

黑龙江大学硕士研究生入学考试大纲

考试科目名称：半导体物理

考试科目代码：[071]

一、考试要求

全面地掌握半导体物理的基础知识，内容包括半导体的晶格结构、半导体中的电子状态、杂质和缺陷能级、载流子的统计分布，非平衡载流子及载流子的运动规律；p-n 结、异质结、金属半导体接触、表面及 MIS 结构等半导体表面和界面问题；以及半导体的光、热、磁、压阻等物理现象。

二、考试内容

第一章 半导体中的电子状态

§ 1、半导体的晶格结构和结合性质

半导体硅、锗的晶体结构（金刚石型结构）及其特点；半导体的闪锌矿型结构及其特点

§ 2、半导体中的电子状态和能带

电子共有化运动；晶体中的电子运动服从布洛赫定理；布洛赫波函数的意义；半导体（硅、锗）能带的特点；用能带理论解释导体、半导体、绝缘体的导电性。

§ 3、半导体中电子的运动 有效质量

导带中 $E(k)$ 与 k 的关系；价带顶附近电子的运动；有效质量的意义

§ 4、本征半导体的导电机构 空穴

导电条件：有外加电压，有载流子；载流子产生的途径；导电机构（电子导电、空穴导电）。

§ 5、回旋共振

利用回旋共振实验测量有效质量； k 空间等能面；回旋共振原理及条件。

§ 6、硅和锗的能带结构

硅和锗的导带结构；硅和锗的价带结构；在硅、锗的能带图中指出导带底和价带顶的位置及禁带宽度。

§ 7、III-V 族化合物半导体的能带结构

化合物半导体的种类；化合物半导体的共同特性；化合物半导体能带结构的一般特征；掌握砷化镓的能带结构。

第二章 半导体中杂质和缺陷能级

§ 1、硅、锗晶体中的杂质能级

晶体中杂质基本情况；硅、锗晶体中的施主杂质和受主杂质及其电离能；浅能级杂质电离能计算——类氢模型；杂质补偿作用；深能级杂质。

§ 2、III-V 族化合物中的杂质能级

杂质在砷化镓中的存在形式；各类杂质在砷化镓、磷化镓中的杂质能级。

§ 3、缺陷、位错能级

掌握点缺陷和位错缺陷对半导体性能的影响。

第三章 半导体中载流子的统计分布

§ 1 状态密度

k 空间的状态密度；导带和价带能量状态密度。

§ 2、费米能级和载流子的统计分布

掌握费米分布函数和玻耳兹曼分布函数及费米能级的意义；费米能级的数值与温度、半导体材料的导电类型、杂质浓度及零点的选取有关，电子浓度、空穴浓度表达式的意义；导带电子浓度和价带空穴浓度公式。

§ 3、本征半导体的载流子浓度

本征半导体费米能级；本征半导体的载流子浓度；热平衡条件写出本征半导体的电中性方程，并导出费米能级的表达式；了解通过测量不同温度下本征载流子浓度如何得到绝对零度时的禁带宽度；正确使用热平衡判断式。

§ 4、杂质半导体的载流子浓度

根据电中性方程导出各个温度区间的费米能级和载流子浓度表达式；在掺杂浓度一定地情况下，能够解释多子浓度随温度地变化关系；能够较熟练地计算室温下地载流子浓度和费米能级（ n 型和 p 型）；杂质电离程度与温度、掺杂浓度及杂质电离能有关。

