光刻所用腐蚀液有良好的抗腐蚀性

#### **教学重点与难点**

重点：感光高分子材料的种类及应用

难点：感光高分子材料的感光原理

#### **讨论、练习、作业**

总结感光高分子种类、特点及应用

#### **教学手段：讲授**

周次：第 13 次课

章节名称：§8.2 导电高分子材料

授课方式：理论课（√）；实践课（ ）；实习（ ）

教学时数：2

教学目的及要求

- 1、了解导电高分子材料的概念、特点、种类及应用；
- 2、掌握本征型导电高分子材料的结构特点及导电原理。

教学内容提要

## §8.2 导电高分子材料

### 一、导电高分子概述

### 二、导电高分子的类型

按照材料的结构与组成：结构型（本征型）导电高分子和复合型导电高分子。

#### 1. 结构型导电高分子

一般认为，四类聚合物具有导电性：高分子电解质；共轭体系聚合物；电荷转移络合物；金属有机螯合物

聚乙炔有较典型的共轭结构；掺杂型聚乙炔具有最高的导电性，其电导率可达  $5 \times 10^3 \sim 10^4 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ （金属铜的电导率为  $10^5 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ）

聚苯硫醚 PPS；热解聚丙烯腈；聚萘

#### 2. 复合型导电高分子

复合型导电高分子是在本身不具备导电性的高分子材料中掺混入大量导电物质，如炭黑、金属粉、箔等，通过分散复合、层积复合、表面复合等方法构成的复合材料，其中以分散复合最为常用。

注意：高分子材料本身并不具备导电性，只充当了粘合剂的角色。

**基料**——将导电颗粒牢固地粘结在一起，使导电高分子具有稳定的导电性，同时它还赋予材料加工性。高分子材料的性能对导电高分子中的机械强度、耐热性、耐老化性都有十分重要的影响。

**填料**——在复合型导电高分子中起提供载流子的作用，它的形态、性质和用量直接决定材料的导电性。

**基料的选择**：聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS、环氧树脂、丙烯酸酯树脂、酚醛树脂、不饱和聚酯、聚氨酯、聚酰亚胺、有机硅树脂等。此外，丁基橡胶、丁苯橡胶、丁腈橡胶和天然橡胶也常用作导电橡胶的基质。

**填料的选择**：金粉、银粉、铜粉、镍粉、钯粉、钼粉、铝粉、钴粉、镀银二氧化硅粉、镀银玻璃微珠、炭黑、石墨、碳化钨、碳化镍等

#### 3. 超导电高分子

### 三、导电高分子的应用

酚醛树脂—炭黑导电塑料，在电子工业中用作有机实芯电位器的导电轨和碳刷；

环氧树脂—银粉导电粘合剂，可用于集成电路、电子元件，PTC 陶瓷发热元件等电子元件的粘结；

涤纶树脂与炭黑混合后纺丝得到的导电纤维，可用作工业防静电滤布和防电磁波服装；

导电涂料、导电橡胶等各类复合型导电高分子材料，都在各行各业发挥其重要作用。

二次电池、生物传感器



**教学重点与难点**

重点：导电高分子的结构及导电原理

难点：本征型导电高分子与复合型导电高分子

**讨论、练习、作业**

总结本征型导电高分子与复合型导电高分子的区别与联系，并说明各自的应用范围

**教学手段：讲授**

周次：第 14 次课

章节名称：第九章 离子交换膜

授课方式：理论课（√）；实践课（ ）；实习（ ）

教学时数：2

### 教学目的及要求

- 1、了解高分子膜材料的概念、种类及应用；
- 2、掌握离子交换膜的特点、种类及应用。

### 教学内容提要

引言：土壤过滤、家用净水器

#### 一、高分子膜的简介

1、膜的定义：流体(液体或气体)能有选择性通过的一种筛离层，故膜俗称“筛子”。

2、膜的分类：

按物理性质分：固相膜、液相膜、气相膜

按材料分：天然膜、生物膜（生命膜）、天然物质改性或再生制成的膜；合成膜(无机膜、有机高分子聚合物膜)

按外形分：管式膜、卷式膜、平板膜、多孔膜、单孔膜、无孔膜

按孔径大小分：微孔膜 0.1-10 $\mu\text{m}$ ；超滤膜 0.002-0.1 $\mu\text{m}$ ；纳滤膜 0.001 $\mu\text{m}$ ；反渗透 0.0005-0.001 $\mu\text{m}$

按用途分：液体分离膜、气体渗透膜、气液分离膜、汽化渗透膜、催化反应膜、分子筛膜、液膜、生物膜、缓释膜、膜反应器、电渗析膜、树脂交换膜

#### 二、膜的应用

工业领域	应用举例
金属工艺	金属回收；污染控制；富氧燃烧
纺织及制革工业	余热回收；药剂回收；污染控制
造纸工业	代替蒸馏；污染控制；纤维及药剂回收
食品及生化工业	净化；浓缩；消毒；代替蒸馏；副产品回收
化学工业	有机物除去或回收；污染控制；气体分离；药剂回收和再利用
医药及保健	人造器官；控制释放；血液分离；消毒；水净化
水处理	海水、苦咸水淡化；超纯水制备；电厂锅炉用水净化；废水处理
国防工业	舰艇淡水供应；战地医院污水净化；低放射性水处理；野战供水

#### 三、离子交换膜

1、离子交换膜的作用机理

电场作用下对溶液中的离子进行选择性透过

## 2、离子交换膜的种类与生产方法

- 1) 种类：异相膜、半均相膜、复合膜
- 2) 生产方法：含浸法、流延法、刮浆法、浸胶法

## 3、离子交换膜的应用

- 1) 电渗析膜的应用：环境保护、合成及天然产物的纯化、肌苷酸的精制、无盐酱油的生产、液晶的纯化、蛋白质的纯化
- 2) 电极反应的隔膜：食盐电解制备氢氧化钠、丙烯腈电解还原二聚制备己二腈

### 教学重点与难点

- 重点：1、高分子液晶材料及应用；2、高分子膜及应用；  
难点：高分子液晶的原理

### 讨论、练习、作业

- 1、总结高分子液晶的种类及特点
- 2、各种高分子膜的特点及应用

### 教学手段：讲授