

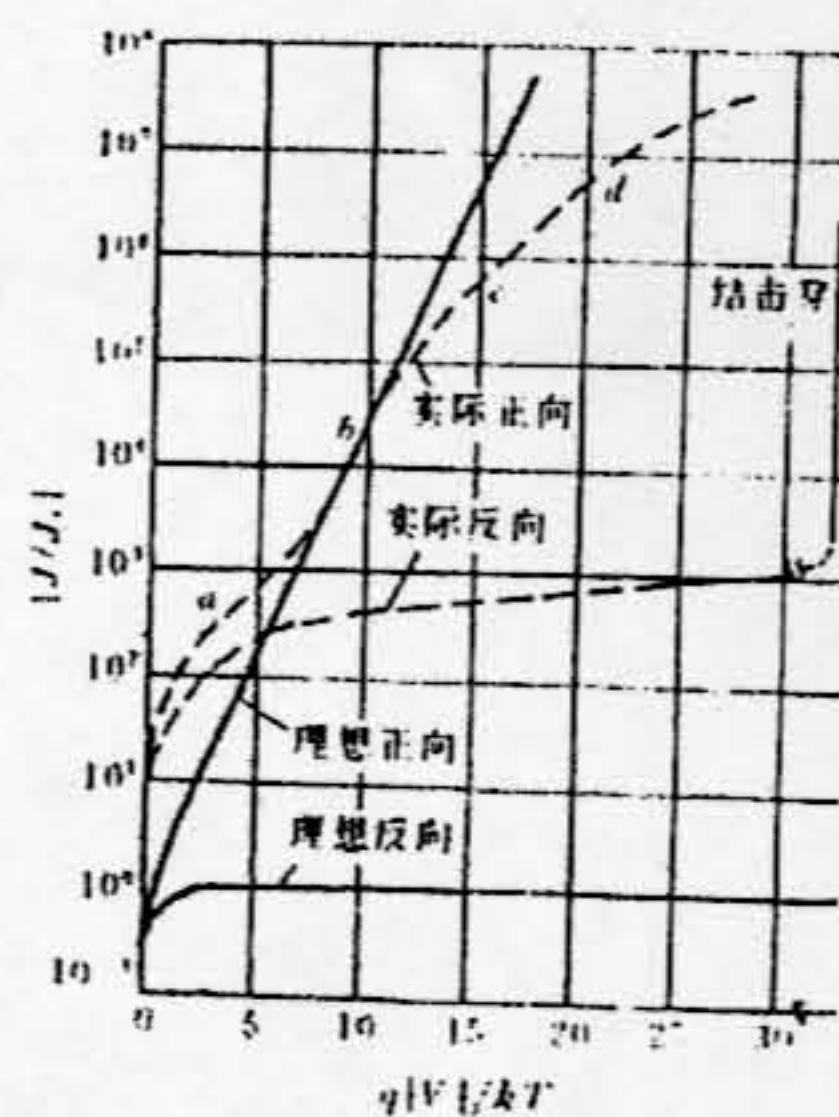
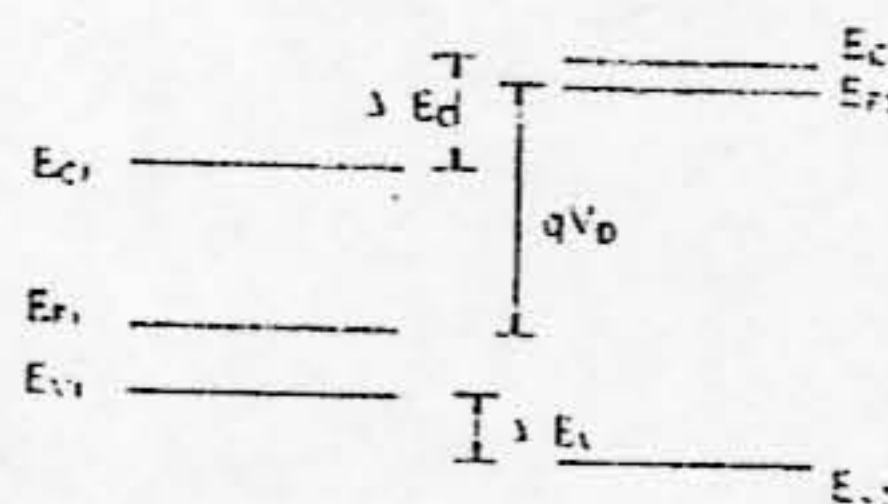
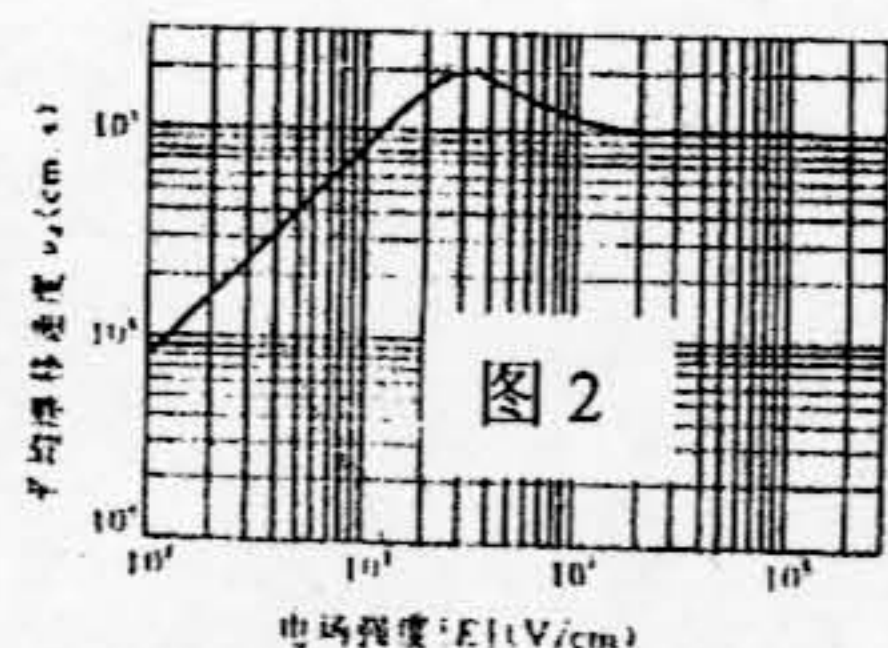
