

河北工业大学 2024 年硕士研究生招生考试自命题科目考试大纲

科目代码：890 科目名称：半导体物理学

适用专业：电子科学与技术

一、考试要求

半导体物理学主要考察对于半导体物理学基本概念、半导体内部载流子的基本运动规律、半导体物理特性的计算方法的掌握及运用所学知识分析问题和解决问题的能力。

二、考试形式

试卷采用客观题型和主观题型相结合的形式，主要包括选择题、填空题、简答题、计算题、证明题、分析论述题等。考试时间为 3 小时，总分为 150 分。

三、考试内容

（一）半导体中的电子状态

1. 常见半导体的晶格结构类型和结合性质；
2. 晶体中电子的运动，布洛赫定理、共有化运动和能带的形成，电子能量 $E(k)$ 与波矢 k 的关系，半导体中的电子的速度和加速度，有效质量概念和物理意义；
3. 导体、半导体和绝缘体的能带，本征半导体的导电机构，空穴的概念；
4. 回旋共振概念及其在能带分析中的应用，锗、硅的能带结构，典型的 III-V 族和 II-VI 族半导体的能带结构。

（二）半导体中的杂质和缺陷

1. 晶体中杂质的存在形式，替位式和间隙式杂质的概念；
2. 施主杂质和施主能级的概念，受主杂质和受主能级的概念，电离和电离能的概念；
3. 浅能级杂质的计算；
4. 杂质的补偿作用，双性杂质的概念，深能级杂质及其特点；
5. 点缺陷的概念及缺陷能级，位错及位错能级。

（三）半导体中载流子的统计分布

1. k 空间中量子态的分布，状态密度的概念，球形和椭球形等能面情况下状态密度的计算；
2. 费米分布函数和玻尔兹曼分布函数，费米能级的物理意义，玻尔兹曼分布的适用条件；
3. 导带电子浓度和价带空穴浓度的计算，导带和价带有效状态密度的概念，非简并半导体中热平衡电子浓度和空穴浓度的计算公式，热平衡载流子浓度的乘积，本征半导体的载流子浓度；
4. 杂质能级被电子和空穴占据概率的计算，只含一种施主杂质的 n 型半导体中载流子浓度的计算，只含一种受主杂质的 p 型半导体中载流子浓度的计算，n 型半导体中电子浓度温度关系及其机理；
5. 一般情况下半导体中载流子浓度的计算；
6. 简并半导体的概念，简并半导体载流子浓度的计算，简化条件；
7. 重掺杂情况下载流子冻析效应，杂质能带，禁带变窄效应。

（四）半导体的导电特性

1. 欧姆定律微分形式数学定义式，载流子漂移运动和迁移率的概念，电导率与迁移率的关系，漂移电流密度表达式；
2. 载流子散射的概念，散射概率，电离杂质散射的概念及其散射概率的温度关系，晶格

振动散射的概念，声学波和光学波，长纵声学波和光学波散射的机理，长纵声学波散射概率的温度关系；

3. 载流子平均自由时间的概念及其与散射概率的关系，迁移率与平均自由时间的关系；

4. 电导率与平均自由时间的关系，电导迁移率和电导有效质量的概念；

5. 迁移率与杂质浓度和温度的关系；电阻率与杂质浓度的关系，电阻率的温度关系；

6. 强场效应，热载流子，欧姆定律的偏离及其机理，平均漂移速度与电场强度的关系，多能谷散射，体内负微分电导，高场畴区及耿氏振荡。

（五）非平衡载流子

1. 非平衡载流子的概念，非平衡载流子的注入与复合，非平衡载流子的寿命；

2. 准费米能级的概念，利用准费米能级计算非平衡下载流子浓度，多子准费米能级和少子准费米能级相对热平衡费米能级的偏离情况；

3. 非平衡载流子的复合的概念，直接复合理论，直接复合机制复合率和非平衡载流子寿命的推导，间接复合的概念，间接复合的4个过程，间接复合机制复合率和非平衡载流子寿命的推导，复合中心的概念，杂质或缺陷能级成为有效复合中心的条件，表面复合的概念，俄歇复合的概念；

4. 陷阱的概念，陷阱效应对非平衡载流子复合的影响，杂质或缺陷能级成为有陷阱中心的条件；

5. 载流子扩散运动的概念，扩散流密度，扩散定律，一维稳态扩散方程及其解；

6. 同时存在扩散运动和漂移运动情况下电流密度的表达式，载流子的爱因斯坦关系；

7. 连续性方程及其解，利用连续性方程分析光激发载流子的衰减、少数载流子脉冲在电场中的漂移和稳态情况下的表面复合。

四、参考书目

[1] 《半导体物理学》，主编：刘恩科，朱秉升，罗晋生，电子工业出版社出版社（2011年版）