

《半导体材料》课程教学大纲

一、课程概况

课程名称	半导体材料		课程号	1412078			
课程英文名称	Semiconductor Materials		学时/学分	36/2			
课程性质	选修		适用专业	新能源材料与器件			
课程负责人	刘德全		教学团队	刘奇明			
选用教材及参考书目	《半导体材料》（第3版）主编 杨树人 王宗昌 王兢，科学出版社，2013年1月 《半导体物理学》（第8版）主编 刘恩科 朱秉升 罗晋生，电子工业出版社，2023年5月						
<p>课程简介：本课程是新能源材料与器件专业本科生选修的专业交叉类课程。该课程的主要内容可分为半导体材料基础、半导体材料提纯与晶体生长三部分，其中半导体材料基础部分主要包括半导体材料的发展和分类。半导体材料提纯部分主要包括粗硅的制备、半导体级多晶硅的提纯、锗的富集和制备、区熔提纯等。晶体生长部分主要包括晶体生长基础理论、溶体的晶体生长、掺杂和缺陷、外延生长等内容。</p> <p>通过该课程的学习使学生全面地了解和掌握半导体材料方面的基本概念、知识理论及基本模型和分析方法，为学生将来从事与新能源相关的半导体材料、半导体器件的理论研究和应用研究打好基础，为进一步学习相关学科的其他课程提供理论依据。</p>							
课程目标 (Course Objectives, CO)							
知识目标 (CO1)	掌握半导体材料的基本概念						
	掌握半导体材料的提纯方法						
	掌握晶体生长的基本原理						
能力目标 (CO2)	理解三代半导体材料的特点，对行业的发展趋势保持清晰的认知						
	灵活运用材料的提纯方法						
	灵活运用晶体生长的基本理论						
素质、情感价值观目标 (CO3)	为后续从事半导体材料研发、工作奠定坚实的理论基础						
教学方式 (Pedagogical Methods, PM)	☑PM1 讲授法教学	27 学时 86%	☑PM2 研讨式学习	1 学时 2.8%			
	☑PM3 案例教学	1 学时 2.8%	☑PM4 翻转课堂	1 学时 2.8%			
	☑PM5 混合式教学	1 学时 2.8%	☑PM6 体验式学习	1 学时 2.8%			
考核方式 (Evaluation Methods, EM)	考试课 必选	☑EM1 课程作业	15%	☐EM2 单元测试	%	☐EM3 课堂辩论	%
		☑EM4 期中考试	20%	☑EM5 期末考试	50%	☑EM6 撰写论文/实验报告	15%

	考查课 必选	□EM1 课程作业	%	□EM 2 单元测试	%	□EM3 课堂辩论	%
		□EM4 期末考试	%	□EM5 撰写论文/ 实验报告	%		
	自选	□EM10 课堂互动	%	□EM11 实验	%	□EM12 实训	%
		□EM13 实践	%	□EM14 期末考试	%		

二、教学大纲的定位说明

(一) 课程教学目标与任务

1.使学生能够准确地解释说明半导体材料的发展历程、分类、制备方法。

2.能够准确描述硅和锗的物理化学性质,高纯硅的制备原理和方法,锗的富集与提纯方法。

3.掌握区熔现象和提纯的基本原理、利用数学物理方法进行熔区模型的建立和一般推论,掌握常用到的区熔工艺参数。

4.能够重点掌握晶体生长的理论基础,理解形核原理、界面生长模型。掌握直拉法生长硅、锗单晶,以及悬浮区熔法生长硅单晶

5.能够重点掌握硅、锗晶体中杂质对材料性能、器件性能的影响,减少和控制杂质的方法。掌握位错的来源以及位错对材料性能和器件性能的影响;

6.能够重点掌握硅外延生长的缺陷及电阻率控制;掌握硅外延生长的动力学过程及气流速度、温度和衬底缺陷对外延生长的影响;

(二) 课程教学目标与培养目标的关系

课程目标		支撑的毕业要求	支撑强度
知识目标 (CO1)	1-3	1	L
能力目标 (CO2)	4-6	2	L
素质、情感价值观目标 (CO3)	7	3、4、6	L