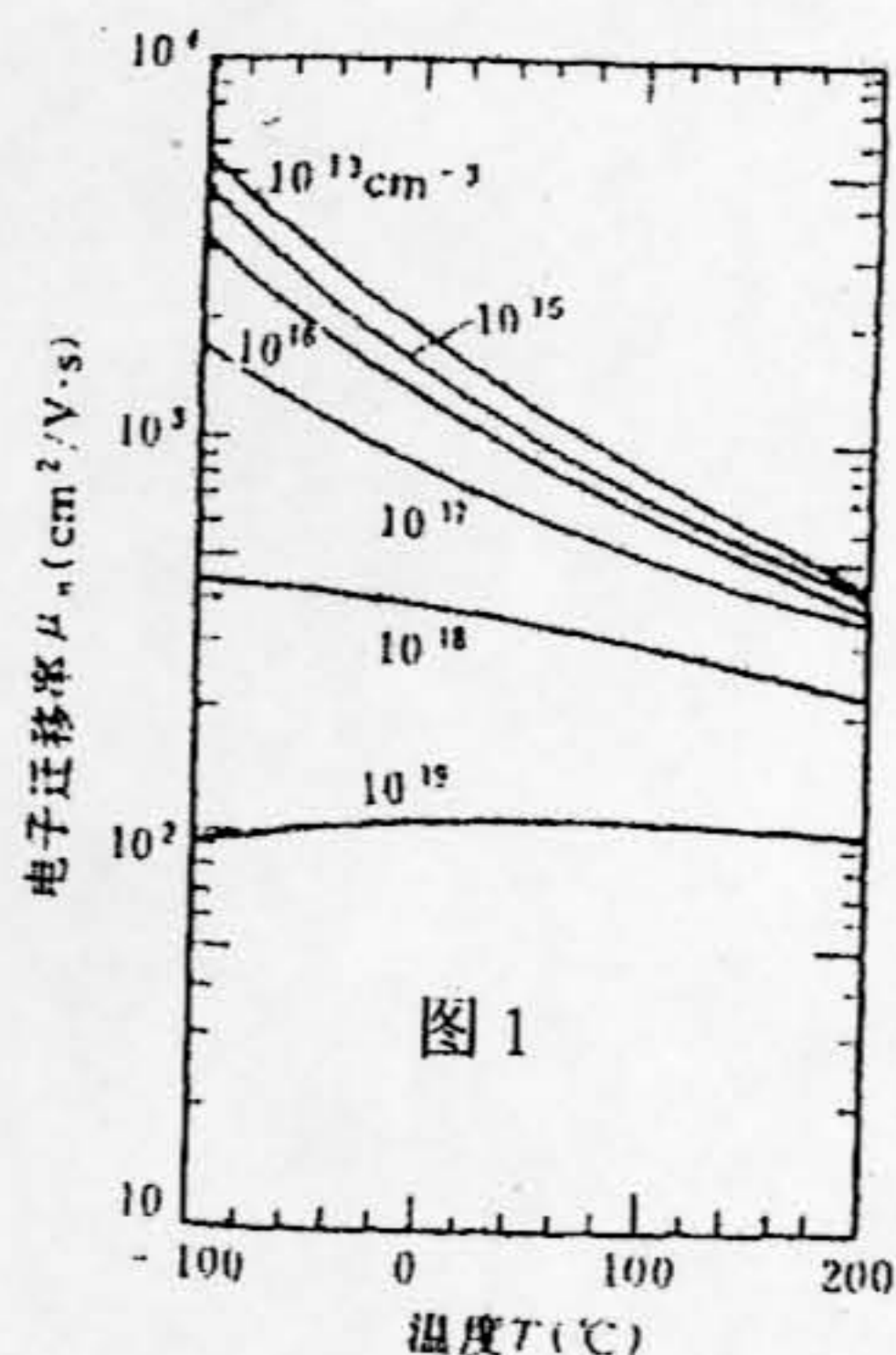
科目代码: 423 科目名称: 半导体物理 适用专业: 微电子与固体电子学、物理电子学

