

# 中国科学院大学硕士研究生入学考试

## 《半导体物理》考试大纲

本《半导体物理》考试大纲适用于中国科学院大学微电子学与固体电子学专业的硕士研究生入学考试。半导体物理学是现代微电子学与固体电子学的重要基础理论课程，它的主要内容包括半导体的晶格结构和电子状态；杂质和缺陷能级；载流子的统计分布；载流子的散射及电导问题；非平衡载流子的产生、复合及其运动规律；半导体的表面和界面—包括 p-n 结、金属半导体接触、半导体表面及 MIS 结构、异质结；半导体的光、热、磁、压阻等物理现象和非晶半导体部分。要求考生对其基本概念有较深入的了解，能够系统地掌握书中基本定律的推导、证明和应用，并具有综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力。

### 一、考试形式

(一) 闭卷，笔试，考试时间 180 分钟，试卷总分 150 分

(二) 试卷结构

第一部分：名词解释，约 50 分

第二部分：简答题，约 20 分

第三部分：计算题、证明题，约 80 分

### 二、考试内容

(一) 半导体的电子状态：

半导体的晶格结构和结合性质，半导体中的电子状态和能带，半导体中的电子运动和有效质量，本征半导体的导电机构，空穴，回旋共振，硅和锗的能带结构，III-V 族化合物半导体的能带结构，II-VI 族化合物半导体的能带结构

(二) 半导体中杂质和缺陷能级：

硅、锗晶体中的杂质能级，III-V 族化合物中杂质能级，缺陷、位错能级

(三) 半导体中载流子的统计分布

状态密度，费米能级和载流子的统计分布，本征半导体的载流子浓度，杂质半导体的载流子浓度，一般情况下的载流子统计分布，简并半导体

(四) 半导体的导电性

载流子的漂移运动，迁移率，载流子的散射，迁移率与杂质浓度和温度的关系，电阻率及其与杂质浓度和温度的关系，玻尔兹曼方程，电导率的统计理论，强电场下的效应，热载流子，多能谷散射，耿氏效应

(五) 非平衡载流子

非平衡载流子的注入与复合，非平衡载流子的寿命，准费米能级，复合理论，陷阱效应，载流子的扩散运动，载流子的漂移运动，爱因斯坦关系式，连续性方程式

(六) p-n 结

p-n 结及其能带图，p-n 结电流电压特性，p-n 结电容，p-n 结击穿，p-n 结隧道效应

(七) 金属和半导体的接触

金属半导体接触及其能级图，金属半导体接触整流理论，少数载流子的注入和欧姆接触

#### (八) 半导体表面与 MIS 结构

表面态, 表面电场效应, MIS 结构的电容—电压特性, 硅—二氧化硅系数的性质, 表面电导及迁移率, 表面电场对 p-n 结特性的影响

#### (九) 异质结

异质结及其能带图, 异质结的电流输运机构, 异质结在器件中的应用, 半导体超晶格

#### (十) 半导体的光、热、磁、压阻等物理现象

半导体的光学常数, 半导体的光吸收, 半导体的光电导, 半导体的光生伏特效应, 半导体发光, 半导体激光, 热电效应的一般描述, 半导体的温差电动势率, 半导体的玻尔帖效应, 半导体的汤姆孙效应, 半导体的热导率, 半导体热电效应的应用, 霍耳效应, 磁阻效应, 磁光效应, 量子化霍耳效应, 热磁效应, 光磁电效应, 压阻效应, 声波和载流子的相互作用

### 三、考试要求

#### (一) 半导体的晶格结构和电子状态

1. 了解半导体的晶格结构和结合性质的基本概念。
2. 理解半导体中的电子状态和能带的基本概念。
3. 掌握半导体中的电子运动规律, 理解有效质量的意义。
4. 理解本征半导体的导电机构, 理解空穴的概念。
5. 熟练掌握空间等能面和回旋共振的相关公式推导、并能灵活运用。
6. 理解硅和锗的能带结构, 掌握有效质量的计算方法。
7. 了解 III—V 族化合物半导体的能带结构。
8. 了解 II—VI 族化合物半导体的能带结构。

#### (二) 半导体中杂质和缺陷能级

1. 理解替位式杂质、间隙式杂质、施主杂质、施主能级、受主杂质、受主能级的概念。
2. 简单计算浅能级杂质电离能。
3. 了解杂质的补偿作用、深能级杂质的概念。
4. 了解 III—V 族化合物中杂质能级的概念。
5. 理解点缺陷、位错的概念。

