《表面科学与二维材料》教学大纲

英文名:Surface Science and 2D Materials

一、课程说明

课程编号：060132Z10

总学时数：24.0 （其中讲课学时：24学时）

学分：1.5 （先修课程:）

本大纲适用专业（已默认取出培养方案中开设的专业） 材料科学与工程

教材：

教材名称	ISBN 编号
薄膜与涂层现代表面技术	978-7-81105-731-7
薄膜材料制备原理、技术及应用	7-5024-2151-3
二维原子晶体材料和器件	978-7-03-061355-4

教辅（如有）：

课程负责人： 魏秋平、邓泽军

二、课程简介

表面科学与二维材料是当前材料科学的前沿研究领域。我国在功能薄膜与二维材料上的研究水平和研发能力，正逐步进入了国际主流方向，国家已将功能薄膜与二维材料产业链的各个环节，从基础研究、应用研究、中式和产业化项目集成于二维薄膜材料科技专项之中，薄膜产业正成为我国新的经济增长点。因此，在以大材料专业设置相关课程系统介绍二维材料有关的基础理论、原理和制备技术是十分必要的。本课程是材料科学与工程专业的一门专业基础课。旨在通过本课程的教学，使学生熟悉通晓固体二维材料的定义、分类、应用领域、制备原理以及常用技术，以及各种功能二维材料研究、开发、生产的全部领域。扩展学生的专业知识。

三、课程目标

序号	课程目标	毕业要求指标点
1	课程目标 1，掌握固体薄膜生长所涉及的各种基础理论，如：表面物理、	毕业要求 3.1：知识迁移与创新设计能力。能够集成材料科学与工程中的设计、制

	表面晶体学、表面热力学等。其中主要包括：表面的物理本质、理想（清洁、实际）表面、表面重构，以及表面自由能、晶体生长维象理论等。能够运用理论知识理解表面固体薄膜生长的现象，解释固体薄膜生长机理。	备、测试与应用多方面知识应用于工程实际进行新材料、新工艺、新技术的创新设计。 毕业要求 5.1：系统地掌握材料科学与工程基础理论，掌握相关技术基础理论和现代分析方法在材料制备技术中的应用知识与应用技巧；系统地掌握材料工程领域主要制备技术，深入了解新材料与材料加工新技术的发展方向；
2	课程目标 2，掌握二维材料的概念、范畴及发展历史，掌握二维材料的结构、性质与分类，理解二维材料特殊性能及其来源相关理论，了解二维材料在诸多领域的发展前景，掌握二维材料在某一领域的研究内容与研究方法。了解两种代表性二维材料：石墨烯与二维过渡金属硫属化合物，知晓其晶体结构与能带结构、基本物理性质、制备方法、应用领域等。	毕业要求 3.1：知识迁移与创新设计能力。能够集成材料科学与工程中的设计、制备、测试与应用多方面知识应用于工程实际进行新材料、新工艺、新技术的创新设计。 毕业要求 5.1：系统地掌握材料科学与工程基础理论，掌握相关技术基础理论和现代分析方法在材料制备技术中的应用知识与应用技巧；系统地掌握材料工程领域主要制备技术，深入了解新材料与材料加工新技术的发展方向；
3	课程目标 3，掌握几种代表性二维材料制备技术，包括机械剥离法、湿化学法、气相沉积法等。内容包含：（1）机械剥离法制备二维材料的原理；湿化学法沉积二维薄膜材料的原理和常用技术；（2）气相沉积固体薄膜的原理和常用技术，主要包括化学气相沉积技术原理与代表技术、物理气相沉积技术原理与代表技术、气相条件下二维材料生长和组织结构特点；熟悉各种功能薄膜的结构、性能特点和相应的应用领域；（3）掌握常用二维材料的成分、组织结构、微观形貌等测试分析技术。	毕业要求 10.2：具备一定的国际视野，理解不同文化差异，了解材料工程领域的发展现状和趋势，并能提出建设性见解。

