《半导体材料物理》

1. **课程编号**  100091215
2. **课程名称** 半导体材料物理
3. **高等教育层次** 本科
4. **课程在培养方案中的地位：**

课程性质 必修

对应于材料化学专业，属于BZ专业课程基本模块。

1. **开课学年及学期**（如果有强制性的要求则必须填，否则可以不填）
2. **先修课程（**a大学物理（Ⅰ、Ⅱ），b材料科学基础，c 固体物理）
3. **课程总学时 48，学分 3.0**
4. **课程教学形式** 0普通课程
5. **课程教学目标**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 课程教学目标（给出知识能力素养各方面的的具体教学结果）(必填) | 教学效果评价 | | | |
| 不及格 | 及格，中 | 良 | 优 |
| 1.知悉和理解半导体材料的基本性能、分类、应用，基本输运理论，以及半导体器件的基本原理。 | 1. 完全不知道，半导体材料的基本性能、分类、应用，基本输运理论，以及半导体器件的基本原理。 2. 对半导体基本输运理论，以及半导体器件的基本原理，有碎片化的理解。 | 1.对半导体基本输运理论，以及半导体器件的基本原理主要内容及核心过程能理解，但不完整。 | 1.对半导体基本输运理论，以及半导体器件的基本原理主要内容及核心过程能完整理解，但不系统，存在断点。 | 1.对半导体基本输运理论，以及半导体器件的基本原理主要内容及核心过程能完整系统地理解。 |
| 2. 知悉和理解平衡半导体、载流子输运现象、半导体中的非平衡过剩载流子。 | 1. 完全不知道，平衡半导体、载流子输运现象、半导体中的非平衡过剩载流子 2. 对平衡半导体、载流子输运现象、半导体中的非平衡过剩载流子，有碎片化的理解。 | 1.对平衡半导体、载流子输运现象、半导体中的非平衡过剩载流子核心过程能理解，但不完整。 | 1.对平衡半导体、载流子输运现象、半导体中的非平衡过剩载流子核心过程能完整理解，但不系统，存在断点。 | 1.对平衡半导体、载流子输运现象、半导体中的非平衡过剩载流子核心过程能完整系统地理解。 |
| 3.能够根据半导体材料特性，利用现有半导体物理理论及方法，解决半导体平衡态及非平衡态下载流子产生、输运及复合等问题。 | 1.完全没能力解决半导体平衡态及非平衡态下载流子产生、输运及复合等问题，以及现有半导体物理理论及方法；  2.能够运用零碎的现有半导体物理原理，分析解决半导体平衡态及非平衡态下载流子产生、输运及复合等问题 | 1.整体上具备根据半导体材料特性，运用现有半导体物理理论及方法，分析解决半导体平衡态及非平衡态下载流子产生、输运及复合等问题的能力，但缺乏系统性。 | 1. 整体上具备根据半导体材料特性，运用现有半导体物理理论及方法，分析解决半导体平衡态及非平衡态下载流子产生、输运及复合等问题的能力，但缺乏系统性。有一定的系统性，但系统性方面存在断点。 | 1. 具备根据半导体材料特性，运用现有半导体物理理论及方法，分析解决半导体平衡态及非平衡态下载流子产生、输运及复合等问题的能力。 |
| 4. 拥有根据所掌握的半导体物理理论，针对各种半导体器件系统选择方案，具有分析影响半导体器件系统性能因素的能力，形成对半导体器件系统进行设计分析的思维模式。 | 1.完全没能力根据所掌握的半导体物理理论，针对各种半导体器件系统选择方案，完全不能分析半导体器件系统性能因素问题；  2.具有零碎的半导体器件系统性能因素的概念。 | 2.整体上拥有根据所掌握的半导体物理理论，针对各种半导体器件系统选择方案，分析影响半导体器件系统性能因素的能力，整体上形成了对半导体器件系统进行的设计分析的思维模式，但缺乏系统性。 | 2. 整体上拥有根据所掌握的半导体物理理论，针对各种半导体器件系统选择方案，分析影响半导体器件系统性能因素的能力，整体上形成了对半导体器件系统进行的设计分析的思维模式，有一定的系统性，但系统性方面存在断点。 | 2. 拥有根据所掌握的半导体物理理论，针对各种半导体器件系统选择方案，分析影响半导体器件系统性能因素的能力，整体上形成了对半导体器件系统进行的设计分析的思维模式。 |

1. **课程教学目标与所支撑的毕业要求对应关系（公共平台课无需细化到毕业要求指标点（见各专业培养方案说明书），暂无专业认证需求的专业下表可选填）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 毕业要求（指标点）编号 | 毕业要求（指标点）内容 | 课程教学目标（给出知识能力素养各方面的的具体教学结果） |
|
|  | 掌握扎实的半导体材料的基本性能、分类、应用，基本输运理论，以及半导体器件的基本原理的专业知识。 | 1.知悉和理解半导体材料的基本性能、分类、应用，基本输运理论，以及半导体器件的基本原理；  2. 知悉和理解平衡半导体、载流子输运现象、半导体中的非平衡过剩载流子。 |
|  | 具备设计和实施半导体器件的系统分析能力，并能够对半导体器件进行系统设计。 | 3.能够根据所掌握的半导体物理理论，针对各种半导体器件系统选择方案，具有分析影响半导体器件系统性能因素的能力，形成对半导体器件系统进行设计分析的思维模式。 |