#### (三) 半导体中载流子的统计分布

1. 深入理解并熟练掌握状态密度的概念和表示方法。
2. 深入理解并熟练掌握费米能级和载流子的统计分布。
3. 深入理解并熟练掌握本征半导体的载流子浓度的概念和表示方法。
4. 深入理解并熟练掌握杂质半导体的载流子浓度的概念和表示方法。
5. 理解并掌握一般情况下的载流子统计分布。
6. 深入理解并熟练掌握简并半导体的概念, 简并半导体的载流子浓度的表示方法, 简并化条件。了解低温载流子冻析效应、禁带变窄效应。

#### (四) 半导体的导电性

1. 深入理解迁移率的概念。并熟练掌握载流子的漂移运动, 包括公式。
2. 深入理解载流子的散射的概念。
3. 深入理解并熟练掌握迁移率与杂质浓度和温度的关系, 包括公式。
4. 深入理解并熟练掌握电阻率及其与杂质浓度和温度的关系, 包括公式。
5. 深入理解电导率的统计理论。并熟练掌握玻尔兹曼方程。
6. 了解强电场下的效应和热载流子的概念。
7. 了解多能谷散射概念和耿氏效应。

#### (五) 非平衡载流子

1. 深入理解非平衡载流子的注入与复合的概念，包括表达式。
2. 深入理解非平衡载流子的寿命的概念，包括表达式、能带示意图。
3. 深入理解准费米能级的概念，包括表达式、能带示意图。
4. 了解复合理论，理解直接复合、间接复合、表面复合、俄歇复合的概念，包括表达式、能带示意图。
5. 了解陷阱效应，包括表达式、能带示意图。
6. 深入理解并熟练掌握载流子的扩散运动，包括公式。
7. 深入理解并熟练掌握载流子的漂移运动，爱因斯坦关系式。并能灵活运用。
8. 深入理解并熟练掌握连续性方程式。并能灵活运用。

#### (六) p-n 结

1. 深入理解并熟练掌握 p-n 结及其能带图，包括公式、能带示意图。
2. 深入理解并熟练掌握 p-n 结电流电压特性，包括公式、能带示意图。
3. 深入理解 p-n 结电容的概念，熟练掌握 p-n 结电容表达式、能带示意图。
4. 深入理解雪崩击穿、隧道击穿热击穿的概念。
5. 了解 p-n 结隧道效应。

#### (七) 金属和半导体的接触

1. 了解金属半导体接触及其能带图。理解功函数、接触电势差的概念，包括公式、能带示意图。了解表面态对接触势垒的影响。
2. 了解金属半导体接触整流理论。深入理解并熟练掌握扩散理论、热电子发射理论、镜像力和隧道效应的影响、肖特基势垒二极管的概念。
3. 了解少数载流子的注入和欧姆接触的概念。

#### (八) 半导体表面与 MIS 结构

1. 深入理解表面态的概念。
2. 深入理解表面电场效应，空间电荷层及表面势的概念，包括能带示意图。深入理解并熟练掌握表面空间电荷层的电场、电势和电容的关系，包括公式、示意图。并能灵活运用。
3. 深入理解并熟练掌握 MIS 结构的电容—电压特性，包括公式、示意图。并能灵活运用。
4. 深入理解并熟练掌握硅—二氧化硅系数的性质，包括公式、示意图。并能灵活运用。
5. 理解表面电导及迁移率的概念。
6. 了解表面电场对 p-n 结特性的影响。

#### (九) 异质结

1. 理解异质结及其能带图，并能画出示意图。
2. 了解异质结的电流运输机构。
3. 了解异质结在器件中的应用。
4. 了解半导体超晶格的概念。

#### (十) 半导体的光、热、磁、压阻等物理现象

1. 了解半导体的光学常数，理解折射率、吸收系数、反射系数、透射系数的概念。了解半导体的光吸收现象，理解本征吸收、直接跃迁、间接跃迁的概念。了解半导体的光电导的概念。理解并掌握半导体的光生伏特效应，光电池的电流电压特性的表达式。了解半导体发光现象，理解辐射跃迁、发光效率、电致发光的概念。了解半导体激光的基本原理和物理过程，理解自发辐射、受激辐射、分布反转的概念。
2. 了解热电效应的一般描述，半导体的温差电动势率，半导体的珀耳帖效应，半导体

的汤姆孙效应，半导体的热导率，半导体热电效应的应用。

3. 理解并掌握霍尔效应的概念和表示方法。理解磁阻效应。了解磁光效应，量子化霍尔效应，热磁效应，光磁电效应，压阻效应。了解声波和载流子的相互作用。

### 三、主要参考书目

刘恩科，朱秉升，罗晋生.《半导体物理学》，电子工业出版社，2008。

编制单位：中国科学院大学

编制日期：2021年6月27日