4	课程目标 4, 能熟练阅读功能表面科学与二维材料的英文学术文献。	毕业要求 5.3：了解互联网检索、文献检索等本专业相关资源收集分析手段的优势和不足，能针对具体的材料生产复杂工程问题选择合适的手段收集资源，了解现代工程工具在本专业的应用，并综合分析做出合理的预测。 毕业要求 10.2：具备一定的国际视野，理解不同文化差异，了解材料工程领域的发展现状和趋势，并能提出建设性见解。

注：课程目标要求明确认知层次，体现进阶、强化高阶，体现分类目标，如知识、能力、素养，目标需要可测量。

四、教学内容与安排

序号	教学内容	总学时	讲课(含研讨)	实践	教学重点	教学难点	教学方案设计(含教学方法、教学手段、思政元素等)	支撑的课程目标
1	绪论	2	2	0	表面科学与工程的基本概念及应用领域	无	课堂教学，PPT 电子课件	3
2	表面物理基础	4	4	0	无	无	课堂教学，PPT 电子课件	1 2
2.1	固体表面的物理本质，理想表面（二维点群，二维空间群），清洁表面，实际表面	1	1	0	二维点群，二维空间群，二维 Bravais 点阵	固体表面形成过程中的物质和能量的转换	课堂教学，PPT 电子课件	1 2
2.2	表面重构，表面驰豫，实际表面的 TLK 模型	1	1	0	表面重构	无	课堂教学，PPT 电子课件	1 2
2.3	表面的能量状态的描述；表面自由能与方	1	1	0	表面自由能	表面能态的理解及其表达的	课堂教学，PPT	1 2

	向性					复杂性	电子课件	
2.4	表面自由能的计算方法	0.5	0.5	0	立方系晶体的表面自由能的各向异性	晶体表面自由能的各向异性	课堂教学，PPT电子课件	1 2
2.5	弯曲表面与零维纳米材料	0.5	0.5	0	尺度与性质关系的热力学表达形式	Clapeyron 关系式的应用	课堂教学，PPT电子课件	1 2
3	二维材料概论	4	4	0	无	无	课堂教学，PPT电子课件	1 2 3 4
3.1	二维材料概念、范畴、主要类别及特殊性能	1	1	0	二维材料的结构、性质及分类	无	课堂教学，PPT电子课件	1 2 3 4
3.2	二维材料发展历史	0.5	0.5	0	二维材料类型及制备方法发展历史	无	课堂教学，PPT电子课件	1 2 3 4
3.3	二维材料在诸多领域的发展前景	0.5	0.5	0	二维材料在柔性电子器件、自旋电子器件等领域应用	无	课堂教学，PPT电子课件	1 2 3 4
3.4	【举例】石墨烯	1	1	0	石墨烯的结构、石墨烯的基本物理性质（光、电、磁、热、力等）	石墨烯的能带结构，石墨烯的带隙调控方法	课堂教学，PPT电子课件	1 2 3 4
5.3	等离子增强化学气相沉积（PECVD）	1	1	0	各种 PECVD 技术应用	CVD 与 PVD 耦合原理	课堂教学，PPT电子课件	1 2
5.4	【举例】CVD 金刚石	3	1	2	无	无	实验室现场教学，PPT 电子课件	1 2
6	表面分析技术概论	4	4	0	无	无	课堂教学，PPT电子课件	1 2
6.1	表面分析技术简介 1）俄歇电子能谱(AES)；2）低能电子衍射(LEED)	2	2	0	俄歇电子能谱(AES)、低能电子衍射(LEED)的原理、技术及应用	二维倒易点阵	课堂教学，PPT电子课件	1 2
6.2	3）扫描探针显微技术：量子隧道原理，	2	2	0	扫描隧道电镜(STM)、原子力	量子隧通原理	课堂教学，PPT	1 2