# 北京工业大学 2004 年硕士研究生入学考试试题

★所有答案必须答在答卷纸上, 答在试题上无效!

## 一、(34 分) 简答题

- (4 分) 指出 K 空间中, Si, Ge, GaAs 导带底和价带顶的位置。
- (4 分) 金属和半导体导电类型上有何不同?
- (4 分) 当 PN 结两侧掺杂浓度  $N_D$  及  $N_A$  相同时, 比较 Si、Ge、GaAs 材料 PN 结内建电势的大小, 为什么?
- (4 分) 在一定温度下, N 型和 P 型半导体中的掺杂  $N_D$  和  $N_A$  相同时, 电子和空穴的迁移率哪个大? 为什么?
- (5 分) 如图 1 的 N 型样品, 为什么掺杂浓度越高, 如掺杂为  $N_D = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  时, 迁移率随温度的变化变得越稳定?



- (5 分) 如图 2, 解释 GaAs 样品高场下, 负微分电导的物理原因。
- (4 分) 画出如图 3 所示的两异质材料形成 PN 结后, 热平衡时的能带图。
- (4 分) 如图 4, PN 结正向小电压下, 实际 I-V 特性曲线偏离理想 I-V 曲线的物理原因是什么?



所有答案必须做在答题纸上, 写在试题上无效!

