# 《大规模集成电路制造工艺》课程教学大纲

|  |  |
| --- | --- |
| 课程名称：大规模集成电路制造工艺 | 课程代码：MICR2026 |
| 英文名称：VLSI Technology | |
| 课程性质：专业必修课 | 学分/学时：3/63 |
| 开课学期：6 |  |
| 适用专业：微电子科学与工程、电子科学与技术 | |
| 先修课程：半导体物理与固体物理基础、半导体器件物理 | |
| 后续课程：工艺模拟与器件模拟 | |
| 开课单位：电子信息学院 | 课程负责人：王明湘 |
| 大纲执笔人：王明湘 | 大纲审核人：张冬利 |

## 课程性质和课程目标

**课程性质：《**大规模集成电路制造工艺**》**是微电子科学与工程和电子科学与技术专业的一门专业必修课，同时也是两个专业的必修主干课程。是器件模拟与工艺模拟等课程的前导课程。本课程旨在让学生初步掌握大规模集成电路制造中各项基本工艺技术的原理，以及大规模CMOS和BJT集成电路芯片的制造流程。

**课程目标**：本课程讲授集成电路制造涉及的各项基本工艺技术的基本原理，并基于CMOS和BJT电路讲授工艺集成的方法和具体流程。

本课程的具体课程目标如下：

1. 掌握集成电路制造涉及的各项基本工艺技术的基本原理；
2. 掌握典型CMOS和BJT集成电路的基本流程和工艺集成；
3. 能利用工艺仿真软件，基于合理的工艺流程，完成MOSFET和BJT器件的仿真；
4. 能利用工艺仿真软件，观察工艺参数对于器件特性的影响，并对工艺参数进行优化；
5. 正确认识集成电路制造行业重要意义、发展规律和未来发展趋势。

## 课程目标与毕业要求的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 毕业要求 | 指标点 | 课程目标 |
| 1．工程知识 | 1.3掌握电子科学与技术相关工程基础知识，能用于分析工程问题中的器件、电路、电磁场及信号问题。 | 课程目标1，5 |
| 2．问题分析 | 2.3能运用基本原理分析复杂工程问题，以获得有效结论。 | 课程目标2 |
| 3. 设计/开发解决方案 | 3.3能综合利用专业知识，对设计方案进行优选和优化，体现创新意识。 | 课程目标4 |
| 5. 使用现代工具： | 5.2能针对复杂工程问题，选择并合理使用软硬件设计与仿真平台，并理解其局限性。 | 课程目标3 |

## 课程教学内容及学时分配（重点内容：★；难点内容：Δ）

1. **课程介绍和微纳制造技术导论（4学时）（支撑课程目标5）**
   1. 本课程的教学内容、结构和考核等
   2. 微纳制造产业的重要性 ★
   3. 集成电路制造的历史起源
   4. 集成电路制造产业的特点 ★
   5. 集成电路制造产业的发展规律和未来趋势 ★
2. **洁净室（3课时）（支撑课程目标1）**