	STM 的原理、设备及应用，AFM 的原理、设备及应用。				显微镜(AFM)的原理、技术及应用		电子课件	
3.5	【举例】二维过渡金属硫属化合物，以二硫化钼为例	1	1	0	二硫化钼的晶体结构、基本物理性质（电、光、力、热等	二维过渡金属硫属化合物的晶体结构特征及能带结构特性	课堂教学，PPT 电子课件	1 2 3 4
4	物理气相沉积技术	6	6	0	无	无	课堂教学，PPT 电子课件	1 2
4.1	真空技术基础：真空原理，真空设备	1	1	0	压强单位的统一性；真空设备组成；真空泵	气体分子运动速率；气体分子入射速率	课堂教学，PPT 电子课件	1 2
4.2	物理气相沉积(PVD)1：真空蒸镀	1	1	0	固体物质蒸发原理	蒸发镀膜的膜厚均匀性	课堂教学，PPT 电子课件	1 2
4.3	物理气相沉积(PVD)2：.溅射沉积原理	2	2	0	各种溅射镀膜技术及应用	低温等离子体放电现象	课堂教学，PPT 电子课件	1 2
4.4	物理气相沉积(PVD)3：磁控溅射；溅射沉积技术：直流溅射、射频溅射、中频溅射；反应溅射	2	2	0	各种溅射镀膜技术及应用	Lorentz 现象在 PVD 中的应用	课堂教学，PPT 电子课件	1 2
5	化学气相沉积技术	6	4	2	无	无	课堂教学，PPT 电子课件	1 2
5.1	化学气相沉积(CVD) CVD 的种类；CVD 中的化学反应	1	1	0	各种化学气相沉积技术及应用	歧化反应在 CVD 中应用	课堂教学，PPT 电子课件	1 2
5.2	CVD 热力学；气体传输	1	1	0	热力学理论在 CVD 中的指导作用	热力学理论在 CVD 中的指导作用	课堂教学，PPT 电子课件	1 2

五、实践教学内容和基本要求

实践教学内容：

1）现场教学。在课程学习期间组织学生在材料科学性与工程学院“功能薄膜与表面技术研究室”进行现场教学，使学生熟悉二维薄膜材料生产工艺，增强学生对材料工业生产现状和水平的认识；

2）实验研究。随着课程的深入，根据学生的兴趣，组织少量学生加入教师的课题组参加“创新实验研究”活动（与学校的各类创新活动相结合），培养学生动手能力和科学研究的能力。

实践教学基本要求：

1）了解各种气相沉积设备的技术共性和特点，熟悉薄膜制备真空设备的整体结构、操作程序；

2）薄膜生长的基本工艺。

六、考核方式及成绩评定

考核方式	成绩比例（%）	考核/评价细则
考核方式 1	30	测验、论文
考核方式 2	10	口试、测验
考核方式 3	60	笔试

课程目标与课程考核环节关系：

序号	课程目标	考核方式				权重系数
		考核方式 1	考核方式 2	考核方式 3	……	
1	课程目标 1	20%	20%	10%		15
2	课程目标 2	20%	20%	20%		25
3	课程目标 3	35%	45%	35%		30
4	课程目标 4	25%	15%	25%		25
总计		100%	100%	100%		100

考核评价标准：

课程目标	考核评价标准				
	0≤X＜60	60≤X＜70	70≤X＜80	80≤X＜90	90≤X≤100
课程目标 1	未能很好地掌握固体薄	基本能很好地掌握固体薄	能掌握固体薄膜生长所涉及的	能较好地掌握固体薄膜生长所	能很好地掌握固体薄膜生长所

	膜生长所涉及的各种基础理论	膜生长所涉及的各种基础理论	各种基础理论	涉及的各种基础理论	涉及的各种基础理论
课程目标 2	未能掌握二维材料所涉及的各种基础理论	基本能掌握二维材料所涉及的各种基础理论	能掌握固二维材料所涉及的各种基础理论	能较好地掌握二维材料所涉及的各种基础理论	能很好地掌握二维材料的所涉及的各种基础理论
课程目标 3	未能掌握几种代表性二维材料制备技术	基本能掌握几种代表性二维材料制备技术	能掌握几种代表性二维材料制备技术	能较好地掌握几种代表性二维材料制备技术	能很好地掌握几种代表性二维材料制备技术
课程目标 3	阅读功能表面科学与二维材料的英文学术文献困难	基本能阅读功能表面科学与二维材料的英文学术文献	能熟练阅读功能表面科学与二维材料的英文学术文献	能较好地阅读功能表面科学与二维材料的英文学术文献	能很好地阅读功能表面科学与二维材料的英文学术文献

大纲主撰人：　　魏秋平、邓泽军　　大纲审核人：蔡格梅