二、(40 分) 计算题

9、(18 分) 在 300K 时的本征 Si 样品, 此时电子的迁移率为  $\mu_n = 1350 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ , 空穴迁移率为  $\mu_p = 500 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ , 计算:

(1) 此样品的电阻率  $\rho$ ;

(2) 光照后, 样品中均匀地产生光生载流子, 电子-空穴对的产生率为  $10^{21} \text{ cm}^{-3}\text{s}^{-1}$ ; 若样品中载流子寿命为  $1 \mu\text{s}$ , 计算:

a. 维持光照, 达到稳态以后样品中的载流子浓度  $n$  和  $p$ ;

b. 此时 (维持光照) 样品的电阻率。

10、(10 分) 长为  $L_x$ , 宽为  $L_y$  的二维电子气系统, 其能量  $E$ - $k$  关系为:

$$E(k) = \frac{\hbar^2 k^2}{2m^*} \quad (k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ 为电子的波矢量}), \hbar \text{ 是普朗克常数 } h/2\pi, m^* \text{ 是电子的有效质量。}$$

求二维状态空间中,  $E$  到  $E+dE$  间的状态数 (不计电子自旋)。

11、(12 分) 一电阻率为  $\rho = 0.05 \Omega\cdot\text{cm}$  的 N 型硅, 在室温 300K 下, 试求:

(1) 费米能级的位置  $E_C - E_F$  和半导体的功函数  $W_s$ 。

(2) 若不考虑表面态的影响, 该 N 型硅与铝 (铝的功函数  $W_s = 4.20 \text{ eV}$ ) 接触, 求金属侧的势垒高度  $q\Phi_{ms}$  和半导体侧的势垒高度  $qV_D$ 。

三、(36 分) 证明题

12、(12 分) 假定一束光在一块 N 型半导体内部均匀地产生非平衡载流子  $\Delta n$  和  $\Delta p$ 。在  $t=0$  时刻, 光照突然停止,  $\Delta p$  将随时间变化。设  $1/\tau_p$  是单位时间内非平衡少数空穴的复合几率。

(1)、设  $t=0$  时,  $\Delta p(0) = (\Delta p)_0$ 。证明:  $\Delta p(t) = (\Delta p)_0 \exp(-t/\tau)$ 。

(2)、证明非平衡少数空穴的平均生存时间  $\bar{t} = \tau_p$ 。



所有答案必须做在答题纸上, 写在试题上无效!

13、(12 分) 对于非简并半导体, 证明: 本征载流子浓度  $n_i$  只与载流子的有效质量、材料的禁带宽带和温度有关。

14、(12 分) 对于一个  $N^+P$  结, 若 PN 结的面积为  $A$ , P 型一侧的掺杂为  $N_A$ , 采用耗尽近似, 证明反向偏置下其耗尽层电容为:

$$C_T = \left| \frac{dQ}{dV} \right| = A \sqrt{\frac{\epsilon_r \epsilon_0 q N_A}{2(V_D + V)}}$$

$V_D$  是 PN 结接触电势差,  $V$  是外加反向电压 (取正值),  $\epsilon_r$  是半导体相对介电常数。

#### 四、(40 分) 论述题

15、(12 分) 如图 5, 通过霍尔效应实验, 如何来判断半导体样品的导电类型、测量载流子浓度和测量载流子霍尔迁移率。(忽略载流子速度的统计分布)

