《材料电子学性质》课程教学大纲

**一、课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **英文名称** | Electronic Properties of Materials | **课程代码** | MSEN3018 |
| **课程性质** | 专业选修课程 | **授课对象** | 材料科学与工程专业 |
| **学 分** | 2.00 | **学 时** | 36 |
| **主讲教师** | 陈崧 | **修订日期** | 2021-5-28 |
| **指定教材** | Kasap, S. O. Principles of Electronic Materials and Devices. 4th Ed. | | |

**二、课程目标**

（一）**总体目标：**

以全球经典教材为蓝本，结合本专业学生的实际情况，在避免复杂数学推导的前提下，突出物理意义及其与材料性能的关系。向学生介绍与材料电子学规律相关的电学性质、光学性质和热学性质。此外，结合目前国家对半导体发展的战略需求，重点突出半导体材料基本性质和基础半导体器件的工作原理和应用场景。为激发学生投身光电子领域的研究兴趣、拓宽就业渠道起辅助作用。

（二）课程目标：

（课程目标规定某一阶段的学生通过课程学习以后，在发展德、智、体、美、劳等方面期望实现的程度，它是确定课程内容、教学目标和教学方法的基础。）

**课程目标1：掌握固体电子学基本知识**

1．1能用经典理论描述固体中的电子行为，并了解其局限性。

1．2 能用经典理论和量子理论描述固体中的电子行为。

**课程目标2：掌握材料电子学性质**

2．1 能将电子的微观行为与材料的宏观物理性质相联系。

2．2 能比较不同固体材料的电学、光学、热学和磁学性质。

2．3 掌握半导体材料的基本性质，基础半导体器件的工作原理。

2．4 能根据典型应用场景中的性能需求选取并设计合适的材料。

**课程目标3：具有爱国敬业精神和科学使命感，激发从事光电子材料与器件研究的兴趣。**

（要求参照《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》，对应各类专业认证标准，注意对毕业要求支撑程度强弱的描述，与“课程目标对毕业要求的支撑关系表一致）

（三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系

**表1：课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **课程子目标** | **对应课程内容** | **对应毕业要求** |
| 课程目标1 | 1.1 | 第1至2章（第1至6讲） | 1.1，1.2 |
| 1.2 | 第3至4章（第7至18讲） | 1.1，1.2 |
| 课程目标2 | 2.1 | 第4章（第12至18讲） | 2.1,2.2,2.3 |
| 2.2 | 第3、4、5、7、8章（第5、13、14、19、20、26至30讲） | 2.1,3.3,4.2 |
| 2.3 | 第4、5、6章（第19至25讲） | 3.1，6.3 |
| 2.4 | 全部章节 | 3.1 |
| 课程目标3 | 3.1 | 全部章节 | 6.3,8.1 |

（大类基础课程、专业教学课程及开放选修课程按照本科教学手册中各专业拟定的毕业要求填写“对应毕业要求”栏。通识教育课程含通识选修课程、新生研讨课程及公共基础课程，面向专业为工科、师范、医学等有专业认证标准的专业，按照专业认证通用标准填写“对应毕业要求”栏；面向其他尚未有专业认证标准的专业，按照本科教学手册中各专业拟定的毕业要求填写“对应毕业要求”栏。）