§ 5、一般情况下的载流子统计分布

电中性方程的一般形式及费米能级；掌握半导体同时含有施主杂质和受主杂质情况下电中性方程的一般表达式，能较熟练地分析和计算半导体的载流子浓度和费米能级。

§ 6、简并半导体

简并化条件；简并半导体的载流子浓度；简并半导体杂质不能充分电离；杂质带导电

第四章 半导体的导电性

§ 1、载流子的漂移运动 迁移率

半导体中载流子的运动形式；欧姆定律的微分形式；载流子的漂移运动；

§ 2、电阻率及杂质浓度和温度的关系

散射对载流子运动的影响；散射结构——电离杂质散射、晶格振动散射、等价的能谷间散射、其它散射机构（中性杂质散射、位错散射）。

§ 3、迁移率与杂质浓度和温度的关系

平均自由时间和散射几率的关系；迁移率与平均自由时间和有效质量的关系；迁移率与杂质浓度和温度的关系。

§ 4、电阻率及其与杂质浓度和温度的关系

电阻率与杂质浓度的关系；电阻率与温度的关系；不同导电类型半导体的电阻率，并注意杂质和温度这两个因素对电阻率的影响。

§ 5、玻尔兹曼方程 电导率的统计理论

玻尔兹曼方程 电导率的统计理论

§ 6、强电场下的效应 热载流子

主要可以从载流子与晶格振动散射时的能量交换过程来说明强电场下欧姆定律发生偏离的原因；平均漂移速度与电场强度的关系。

§ 7、多能谷散射 耿氏效应

耿氏效应原理及其与半导体的能带结构有关——负阻效应；掌握产生耿氏效应（负阻效应）的基本原理及定性描述砷化镓能带结构的特点。

第五章 非平衡载流子

§ 1、非平衡载流子的注入与复合

非平衡载流子及其产生，光注入条件；非平衡载流子引起的附加电导率；净复合率。

§ 2、非平衡载流子的寿命

非平衡载流子的衰减规律；非平衡载流子的寿命（少子寿命）。

§ 3、准费米能级

准费米能级的引入；准费米能级与费米能级的关系。

§ 4、复合理论

复合机构：直接复合、间接复合、表面复合；直接复合理论与寿命关系；间接复合理论与寿命关系。

§ 5、陷阱效应

陷阱、陷阱中心、陷阱效应概念；利用间接复合理论对陷阱性质的讨论。

§ 6、载流子的扩散运动

扩散流密度与扩散系数；非平衡载流子扩散方程的建立；稳态扩散方程及其解。

§ 7、载流子的漂移运动，爱因斯坦关系式

载流子的扩散与漂移；爱因斯坦关系，能导出爱因斯坦关系式并熟练应用。

§ 8、连续性方程式

连续性方程是非平衡少数载流子同时存在扩散运动和漂移运动时所遵守的运动方程；掌握基本概念，能较熟练地应用连续性方程解决具体问题。

第六章 p-n 结

§ 1、p-n 结及其能带图

理解 p-n 结的形成原因，能够证明平衡 p-n 结中费米能级处处相等，能画出平衡 p-n 结载流子的分布图。

§ 2、p-n 结电流电压特性

掌握非平衡 p-n 结能带图及其与平衡 p-n 结能带图的主要不同之处。掌握肖克莱方程。了解影响 p-n 结电流电压特性方程偏离肖克莱方程的原因。

§ 3、p-n 结电容

明晰 p-n 结电容的来源（即产生 p-n 结电容的原因），掌握基本概念，能够计算势垒高度、势垒宽度，能导出突变结电场分布，以及用突变结势垒电容公式，指导测量轻掺杂一边的杂质浓度和 p-n 结接触电势差。

§ 4、p-n 结击穿

能定性描述雪崩击穿、隧道击穿、和热电击穿的机理。

§ 5、p-n 结隧道效应

了解隧道结的伏安特性，能够定性解释隧道结的伏安特性。

第七章 金属和半导体的接触

§ 1、金属半导体接触及其能级图

掌握金属和半导体功函数的定义，这是讨论接触电势差的基础；理解形成接触电势差的过程，理解表面态对接触势垒的影响以及阻挡层与反阻挡层的概念。

§ 2、金属半导体接触整流理论

能定性解释阻挡层的整流作用，掌握热电子发射理论方程及其应用条件，理解扩散理论及其使用条件，了解镜像力和隧道效应对肖特基势垒的影响，了解肖特基二极管特性具有的特点。

§ 3、少数载流子的注入和欧姆接触

能够解释利用隧道效应制造欧姆接触的基本原理。

第八章 半导体表面与 MIS 结构

§ 1、表面态

了解表面态的产生原因及表面态的性质（受主型和施主型表面态）。

§ 2、表面电场效应

能定性分析半导体表面层的几种状态，即多数载流子的堆积状态、平带状态、多数载流子的耗尽状态和反型状态。掌握“耗尽层近似”的概念，并用以解决耗尽状态下的表面势、耗尽层宽度及电荷面密度；掌握强反型条件及强反型状态表面空间电荷层的基本性质。

§ 3、MIS 结构的电容-电压特性

掌握平带电容和高频最小电容与掺杂浓度和绝缘层厚度的关系；掌握金属和半导体功函数差及绝缘层中电荷对电容 - 电压特性的影响。

§ 4、硅-二氧化硅系统的性质

掌握二氧化硅中可动电荷和固定电荷的性质及特征，和产生原因及它们对电容 - 电压特性的影响，并掌握它们的测量原理；对快界面态的产生原因及性质有所了解。

第九章 异质结*

§ 1、异质结及其能带图

基本概念、绘制能带图

§ 2、异质结的电流输运机构

了解异质结几种电流输运机构模型，解释 I-V 特性曲线

§ 3、异质结在器件中的应用

了解几种器件的工作原理

§ 4、半导体超晶格

掌握基本概念、了解超晶格应用

第十章 半导体的光学性质和光电与发光现象

§ 1、半导体的光学常数

掌握 4 个基本光学常数

§ 2、半导体的光吸收

掌握 5 种光吸收机制

§ 3、半导体的光电导

掌握光电导概念、原理

§ 4、半导体的光生伏特效应

掌握光生伏特效应概念、原理

§ 5、半导体发光

掌握半导体发光条件、几种发光机制

§ 6、半导体激光

掌握半导体激光产生的三个条件

第十一章 半导体的热电性质

§ 1、热电效应的一般描述

掌握三种热电效应的概念、三者之间的关系

§ 2、半导体的温差电动势率

掌握一种载流子的温差电动势的公式、原理

§ 3、半导体的珀耳帖效应

掌握珀耳帖效应的概念、原理

§ 4、半导体的汤姆孙效应

掌握汤姆孙效应的概念、原理

§ 5、半导体的热导率

掌握热导率的概念及应用

第十二章 半导体的磁和压阻效应

§ 1、霍耳效应

掌握霍耳效应的概念、原理

§ 2、磁阻效应

掌握磁阻效应的概念、原理

§ 3、磁光效应

掌握磁光效应的概念、原理

§ 4、量子化霍耳效应

掌握量子化霍耳效应的概念、原理

§ 5、热磁效应

掌握热磁效应的概念、原理

§ 6、光磁电效应

掌握光磁电效应的概念、原理

§ 7、压阻效应

掌握压阻效应的概念、原理

§ 8、声波和载流子的相互效应

掌握声磁电效应的概念、原理

三、试卷结构

1. 考试时间：180 分钟

2. 满分：150 分

3. 题型结构：（1）选择 20 分

（2）填空 40 分

(3) 名词解释 30 分

(4) 图形简答 30 分

(5) 证明计算 30 分

四、参考书目

《半导体物理》，刘恩科、朱秉升、罗晋生，国防工业出版社，北京，1994 年。