**功率电子学**

说 明

该课程是针对电子科学及相关专业的研究生开设的，主要讲解半导体基本器件和功率器件的原理、分析和应用。因考虑到目前的本专业研究生很多在本科阶段没有学习过半导体物理，所以本课程对半导体物理的部分内容进行了简单的讲解，进而讲解了PN结、MOS 场效应管、双极晶体管、PIN二极管、 IGBT器件。教材主要采用Donald A. Neamen 著《半导体物理与器件》，后面两章关于的功率器件的内容采用了文献和我们自己的研究工作。

考试内容主要包括半导体物理和半导体器件。内容基本涵盖电子科学本科专业的课程，并有概念的深入。半导体物理包括： 半导体材料的主要类型、 晶体结构、平衡载流子浓度、载流子输运机制、半导体与金属 的接触、 载流子产生和复合过程、过剩载流子概念、低注入和高注入、准费米能级、PN结。此外器件内容包括： MOS场效应管、 双极晶体管、 PIN二极管和IGBT。考试将把基础理论和能力的考核放在首位 。首先要求对物理概念、 基本规律和重要效应的确切含义有清楚的理解， 并能辨别一些似是而非的说法； 其次， 应能根据已知知识和所给物理条件对问题进行分析、 逻辑推理和论证， 并得出正确的结论或判断； 第三， 要有综合分析、 应用的能力； 第四 ， 能够应用数学知识，正确处理、 分析有关物理问题 。

考 试 大 纲

（一） 半导体的晶体结构与缺陷

1. 半导体晶体的主要结构类型

（1） 晶体结构和化学键

（2） 晶向指数与晶面指数

（3） 金刚石结构和闪锌矿结构

2. 半导体中常见的晶格缺陷

（1） 本征点缺陷

（2） 杂质

（二） 半导体中的电子状态

1. 半导体中的能带

（1） 能带的形成

（2） 布里渊区

2. 外力作用下电子的运动

（1） 共有化运动速度

（2） 加速度和有效质量

（3） 半经典输运方程

３. 金属 、 半导体和绝缘体

（1） 全满带中的电子不导电

（2） 金属 、 半导体和绝缘体的能带模型

４. 空穴

（1） 导带中的电子导电

（2） 价带中的电子导电

（3） 空穴的基本特征

5. 常见半导体的能带结构

（1） E－k 关系和等能面

（2） 锗、硅能带结构的基本特征

（3） 砷化镓能带结构的基本特征

6. 杂质和缺陷能级

（1） 施主能级和受主能级

（2） 浅杂质能级

（3） 深杂质能级

（三） 平衡载流子浓度

1. 导带底和价带顶附近的态密度

2. 费米分布和玻耳兹曼分布

（1） 费米分布函数

（2） 玻耳兹曼分布函数

（3） 空穴按能量的分布

3. 非简并半导体的载流子浓度对费米能级的依赖关系

4. 本征半导体的载流子浓度

5. 杂质半导体的载流子浓度

（1） 杂质能级上的电子和空穴浓度

（2） 含一种杂质的情形

（3） 杂质补偿的情形

6. 简并半导体

（1） 简并条件

（2） 重掺杂半导体

（四） 弱场下的载流子输运

1. 载流子的散射和迁移率

（1）半经典理论近似下的载流子输运图像

（2） 散射几率和动量弛豫时间

（3） 迁移率

2. 半导体中的主要散射机构

（1） 晶格振动散射

（2） 电离杂质散射

3. 电导

（五） 强电场下的热载流子效应

1. 电流密度与场强的非线性关系

2. 多谷带的热电子效应

3. GaAs 中的电子转移效应

（六） 过剩载流子及其复合

1. 产生和复合过程（特别是SRH产生复合过程）、过剩载流子概念

2. 双极输运方程

3. 低注入和高注入时的寿命计算

4. 准费米能级、准费米势

（七） P N 结

1． 热平衡条件下的 P N 结

（1） 空间电荷区与内建电场

（2） 空间电荷区中的电场、电势分布与 PN 结能带图

（3） 内建电势差

（4） 载流子分布

2. P N 结直流伏安特性

（1） 少子扩散电流

（2） 实际硅 P N 结伏安特性

3. P N 结电容

4. P N 结击穿

（八） 表面电场效应与 MOS 物理

1. 半导体表面和 Si-SiO２ 界面

(1) 表面态

(2) Si-SiO２ 界面电荷

2. 表面电场效应

(1) 表面感生电荷和表面势、能带图、能带弯曲、电场强度、电势之间的关系

(2) 功函数差、平带电压VFB、阈值电压 VT

(3) 理想 MOS 结构的 C-V 特性

3. 实际 MOS 结构的 C -V 特性

4. 长沟道MOS场效应管的电流公式

5. 非理想效应和小尺寸效应：迁移率退化、速度饱和、沟道长度调制、短沟效应、窄沟道效应

（九） 金属－半导体接触和半导体异质结

1. 金属－半导体接触势垒

2. 金属－半导体接触的整流特性

3. 欧姆接触

（十）双极晶体管

1. 结构、工作模式

2. 电流放大原理

3. 少子分布、主要电流分量及公式

4. 非理想效应

（十一）PIN二极管

1. 高注入下的载流子边界条件、电场及电流方程
2. PIN二极管的结构和开关过程
3. 描述PIN二极管的主要方程
4. 当前求解变边界的双极输运方程的主要方法

（十二）IGBT器件

1. 结构、原理

2. 主要方程