**三、教学内容**（四号黑体）

（具体描述各章节教学目标、教学内容等。实验课程可按实验模块描述）

**第一章 固体材料的基础概念**

1.教学目标

2.教学重难点

3.教学内容

3.1 原子结构、原子间作用力与化学键

3.2 晶体结构及X射线衍射分析原理

4.教学方法：讲授法

5.教学评价

**第二章 材料的电导与热导--经典理论**

1.教学目标

1.1 理解微观欧姆定理、区分电子热运动速度与漂移速度

1.2 理解德鲁模型

1.3 描述经典理论下材料热容性质与实验的差异

2.教学重难点

2.1 德鲁模型

2.2 经典唯象理论的局限性

3.教学内容

3.1 经典理论下的固体电导

3.2 经典理论下的固体热导

4.教学方法 讲授法

5.教学评价

**第三章 量子力学基础概念**

1.教学目标

1.1 理解波粒二象性的物理意义

1.2 理解平面波

1.3 用量子力学语言描述一维无限深势阱与量子隧穿，并了解其与经典理论的差异

1.4 描述谐振子模型的能量本征值

1.5描述氢原子的波函数的特点与量子数，用量子数描述电子的量子态

2.教学重难点

1.3 如何用波动方程及其解描述电子行为

2.2运用薛定谔（波动）方程获得量子态的能量与波函数解的基本思路

2.3 一维无限深势阱、隧穿和谐振子模型对应的实例场景

3.教学内容

3.1 波粒二象性

3.2 薛定谔方程

3.3 一维无限深势阱、测不准原理和量子隧穿

3.4 谐振子与氢原子

3.5 电学跃迁、类氢原子、自旋轨道耦合、氦原子与元素周期表

4.教学方法 讲授法

5.教学评价

**第四章 现代固体理论**（小四号黑体）

1.教学目标

1.1 运用克罗尼格-彭尼模型描述自由电子、孤立电子和周期势中的电子能量结构

1.2 运用自由电子模型解释能隙的形成

1.3 用波函数描述分子成键轨道、反键轨道

1.4 描述能带的形成原因

1.5 用能带论区分金属、半导体与绝缘体

1.6 计算三维电子器气的能态密度

1.7 描述能带中能态密度与能量的函数关系，及其对材料电导性能的影响

1.8 用现代固体理论描述材料的电导原理

1.9 理解声子的概念

1.10 用德拜模型解释材料热容的差异

2.教学重难点

2.1 周期势与能带形成之间的联系

2.2 量子理论下的电导理论

2.3 量子理论下的晶格振动

3.教学内容

3.1 周期势场下的电子波函数

3.2 能带论（1）

3.3 能带论（2）

3.4 有效质量、能态密度与费米-狄拉克统计

3.5 金属中的电子行为—量子理论

3.6 电导—量子理论

3.7 声子

4.教学方法 讲授法

5.教学评价

**第五章 半导体**（小四号黑体）

1.教学目标

1.1 半导体中的载流子与电导

1.2 理解本征半导体中载流子浓度与费米能的关系

1.3 理解P型与N型掺杂

1.4 解释并计算掺杂对于多数（少数）载流子浓度，费米能和电导率的影响

1.5 理解掺杂的补偿效应

1.6 描述半导体中载流子浓度、载流子迁移率和电导率对温度的依赖关系

1.7 理解半导体中的扩散电流和漂移电流

1.8 比尔-兰博定理

2.教学重难点

2.1 半导体中的载流子数量与掺杂、温度、能隙的关系

2.2 输运过程中的载流子散射

3.教学内容

3.1 本征半导体

3.2 非本征半导体

3.3 半导体电学传输性能对温度的依赖关系

3.4 载流子的复合、扩散与光子吸收

4.教学方法 讲授法

5.教学评价

**第六章 半导体器件**

1.教学目标

1.1 理解并描述肖特基结和PN结的形成原理

1.2 计算肖特基结与PN结的势垒高度

1.3 描述肖特基结与PN结的伏安特性

1.4 了解形成欧姆接触的两种方法

1.5 理解场效应晶体管的工作原理，并描述其输出特性

1.6 理解发光二极管的工作原理与影响电致发光性能的材料参数

1.7 理解光伏器件的工作原理与影响光伏性能的材料参数

2.教学重难点

2.1 热平衡下空间电荷区的形成原理

2.2 肖特基结与PN结的伏安特性

3.教学内容

3.1 金属-半导体接触

3.2 PN结

3.3 发光二极管

3.4 光伏器件

3.5 场效应晶体管

4.教学方法 讲授法

5.教学评价

**第七章 介电材料**

1.教学目标

1.1 理解介电材料在电场下的响应行为，并解释其与金属和半导体的区别

1.2 将微观的极化率与宏观的介电常数相联系

1.3 区分各种极化过程并理解其对介电常数的贡献

2.教学重难点

2.1 介电常数的物理意义

3.教学内容

3.1 介电材料

3.2 极化现象

4.教学方法 讲授法

5.教学评价

**第八章 材料的光学性质**

1.教学目标

1.1 理解光学常数与介电常数的关系

1.2 运用光学常数计算材料的反射、折射与吸收特性

2.教学重难点

3.教学内容

3.1 电磁波与光学常数

3.2 电子波在材料界面的行为

4.教学方法 讲授法

5.教学评价

**四、学时分配**

**表2：各章节的具体内容和学时分配表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 章节 | 章节内容 | 学时分配 |
| 第一章 | 固体材料的基础概念 | 1+2 |
| 第二章 | 材料的电导与热导--经典理论 | 2 |
| 第三章 | 量子力学基础概念 | 5 |
| 第四章 | 现代固体理论 | 7 |
| 第五章 | 半导体 | 4 |
| 第六章 | 半导体器件 | 5 |
| 第七章 | 介电材料 | 2 |
| 第八章 | 材料的光学性质 | 2 |

