

《电子显微学》课程教学大纲

一、课程概况

课程名称	电子显微学	课程号	1412067	
课程英文名称	Electron Microscopy	学时/学分	36/2	
课程性质	必修	适用专业	新能源材料与器件、材料物理、功能材料、材料化学	
课程负责人	彭勇、张军伟、邓霞	教学团队	彭勇，张军伟，邓霞	
选用教材及参考书目	教材：《透射电子显微学》 David B. Williams 著，李建奇译			
课程简介： 电子显微学，作为一门尖端科技学科，为人类认识和理解世界提供了更深入和准确的视角。它不仅揭示了微观世界的奥秘，还推动了现代科学尤其是材料、物理、化学、生物、医学、地质、信息等学科的飞速进步。可以说，电子显微学已成为这些领域不可或缺的关键性支持学科。作为研究型大学本科生，掌握电子显微学相关知识和应用能力，无疑是提升自身科研素养、拓宽学术视野的重要一环。通过电子显微学课程的学习，同学们将能够深入了解电子显微镜的原理、构造与操作技巧，掌握样品制备与数据分析方法，为未来的科研工作奠定坚实的基础。因此，电子显微学的学习不仅是学术研究的需要，更是培养高素质科研人才的重要途径。				
课程目标（Course Objectives, CO)				
知识目标（CO1)	了解高分辨率透射电子显微镜、扫描电子显微镜和聚焦离子束电镜的发展历史			
	掌握各种电镜的结构、工作原理、主要功能、应用			
能力目标（CO2)	实际科学研究中的电镜实验数据分析、解释			
	电镜数据的模拟			
素质、情感价值观目标（CO3)	培养学生的创新精神和探索意识			
	感受到科学研究的魅力和艰辛			
教学方式 （Pedagogical Methods,PM）	☐ PM1 讲授法教学	20 学时 56%	☐ PM2 研讨式学习	学时 %
	☒ PM3 案例教学	4 学时 11%	☒ PM4 翻转课堂	8 学时 22%
	☐ PM5 混合式教学	学时 %	☐ PM6 体验式学习	学时 %
	☒ PM7 讨论教学	4 学时 11%		

考核方式 (Evaluation Methods,EM)	考试 课 必 选	☒ EM1 课程作业	20%	☐ EM 2 单元测试	%	☐ EM3 课堂辩论	%
		☐ EM4 期中考试	%	☒ EM5 期末考试	30%	☐ EM6 撰写论文/ 实验报告	%
	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	10%	☒ EM6 翻转课堂	20 %
	自 选	☒ EM10 课堂互动	10%	☐ EM11 实验	%	☐ EM12 实训	%
		☒ EM13 实践	10%	☐ 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）电子显微学作为一种先进的观测技术，能够让学生直接观察到物质的微观结构和特性。通过电子显微学的教学，学生可以更加深入地理解原子、分子、晶体等微观世界的奥秘，从而加深对物质本质的认识。

（2）电子显微学教学的一个重要目标是让学生掌握电子显微镜的基本原理、操作方法和数据分析技能。这些技能对于从事材料科学、生物学、医学等领域的研究至关重要，能够帮助学生更好地应用电子显微技术进行科学研究和实验探索。

（3）电子显微学教学不仅注重知识的传授，还强调培养学生的科学思维和实践能力。通过实验操作和数据分析，学生可以学会如何发现问题、分析问题、解决问题，从而提高自己的创新能力和实践能力。

（4）电子显微学是一门跨学科的学问，它与物理学、化学、生物学等多个学科有着密切的联系。通过电子显微学的教学，学生可以拓宽自己的学科视野，了解不同学科之间的交叉融合点，从而为未来的科学研究和职业发展打下坚实的基础。

（二）课程教学目标与培养目标的关系

教学目标（1）（2）对应知识目标培养，教学目标（3）（4）对应能力目标培养。支撑新能源材料与器件专业、材料物理专业、功能材料专业、材料化学专业培养要求的 1.1、1.2、2.1、2.4、4.1、5.1 和 9.1。

（三）支撑课程目标的教学内容与方法

教师讲授（结合多媒体演示等手段讲授重点、难点等核心内容；梳理课程思维逻辑；总结与强调关键知识点等）；案例教学（通过各种案例展现电子显微学在前沿科学中的应用）；翻转课堂（鼓励学生自主查阅书籍和文献，掌握基本概念和原理。通过翻转课堂的形式，让学生成为课堂的主导者，互相交流学习）；讨论教学（教师发布讨论主题引导学生展开讨论）；课后发布作业以帮助学生巩固课堂知识，促进知识的应用与深入理解；提供线下答疑环节，解答学生在学习和实践中遇到的疑难问题；教师还将提供拓展阅读资料，以开拓学生的学术视野，培养他们的思维能力和创新意识；实验教学（带领学生走进实验室，让他们实际参观和学习电子显微镜，将理论和实际相结合，加深学生对电子显微学的理解）。

