

**上海大学**

**光刻力学微专业**

**人才培养方案**

**(2026 级)**

## 一、培养目标

培养学生理解光刻技术的基本原理和 workflow，掌握光刻力学相关的理论知识和概念，能够分析和解决光刻过程中的力学问题；理解光刻机的性能指标和参数，能够对设备进行性能评估和优化；培养独立思考和解决问题的能力，能够应对光刻机中的挑战和技术发展。培养学生具备光刻力学扎实的理论基础和实践能力，能够从事光刻技术的研究、开发和应用工作。

## 二、培养要求

1. 能够掌握光刻力学相关理论基础，了解光刻机中的流体、材料、振动等力学问题及其机理，并能够将这些知识应用于光刻机研制相关的工程实践，解决光刻制造过程中出现的核心力学问题。

2. 能够掌握光刻机性能评估与优化方法，了解光刻设备的关键参数与力学性能指标，并能够运用多物理场模拟与实验技术对光刻机系统进行性能分析与优化改进。

3. 能够将力学专业知识与光刻技术进行深度融合，掌握光刻多场多尺度耦合、微纳米力学测量等交叉领域的知识和实践能力，并应用这些知识解决光刻机研制中的复杂工程问题。

4. 能够基于光刻力学相关背景知识，合理分析与评价光刻机研发中的工程实践和技术方案对社会、健康、安全及行业发展的影响，理解高水平科技自立自强背景下工程人员应承担的责任。

## 三、修读年限、学分、证书或证明

1. 修读年限：2 年，且不超出主修专业修读年限
2. 学分：14

### 3. 证书或证明

修满规定学分、达到要求的，颁发修读证书；未达授证标准的，颁发修读证明。

### 四、课程设置：

课程编号	课程名称	学分	理论学分	实践学分	总学时	理论学时	实验学时	上机学时	其他实践学时	排课学时	学年学期	备注
BBK02W1001	集成电路物理与器件基础	3	3		48	48				48	一(秋 1-16)	必修
BBK02W1003	集成电路制造技术	2	2		32	32				32	一(秋 9-16)	必修
BBK02W1005	集成电路产业与技术导论	1	1		16	16				16	一(春 1-8)	必修
BBK03W9001	光刻材料力学	2	2		32	32				32	一(春 1-8)	必修
BBK02W1006	集成电路综合实验与实践	1		1	32			32		32	一(春 9-16)	必修
BBK02W1007	集成电路知识产权与商业创新	2	2		32	32				32	一(春 9-16)	必修
BBK03W9002	光刻流体力学	2	2		32	32				32	二(秋 1-16)	必修
BBK03W9003	光刻振动力学	2	2		32	32				32	二(秋 1-16)	必修

### 五、先修课程及相关要求

修习要求：理工科背景。

先修课程：高等数学（微积分）、大学物理、理论力学、流体力学、材料力学、计算机类

## 六、课程简介

### 1. 集成电路物理与器件基础(Fundamentals of Integrated Circuits Physics and Device) (3 学分)

课程编号: BBK02W1001

任课教师: 王震宇、巴坤

课程目标:

掌握半导体中的电子状态,杂质和缺陷能级,半导体中的载流子的统计分布及运动规律,掌握半导体器件物理方面的基本原理,器件理论,设计方法,以及分析问题和解决问题的方法。

课程内容:

半导体中的电子状态,杂质和缺陷能级,半导体中的载流子的统计分布及运动规律,PN结,异质结,金属与半导体接触的基本理论,集成电路基本元器件的基本结构、基本工作原理及其基本性质和参数分析。基于所学的集成电路基本元器件的基本结构、基本工作原理,能够对微电子器件、集成电路领域的相关基本问题进行认识和分析,并为学习后续课程准备必要的专业基础知识。

教材与主要参考书:

《半导体物理学》 刘恩科 等,电子工业出版社,2017

《半导体器件物理》 刘树林 等,电子工业出版社,2005

先修课程: 固体物理学

建议选课对象: 集成电路领域微专业本科生

### 2. 集成电路制造技术(Integrated Circuits Manufacturing Technology) (2 学分)

课程编号: BBK02W1003

任课教师: 李俊、姜琳、李恩龙、杨军、李意

课程目标:

通过本课程学习了解和掌握微电子器件和集成电路的制造工艺及原理。

课程内容:

了解半导体行业和行业的发展趋势、掌握微电子工艺技术的概念、掌握常见半导体材料及其性质、理解和掌握集成电路制造所需的各种基本单项工艺,包含晶圆制备、污染控制、气体控制、氧化、掺杂、光刻、刻蚀、淀积、金属化、化学机械平坦化等技术;掌握半导体制造后道工艺,包含硅片测试、封装和装配技术。掌握简单器件结构、掌握如何将单项工艺集成为常见的CMOS集成电路工艺。

教材与主要参考书:

《集成电路制造技术——原理与工艺》 王蔚 等,电子工业出版社

先修课程: 集成电路物理与器件基础

建议选课对象: 集成电路领域微专业本科生

### 3. 集成电路产业与技术导论(Introduction to Integrated Circuits Industry and Technology) (1 学分)

课程编号: BBK02W1005

任课教师: 企业导师、李意

课程目标:

通过课程了解集成电路产业发展前沿动态。

课程内容:

本课程主要由企业导师讲授,内容紧跟集成电路发展前沿,主要介绍集成电路产业发展现状与最新动态、集成电路产业布局、集成电路产业关键技术与产品介绍等。

先修课程：无

建议选课对象：集成电路领域微专业本科生

#### 4. 光刻材料力学(Mechanics of Photolithographic Materials) (2 学分)

课程编号：BBK03W9001

任课教师：张田忠、江进武、郭战胜

课程目标：

掌握光刻过程中的材料性能、加工过程及失效机制等知识，为进一步的科研工作和产业实践奠定坚实基础。培养学生在光刻材料力学方面的基础能力，包括材料的力学性质分析、应力与变形的模拟计算、微结构设计与优化等能力，使其具备解决实际光刻工艺问题的能力，能够独立进行相关研究与工程应用。

课程内容：

本课程系统介绍光刻机中涉及的多层膜、光刻胶、抗反射涂层等关键材料的力学特性。重点讲授光刻材料在热、力、化学等多场耦合环境下的弹性、塑性、断裂及疲劳等力学行为及其表征方法。通过本课程学习，学生将掌握光刻材料力学性能分析与优化方法，具备解决光刻工艺中材料相关工程问题的能力，为光刻材料研发与选用提供力学依据。

教材与主要参考书：

《半导体先进光刻理论与技术》，化学工业出版社出版（2023 年）安德里亚斯·爱德曼著，李思坤译

先修课程：理论力学、材料力学

建议选课对象：光刻力学微专业本科生

#### 5. 集成电路综合实验与实践(Lab Training and Practice on Integrated Circuits) (1 学分)

课程编号：BBK02W1006

任课教师：徐萌、徐铁英、凌晓

课程目标：

通过理论上机实验，掌握集成电路器件与工艺仿真的基本原理和方法，了解集成电路设计的主要软件。加深学生对理论课程的理解，培养对各门课程知识的综合应用能力。

课程内容：

介绍集成电路器件与工艺仿真基本原理和方法。通过示例讲述并实践工艺模型的建立、语法格式和参数设定。实验方面使用仿真软件对微电子器件进行模拟；介绍基础电路的仿真和基础 EDA 软件的使用；介绍并应用 Cadence 的基本功能等。

先修课程：集成电路物理与器件基础

建议选课对象：集成电路领域微专业本科生

#### 6. 集成电路知识产权与商业创新(Integrated Circuits Intellectual Property and Business Innovation) (2 学分)

课程编号：BBK02W1007

任课教师：霍伟伟、帅萍、忻莹、徐聪、薛原

课程目标：

本课程旨在帮助学生系统掌握集成电路基础知识与知识产权核心法规的交叉应用，同时帮助微电子方向的学生学习商科的基本知识，更好地理解科技创新的综合价值，提升跨学科沟通写作的能力，培育未来的科创精英的全局视野。

课程内容：

集成电路知识产权保护的基本理论、专利、著作权、商标、商业秘密、布图设计等在集成电路产业中的具体应用和保护策略等。依托微电子学院技术优势，将待产业化科技成果纳入创业教育实验室；以商科教授授课、行业专家与创投导师指导，采用项目制开展科技创新

创业教育。

先修课程：无

建议选课对象：集成电路领域微专业本科生

## 7. 光刻流体力学(Lithography Fluid Dynamics) (2 学分)

课程编号：BBK03W9002

任课教师：周全、王伯福、庄启亮

课程目标：

掌握芯片光刻制造中的力学基础知识和典型力学问题。掌握薄膜应力、表面张力、旋涂、液滴撞击，以及前沿的浸没式光刻和极紫外(EUV)光源的流体力学。引导学生培养在科学研究中发现问题、分析问题和解决问题的能力；培养学生学术汇报、学术交流及文献综述报告撰写能力。

课程内容：

本课程重点讲授光刻机光源腔及内部流道中的复杂流动现象与模拟方法。内容包括高温等离子体生成、缓冲气体输运、污染物颗粒运动等多物理场耦合流动的理论模型、数值仿真技术与实验手段。通过本课程学习，学生将掌握光刻机流场分析、性能优化及流体相关问题的诊断与解决能力，为高端光刻装备的研发提供关键流体力学支撑。

教材与主要参考书：

《衍射极限附近的光刻工艺》，清华大学出版社，伍强等编

《An Introduction to Fluid Dynamics》(G.K. Batchelor) Cambridge University Press, 2000

先修课程：理论力学、流体力学

建议选课对象：光刻力学微专业本科生

## 8. 光刻振动力学(Lithography Vibration Dynamics) (2 学分)

课程编号：BBK03W9003

任课教师：陈立群、丁虎、陆泽琦

课程目标：

掌握光刻振动力学的基本概念与基本规律，夯实专业基础的同时，培养学生的逻辑思维和创新思维的能力，提高科学素养。掌握应用基本规律解决问题的基本方法，初步具备解决光刻振动控制实际工程的能力。

课程内容：

本课程系统讲授光刻机双工件台系统及其精密结构的振动理论与控制技术。重点分析振动源特性、振动传递路径及对光刻精度的影响机制，涵盖减振设计、主动振动抑制和高精度运动控制等关键技术。通过本课程学习，学生将掌握光刻机振动分析与控制的核心方法，具备解决超精密装备振动力学问题的能力，为高端光刻机的动态性能优化提供理论支撑与实践基础。

教材与主要参考书：

《振动力学》，刘延柱等编著，高等教育出版社，2019

《非线性振动》，刘延柱、陈立群编著，高等教育出版社，2024

先修课程：理论力学

建议选课对象：光刻力学微专业本科生