1. **教学内容、学时分配、与进度安排**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 教学内容 | 学时分配 | 所支撑的课程教学目标 | 教学方法与策略（可结合教学形式描述）（选填） |
| 第1章 半导体材料概述  1.1半导体材料的发展和现状  半导体材料分类  半导体材料的基本特性和应用  1.2固体晶格结构  固体中的缺陷和杂质  半导体材料的生长 | 2学时 | 1 | 讲授 |
| 第2章 半导体物理基础  2.1量子力学的初步  2.2固体能带理论基础  允带与禁带  2.3固体中电的传导  状态密度函数  统计力学 | 6学时 | 1,2 | 讲授与分析讨论 |
| 第3章 平衡半导体  3.1 半导体中的载流子  掺杂原子与能级  3.2非本征半导体  施主和受主的统计学分布  3.3电中性状态  费米能级的位置 | 6学时 | 1,2,3 | 讲授与分析讨论 |
| 第4章 载流子输运现象  4.1载流子的漂移运动  载流子扩散  4.2杂质梯度分布  4.3霍尔效应 | 6学时 | 1,2,3 | 讲授与分析讨论 |
| 第5章 半导体中的非平衡过剩载流子  5.1载流子的产生与复合  过剩载流子的性质  5.2双极输运  准费米能级  5.3过剩载流子的寿命  表面效应 | 6学时 | 1,2,3 | 讲授与分析讨论 |
| 第6章 pn结  6.1 pn结的基本结构  零偏和反偏  6.2非均匀掺杂pn结  pn结电流  6.3 产生-复合电流 | 6学时 | 1,2,3,4 | 讲授与分析讨论 |
| 第7章 金属半导体和半导体异质结  7.1肖特基势垒二极管  7.2金属-半导体的欧姆接触  7.3异质结 | 6学时 | 1,2,3,4 | 讲授与分析讨论 |
| 第8章 光器件  8.1 光学吸收  8.2太阳能电池  光电探测器  8.3光致发光和电致发光  光电二极管 | 6学时 | 1,2,3,4 | 讲授与分析讨论 |
| 第9章 低维半导体材料简介  9.1零维半导体材料物理与器件  9.2一维半导体材料物理与器件  9.3二维半导体材料物理与器件 | 4学时 | 1,2,3,4 | 讲授与分析讨论 |

1. **考核与成绩评定：平时成绩、期末考试在总成绩中的比例，平时成绩的记录方法。**

考核方式：闭卷笔试

百分制，出勤、课堂讨论和作业占最终考核成绩的30%，期末考试占70%。

1. **教材，参考书:**

选用教材：Donald A. Neamen. 半导体物理与器件[M]. 北京:电子工业出版社，2005.

参考书：

[1] 施敏主编．半导体器件物理[M]．西安：西安交通大学出版社，1981.

[2] 刘恩科主编．半导体物理学[M]．北京:电子工业出版社，2008.

1. **大纲说明：**

1.本大纲适合于材料化学专业本科学生。

2.在保证基本教学要求的前提下，教师将根据实际情况，对内容进行适当的调整和删节。

1. **编写教师：**

编写教师签名：陈卓

责任教授签名：

开课学院教学副院长签名：

## **Semiconductor Materials and Physics**

**Course code:** 100091215

**Course name: Semiconductor Materials and Physics**

**Lecture Hours: 48**

**Laboratory Hours: 0**

**Credits: 3**

**Prerequisite(s): Physics, Solid State Physics, Fundamentals of Materials Science and Engineering**

**Course Description:**

In this course, simple models for intrinsic and doped semiconductors and their transport processes are presented. These models describe the evolution of electronic populations, and serve as a basis for understanding semiconductor-based electronic devices. In a second part, the PN junction, made of two pieces of the same semiconductor with two different doping types (P and N), is studied in detail. This simple structure represents the building block for all other semiconductor devices, such as diodes, transistors, photodiodes, light-emitting diodes, or laser diodes.

**Course Outcomes**:

After completing this course, a student should be able to:

1. Understanding simple models for intrinsic and doped semiconductors and their transport processes.
2. Analyze the evolution of electronic populations by these models and understanding semiconductor-based electronic devices.
3. Analyze the behaviors of semiconductor-based electronic devices, such as diodes, transistors, photodiodes, light-emitting diodes, or laser diodes.

**Course Content:**

**Lectures and Lecture Hours:**

1. Introduction 2

Semiconductor materials: status, basic properties, and applications

Crystal structure of Semiconductor materials

1. Introduction to semiconductor physics 6

Introduction to quantum physics

Introduction to Solid state physics

1. The semiconductor in equilibrium 6

Charge carriers in semiconductors

Dopant atoms and energy levels

The extrinsic semiconductor

Statistics of donors and acceptors

position of Fermi energy level

1. Carrier transport phenomena 6

Carrier drift

Carrier diffusion

Graded impurity distribution

The hall effect

1. Nonequilibrium excess carriers in semiconductors 6

Carrier generation and recombination

characteristics of excess carriers

quasi-Fermi energy levels

1. The PN junction 6

Basic structure of the PN junction

Zero applied bias and reverse applied bias

Nonuniformly doped junctions

1. Metal-semiconductor and semiconductor heterojunctions 6

The schottky barrier diode

Metal-semiconductor ohmic contacts

Heterojunctions

1. Optical devices 6

Optical absorption

Solar cells

Photodetectors

1. Introduction to low dimensional semiconductors and devices 4

Zero dimensional semiconductors and devices

One dimensional semiconductors and devices

Two dimensional semiconductors and devices

**Grading:**

In class Quizzes 20%

Group Presentation 10%

Final 70%

**Text & Reference Book**:

Donald A. Neamen. Semiconductor physics and devices[M]. Beijing 2005.