（四）先修课程要求，与先修及后续相关课程之间的逻辑关系和内容衔接

先修课程为固体物理、材料科学基础、高数。后续课程包括 X 射线衍射、电子显微学实验等。

（五）检验课程目标达成度的考核方法和评分标准

考核方式：课程作业 20%；撰写论文 10%；翻转课堂 20%；课堂互动 10%；实践 10%；期末考试 30%。

三、课程内容与安排

第一章 绪论（2 学时）

学习目标：通过本章教学，学生能描述电子显微镜的发展历程；能了解透射电镜的基本结构；阐述透射电镜电子衍

射、高分辨技术、元素分析技术等材料的晶体结构、物相鉴定、缺陷结构、原子占位、元素成分及比例、应力分布和电荷分布等方面的应用；电子显微学课程的内容、学习任务及方法等。

教学重点：透射电镜的结构简介；电子显微镜在前沿研究中的应用；课程的内容、学习任务和方法。

教学难点：电子显微镜在前沿研究中的应用

教学方法：讲授、多媒体演示、课堂提问与讨论、课后资料阅读。

第一节：电子显微镜的发展史（0.5 学时）

第二节：透射电镜的结构简介（0.5 学时）

第三节：电子显微镜在前沿研究中的应用（1 学时）

第二章 电子与物质的相互作用（4 学时）

学习目标：通过本章的教学，使学生能够描述电子与物质发生相互作用产生各种信号（透射电子、非弹性透射电子、X 射线、荧光、二次电子、背散射电子、俄歇电子和电子空穴对）的原理及物理过程；认识原子对电子的散射机制及规律；晶体对电子的散射作用；阐述各种信号在电子显微镜中的应用。

教学重点：电子与物质相互作用的各种物理过程及信号；原子对电子的散射原理及规律；各种信号在电子显微学分析中的应用。

教学难点：原子对电子的散射原理及规律

教学方法：讲授、多媒体演示、课堂提问与讨论、课后阅读材料

第一节 电子与物质相互作用的产生的信号（1 学时）

第二节 原子和晶体对电子的散射作用（2 学时）

第三节 电子与物质相互作用产生的信号在电子显微分析中的应用（1 学时）

第三章 透射电镜的结构及工作原理（6 学时）

学习目标：通过本章的教学，使学生认识透射电镜的基本结构（照明系统（电子枪、聚光电磁透镜和聚光镜光阑、物镜）、样品台、成像系统（物镜、衍射镜、中间镜和投影镜）、探测系统（成像相机、能谱探头等）、真空系统等）；掌握电镜各部分结构的工作原理；重点掌握电镜的成像原理及光学过程。

教学重点：电子的波粒二象性；透射电镜的结构及工作原理；透射电镜的成像原理及光学过程。

教学难点：透射电镜的结构及工作原理；透射电镜的成像原理及光学过程。

教学方法：讲授、多媒体演示、课堂提问与讨论、课后阅读材料

第一节 电子的波粒二象性及电子在电、磁场中的运动学（0.5 学时）

第二节 透射电镜的结构及真空系统（1 学时）

第三节 电子枪的结构及工作原理（1 学时）

第四节 电磁透镜的工作原理（1 学时）

第五节 电子成像记录系统（1 学时）

第六节 透射电镜成像的工作原理（1.5 学时）

第四章 透射电镜样品制备（4 学时）

学习目标：通过本章的学习，使学生认识透射电镜制样的重要性；掌握不同材料（纳米颗粒粉末、微米毫米颗粒粉末、一维纳米/微米线、二维薄膜和三维块体；金属材料、半导体材料、生物材料等）的透射电镜制样方法；掌握不同制样方法（溶液滴定法、离子减薄、超薄切片、投入式冷冻、高压冷冻、双束电镜 TEM 制样等）的原理及流程；能根据实际样品，设计其透射电镜的制样方法及流程。