2.1 洁净等级

2.2 洁净室及其实现 ★

2.3 洁净室的要求

1. **集成电路制造的基本流程（3课时）（支撑课程目标1）**

3.1 从沙子到晶圆

3.2 图形转移的实例 ★

3.3 晶圆制造流程介绍 ★

3.4 集成电路制造产业链

1. **氧化（5课时）（支撑课程目标1）**

4.1 二氧化硅在集成电路中的作用

4.2 氧化的方法和原理★

4.3 反应-扩散模型 ★ Δ

4.4 氧化膜的评价以及氧化层的缺陷 ★

1. **光刻（5课时）（支撑课程目标1）**

5.1 光刻和刻蚀实现图形转移的步骤

5.2 光刻的类型和比较

5.3 光刻的原理 ★

5.4 分辨率增强的方法和未来的光刻方法★Δ

5.5 其他实现图形转移的方法

1. **刻蚀（5课时）（支撑课程目标1）**

6.1 刻蚀图形的评价

6.2 刻蚀的基本过程

6.3 湿法腐蚀及其问题

6.4 等离子体和干法刻蚀 ★

6.5 干法刻蚀的分类和反应离子刻蚀 ★

1. **掺杂（5课时）（支撑课程目标1）**

7.1 掺杂原子的分类及其杂质原子的运动

7.2 扩散的原理，菲克第一和第二定律★

7.3 扩散的方法：预淀积和推进扩散

7.4 离子注入的原理和方法 ★

7.5 快速热退火

7.6 掺杂曲线和结深

1. **化学气相淀积（5课时）（支撑课程目标1）**

8.1 CVD的分类和应用★

8.2 APCVD

8.3 LPCVD的原理和优势★

8.4 几种典型介质膜的淀积

8.5 PECVD及其应用

8.6 ALD及其应用

8.7 MOCVD和MBE

1. **物理气相淀积和金属化（5课时）（支撑课程目标1）**

9.1 PVD的分类和应用

9.2 台阶覆盖 ★

9.3 蒸发的原理和方法

9.4 溅射的原理和方法★

9.5 多层金属化

9.6 CMP和平坦化

9.7 铝金属化和铜金属化★

1. **隔离（5课时）（支撑课程目标2）**

10.1 隔离的要求和评价

10.2 隔离方法的演变

10.3 LOCOS，STI和SOI★

10.4 实现SOI的方法★

1. **工艺集成（6课时）（支撑课程目标2）**

11.1 基本的CMOS电路工艺集成★

11.2 BJT电路工艺集成

11.3 现代小尺寸MOSFET的结构以及短沟道效应的抑制★Δ

11.4 新型纳米级MOS器件

1. **工艺仿真介绍和实验案例讲解（3课时）**

12.1 工艺仿真软件简介**（支撑课程目标3）**

12.2 仿真案例1：氧化和扩散**（支撑课程目标3）**

12.3 仿真案例2：LOCOS **（支撑课程目标4）**

12.4 仿真案例3：MOSFET ★**（支撑课程目标4）**

**实验 ★ （支持课程目标4）**

课时：3周，共9课时

1）工艺仿真软件SILVACO运行**（支撑课程目标3）**

2）扩散工艺参数和埋层集电极BJT的案例仿真**（支撑课程目标3）**

3）长沟道和短沟道MOSFET的仿真研究，工艺参数对器件短沟道效应的影响 ★

**（支撑课程目标4）**

## 教学方法

1. 全英文教学或双语教学方式；
2. 教师以多媒体课件讲授为主线，学生复习课件内容，并自学教学参考书相关内容；
3. 安排3次工艺仿真实验，辅以工程实例的讲解，学生完成上机实验和实验报告。

## 考核及成绩评定方式

1、**考核及成绩评定方式**

**考核方式**：平时过程化考核5次，期末实验部分考核

**成绩评定方式**：过程化考核成绩70%，实验部分30%

课程目标达成情况及考试成绩评定占比（%）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 课程目标 | 支撑毕业要求指标点 | 考试和评价方式成绩占比（%） | | | | 成绩比例（%） | |
| 过程化I | 过程化II | 上机实验 |  | |
| 课程目标1 | 指标点1.3 | 40 | 0 | 0 | 40 | |
| 课程目标2 | 指标点2.3 | 0 | 20 | 0 | 20 | |
| 课程目标3 | 指标点5.2 | 0 | 0 | 20 | 20 | |
| 课程目标4 | 指标点3.3 | 0 | 0 | 10 | 10 | |
| 课程目标5 | 指标点1.3 | 10 | 0 | 0 | 10 | |
| 合计 | | 50 | 20 | 30 | 100 | |

**2、考核与评价标准**

**过程化考核评价标准**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 基本要求 | 达成情况评价标准 | | | | 成绩比例（%） |
| 优秀≥0.9 | 良好≥0.7 | 合格≥0.6 | 不合格<0.6 |
| 课程目标1 | 集成电路制造涉及的各项基本工艺技术的基本原理 | 概念清晰，准确描述集成电路制造涉及的各项基本工艺技术的基本原理 | 概念较清晰，基本能描述集成电路制造涉及的各项基本工艺技术的基本原理 | 掌握基本概念，知道集成电路制造涉及的各项基本工艺技术的基本原理 | 概念不清楚，不了解集成电路制造涉及的各项基本工艺技术的基本原理 | 40 |
| 课程目标2 | 掌握典型CMOS和BJT集成电路的基本流程和工艺集成 | 准确掌握典型CMOS和BJT集成电路的基本流程和工艺集成的关键 | 基本掌握典型CMOS和BJT集成电路的基本流程和工艺集成的关键 | 知道典型CMOS和BJT集成电路的基本流程和工艺集成的关键 | 不了解典型CMOS和BJT集成电路的基本流程和工艺集成的关键 | 20 |
| 课程目标5 | 集成电路制造行业重要意义、发展规律和未来发展趋势 | 概念清晰，准确描述集成电路制造行业重要意义、发展规律和未来发展趋势 | 概念较清晰，基本能描述集成电路制造行业重要意义、发展规律和未来发展趋势 | 掌握基本概念，知道集成电路制造行业重要意义、发展规律和未来发展趋势 | 概念不清楚，不了解集成电路制造行业重要意义、发展规律和未来发展趋势 | 10 |

**实验部分评价标准**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 基本要求 | 达成情况评价标准 | | | | 成绩比例（%） |
| 优秀≥0.9 | 良好≥0.7 | 合格≥0.6 | 不合格<0.6 |
| 课程目标3 | 能利用工艺仿真软件，基于合理的工艺流程，完成MOSFET和BJT器件的仿真 | 能够利用工艺仿真软件，基于合理的工艺流程，完成MOSFET和BJT器件的仿真 | 基本能够利用工艺仿真软件，基于合理的工艺流程，完成MOSFET和BJT器件的仿真，有少许错误 | 大体能够利用工艺仿真软件，基于合理的工艺流程，完成MOSFET和BJT器件的仿真，但有很多错误 | 不能够利用工艺仿真软件，基于合理的工艺流程，完成MOSFET和BJT器件的仿真 | 20 |
| 课程目标4 | 能利用工艺仿真软件，观察工艺参数对于器件特性的影响，并对工艺参数进行优化 | 能利用工艺仿真软件，观察工艺参数对于器件特性的影响，并对工艺参数进行优化 | 基本能够利用工艺仿真软件，观察工艺参数对于器件特性的影响，并对工艺参数进行优化，有少许错误 | 大体能够利用工艺仿真软件，观察工艺参数对于器件特性的影响，并对工艺参数进行优化，但有很多错误 | 不能够利用工艺仿真软件，观察工艺参数对于器件特性的影响，并对工艺参数进行优化 | 10 |

注：表格中比例为各课程目标所占总评成绩的权重。

## 教材及参考书目

《半导体器件物理与工艺（第三版）》，施敏原著，王明湘等译，苏州大学出版社