**五、教学进度**

**表3：教学进度表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 周次 | 章节名称 | 内容提要 | 授课时数 | 作业及要求 | 备注 |
| 1 | 前言 | 课程简介 | 1 |  |  |
| 1-2 | 第一章、固体材料的基础概念 | 原子间作用力及晶体结构 | 2 | 阅读3-24页、55-82页 |  |
| 2-3 | 第二章、材料的电导与热导--经典理论 | 德鲁模型 | 2 | 阅读125-176页 |  |
| 3-5 | 第三章、量子力学基础概念 | 以波函数和波动方程描述不同势场下的电子行为 | 5 | 阅读231-283页 |  |
| 6-8 | 第四章、现代固体理论（上） | 能带论与及电导理论 | 6 | 阅读231-241页、334-364页 |  |
| 9 | 期中考试 |  | 2 |  |  |
| 10 | 第四章、现代固体理论（下） | 声子 | 1 | 阅读374-384页 |  |
| 10-12 | 第五章、半导体 | 本征与非本征半导体 | 4 | 阅读411-473页、495-505页 |  |
| 12-14 | 第六章、半导体器件 | 金-半接触、PN结、发光二极管、光伏和场效应晶体管 | 5 | 阅读477-492页、527-553页、566-598页、624-635页 |  |
| 15 | 第七章、介电材料 | 介电材料与极化现象 | 2 | 阅读671-687页、696-718页 |  |
| 16 | 第八章、材料光学性质 | 光学常数、反射、折射与吸收 | 2 | 阅读849-873页，890-898页、875-890页、898-920页 |  |

**六、教材及参考书目**

（电子学术资源、纸质学术资源等，按规范方式列举）（五号宋体）

1．Kasap, S. O. Principles of Electronic Materials and Devices. 4th Ed.

2．Hummel, R. E. (2010). Electronic Properties of Materials.4th Ed.

3. 黄昆、韩汝琦《固体物理学》

**七、教学方法**

（讲授法、讨论法、案例教学法等，按规范方式列举，并进行简要说明）（五号宋体）

1．讲授法：从特例到普遍，提炼物理规律，通俗解释物理意义，淡化理论计算，并强调知识的实际应用价值

**八、考核方式及评定方法**

**（一）课程考核与课程目标的对应关系** （小四号黑体）

**表4：课程考核与课程目标的对应关系表**（五号宋体）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核要点** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 对物理意义的理解、简单的计算 | 解答题 |
| 课程目标2 | 利用固体电子理论知识解释材料光电性质的能力，了解基础半导体器件的工作原理 | 解答题 |
| 课程目标3 | 了解国内的半导体产业概况 | 平时成绩 |

**（二）评定方法** （小四号黑体）

**1．评定方法** （五号宋体）

平时成绩：30%（考情、平时作业），期中考试：30%，期末考试40%，

**2．课程目标的考核占比与达成度分析**

**表5：课程目标的考核占比与达成度分析表**（五号宋体）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **考核占比**  **课程目标** | **平时** | **期中** | **期末** | **总评达成度** |
| 课程目标1 | 10% | 15% | 20% | 课程目标1达成度={0.1ｘ平时目标1成绩+0.2ｘ期中目标1成绩+0.5ｘ期末目标1成绩}/45  课程目标2达成度={0.1ｘ平时目标2成绩+0.2ｘ期中目标2成绩+0.5ｘ期末目标2成绩}/45  课程目标3达成度={0.1ｘ平时目标3成绩}/10 |
| 课程目标2 | 10% | 15% | 20% |
| 课程目标3 | 10% | 0 | 0 |

**（三）评分标准**

| **课程**  **目标** | **评分标准** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **90-100** | **80-89** | **70-79** | **60-69** | **＜60** |
| **优** | **良** | **中** | **合格** | **不合格** |
| **A** | **B** | **C** | **D** | **F** |
| **课程**  **目标1** | 很好地理解物理意义、具备较强的计算能力 | 较好地理解物理意义、具备较好的计算能力 | 理解物理意义、具备简单的计算能力 | 勉强理解物理意义、基本不能完成简单的计算 | 不能理解物理意义、不能完成简单的计算 |
| **课程**  **目标2** | 能很好地运用固体电子理论的基本知识解释金属、半导体、介电材料的电学、光学性质。很好地理解基础半导体器件的工作原理。 | 能较好地运用固体电子理论的基本知识解释金属、半导体、介电材料的电学、光学性质。较好地理解基础半导体器件的工作原理。 | 能运用固体电子理论的基本知识解释金属、半导体、介电材料的电学、光学性质。理解基础半导体器件的工作原理。 | 勉强能运用固体电子理论的基本知识解释金属、半导体、介电材料的电学、光学性质。勉强理解基础半导体器件的工作原理。 | 不能运用固体电子理论的基本知识解释金属、半导体、介电材料的电学、光学性质。不理解基础半导体器件的工作原理。 |
| **课程**  **目标3** | 很好地了解国内的半导体产业概况 | 较好地了解国内的半导体产业概况 | 了解国内的半导体产业概况 | 勉强了解国内的半导体产业概况 | 不了解国内的半导体产业概况 |