教学重点：透射电镜的各种制样方法的原理及制样流程；不同材料可选择的制样方案；不同制样手段的注意事项及技巧。

教学难点：透射电镜的各种制样方法的原理及制样流程

教学方法：讲授、多媒体演示、课堂提问与讨论

第一节 离子减薄原理及流程（1 学时）

第二节 超薄切片原理及流程（1 学时）

第三节 双束电镜透射样品制样（1.5 学时）

第四节 冷冻制样（0.5 学时）

第五章 电子衍射（10 学时）

学习目标：通过本章的学习，使学生能够从晶体学衍射的几何条件和物理条件认识透射电镜的衍射原理；掌握透射电镜中各种衍射模式的实现条件及衍射花样分析；能阐述电子衍射的运动学原理和动力学原理，埃瓦尔球与衍射点阵的相切物理图像，晶体结构与衍射点阵的位置及强度关系；通过实例分析，掌握单晶和多晶衍射花样的标定；掌握通过电子衍射相关的暗场技术，分析样品中的晶体取向及缺陷结构；掌握菊池线的形成原理及分析应用。

教学重点：电子衍射的晶体学原理、透射的衍射的几何及物理条件；电子衍射花样的标定；运用运动学和动力原理分析衍射花样点阵位置及强度的形成机制；明场和暗场分析材料缺陷结构；菊池线的形成及晶体学应用。

教学难点：电子衍射花样的标定；电子衍射的运动学和动力学原理；应用明场和暗场进行晶体结构缺陷分析。

教学方法：讲授、多媒体演示、课堂提问与讨论，实例分析演示及实际操作，课后自学衍射花样自动分析软件。

第一节 电子衍射的几何条件和物理条件（1 学时）

第二节 透射电镜衍射形成的光学原理（1 学时）

第三节 选区、会聚束和纳米束衍射的光学条件（1 学时）

第四节 非晶、单晶和多晶衍射的标定及分析技术（2 学时）

第五节 电子衍射的运动学和动力学原理（2 学时）

第六节 电子衍射明场和暗场分析样品的晶体结构缺陷（2 学时）

第七节 菊池线的形成原理及应用（1 学时）

第六章 高分辨技术及应用（8 学时）

学习目标：通过本章的教学，使学生能够认识与透射单晶高分辨理论的基础傅里叶变换与卷积理论；理解与掌握高分辨的形成过程及原理：电子通道理论、透射函数和相位衬度函数；理解相位衬度函数各项参数对 TEM 高分辨像衬度的影响及分辨率定义；熟悉扫描透射高分辨的衬度原理及分辨率；掌握高分辨图像的标定模拟及定量分析；能够高分辨图像分析材料的晶体结构、原子/缺陷展位、应力分析、界面/

表面结构等微观特性。

教学重点：透射高分辨的形成及原理；相位衬度函数理论；高分辨图像标定、模拟及定量分析；高分辨的应用

教学难点：相位衬度函数理论；高分辨图像标定、模拟及定量分析

教学方法：讲授、多媒体演示、课堂提问与讨论、实例演示分析、课后作业自学自动标定高分辨图像软件

第一节 傅里叶变换与卷积理论（1 学时）

第二节 高分辨的形成过程及原理（2 学时）

第三节 相位衬度函数（2 学时）

第四节 高分辨图像的标定模拟及定量分析（2 学时）

第五节 高分辨图技术在材料分析中额应用（1 学时）

第七章 电子显微镜元素分析（2 学时）

学习目标：通过本章的教学，使学生理解 X 射线产生的机制及原理，能量损失电子的产生及携带的材料性质相关的信息（样品厚度、能带结构、声子振动、温度、元素成分及比例、元素价态和原子配位等）；描述 X 射线能谱仪（EDX）的工作原理及过程，电子能量损失谱仪（EELS）的工作原理及过程；应用 EDX 技术和 EELS 技术对材料进行化学成分分析、电子态分析和厚度分析等。

教学重点：X 射线的产生；能量损失电子携带的材料信息；能谱仪的工作原理 EDX 和 EELS；利用 EDX 和 EELS 对材料进行元素点、线和面分析；EELS 能量损失谱在元素价态分析中的应用。

教学难点：能量损失电子携带的材料信息；能谱仪的工

作原理 EDX 和 EELS。

教学方法：讲授、多媒体演示、课堂提问与讨论、课后阅读材料

第一节 X 射线的产生及能量损失电子（0.5 学时）

第二节 能谱仪工作原理（1 学时）

第三节 EDX 和 EELS 的应用分析实例（0.5 学时）

制定人：彭勇、张军伟、邓霞

审定人：张军伟

批准人：贺德衍

日 期：2024.10.10