(三) 支撑课程目标的教学内容与方法

讲授为主,辅以案例教学。

(四) 先修课程要求,与先修及后续相关课程之间的逻辑

辑关系和内容衔接

先修课程：固体物理、数学物理方法、热力学统计物理

本课程的学习需要掌握固体物理、数学物理方法及热力学统计物理的基本物理概念、模型及理论。需要了解固体物质的物理性质、微观结构、物理模型的建立和求解、构成物质的各种粒子的运动形态、相互关系以及统计物理的基本概念。这几门课程分别为本课程的学习提供最基本的理论支持。同时半导体材料是研究生阶段材料相关科学研究的基本理论基础。

（五）检验课程目标达成度的考核方法和评分标准

课程作业（15%）：课后作业能独立完成，给出清晰的解答过程及明确的结果视为合格，根据具体作业情况给出等级评分。

期中考试（20%）：通过期中考试对学生进行阶段性测量，给出具体评分等级。

期末考试（50%）：对各章学习重点及难点内容有针对性地出具笔试题目，通过卷面得分确定学生对相应知识点的掌握程度。

撰写论文/实验报告（15%）：针对课程内容提出综合性课题及拓展性题目让学生发挥主观能动性，通过文献调研小组讨论等形式，综合分析之后撰写论述报告，根据论述报告的完整性，逻辑性，科学性等给出评分等级。

三、课程内容与安排

第一章 半导体材料概述（共4学时）

学习目标：重点掌握半导体材料的分类，掌握半导体材

料的发展历程和发展趋势，半导体材料制备方法概述。

教学重点：半导体材料的分类方法，三类半导体材料的特点和适用场景，半导体材料的常用制备方法，半导体产业的发展现状，半导体材料的发展趋势。

教学难点：半导体材料的分类方法；半导体材料制备方法。

教学方法：课堂及线上讲授，结合线上线下答疑。

第二章 硅和锗的制备（共4学时）

学习目标：重点掌握硅和锗的物理化学性质，粗硅的制备方法、高纯多晶硅的制备方法。掌握锗的富集与提纯；了解硅和多晶硅生产的工业过程。

教学重点：粗硅的制备方法、高纯多晶硅的提纯和制备方法。

教学难点：高纯多晶硅的制备方法。

教学方法：课堂及线上讲授，结合线上线下答疑。

第三章 区熔提纯（共5学时）

学习目标：重点掌握分凝现象、有效分凝系数、区熔原理；掌握锗的区熔提纯；了解区熔在工业中的应用。

教学重点：分凝现象、分凝系数、有效分凝系数、正常凝固、一次区熔、多次区熔及极限分布。

教学难点：有效分凝系数的数学物理方程建立和求解、一次区熔、多次区熔及极限分布模型的建立和求解。

教学方法：课堂及线上讲授，结合线上线下答疑。

第四章 晶体生长（共9学时）

学习目标：重点掌握：晶体生长的理论基础，理解形核

原理、界面生长模型；掌握：直拉法生长硅、锗单晶，以及悬浮区熔法生长硅单晶；了解：片状锗、硅单晶的制法。

教学重点：晶体生长的理论基础，理解形核原理、界面生长模型。

教学难点：形核原理，物理模型辅助熔体硅生长。

教学方法：课堂及线上讲授，结合线上线下答疑。

第五章 硅、锗晶体中的杂质和缺陷（共8学时）

学习目标：重点掌握硅、锗晶体中杂质对材料性能、器件性能的影响，减少和控制杂质的方法；掌握位错的来源以及位错对材料性能和器件性能的影响；了解硅中微缺陷的形成原因以及其对器件性能的影响。

教学重点：硅、锗晶体中杂质对材料性能、器件性能的影响。位错的来源以及位错对材料性能和器件性能的影响。

教学难点：位错对器件性能的影响、减少和控制杂质的方法。

教学方法：课堂及线上讲授，结合线上线下答疑。

第六章 硅外延生长（共6学时）

学习目标：重点掌握硅外延生长的缺陷及电阻率控制；掌握硅外延生长的动力学过程及气流速度、温度和衬底缺陷对外延生长的影响；了解在绝缘衬底上进行的SOI异质外延和SiGe/Si。

教学重点：硅外延生长的缺陷及电阻率控制；掌握硅外延生长的动力学过程及气流速度、温度和衬底缺陷对外延生长的影响。

教学难点：硅外延生长的动力学模型。

教学方法：课堂及线上讲授，结合线上线下答疑。

制定人：刘德全

审定人：王连文

批准人：贺德行

日期：2024.10.10