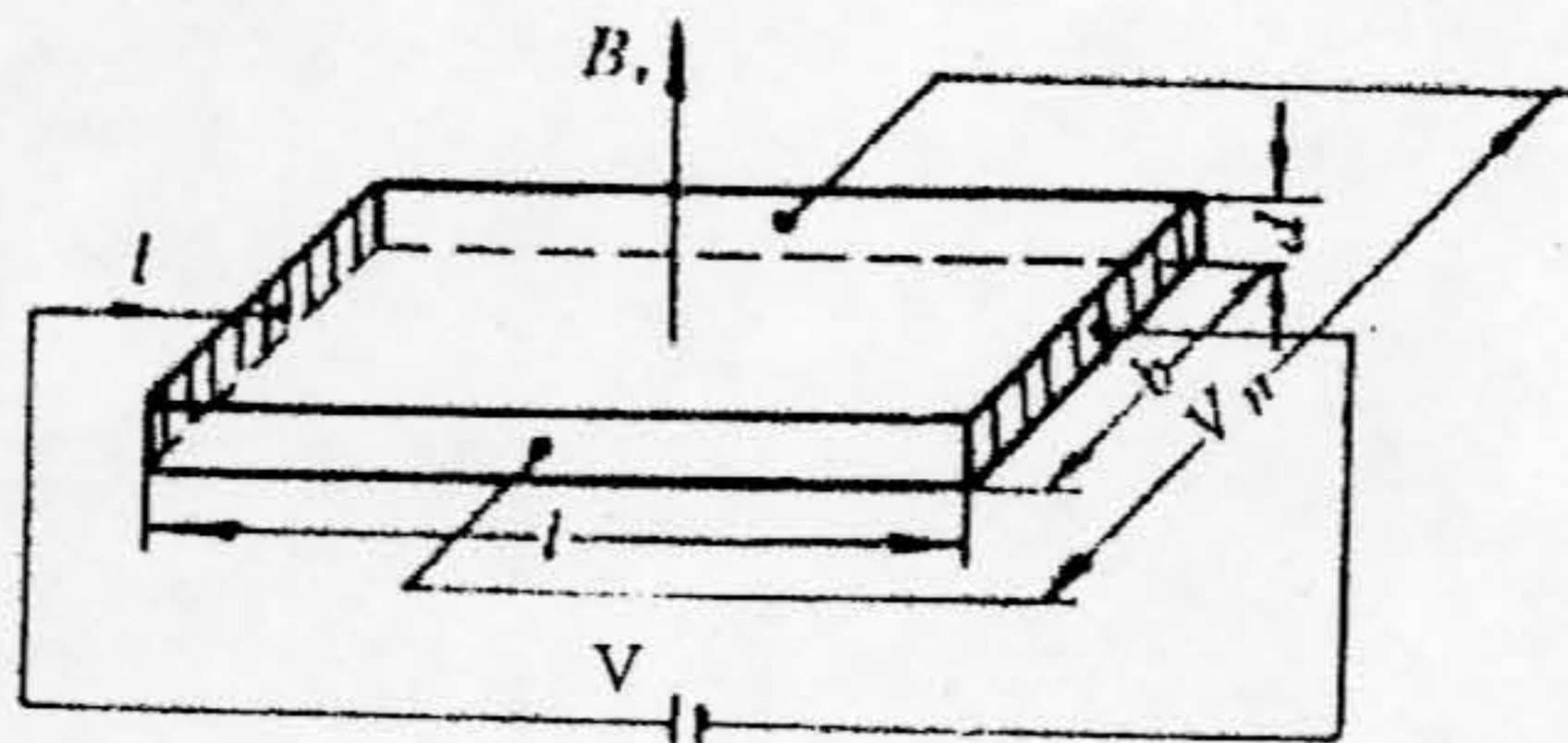


图 5 霍尔效应实验示意图

16、(12 分) 讨论 PN 结雪崩击穿电压和隧道击穿电压随温度变化的机制。并叙述如何通过实验判断一个 PN 结二极管其内部是以何种击穿机理为主的。

17、(10 分) 画出 n 型 Si 理想 MOS 结构低频、高频 C-V 特性曲线。并论述其物理过程。

18、(6 分) 描述如何测量 MOS 结构中,  $\text{SiO}_2$  层中的可移动  $\text{Na}^+$  离子电荷密度。



科目代码: 423 科目名称: 半导体物理 适用专业: 微电子与固体电子学、物理电子学

所有答案必须做在答题纸上, 写在试题上无效!

附一、物理常数

名称	符号	数值
电子电荷	$q$	$1.6 \times 10^{-19} \text{C}$
波尔兹曼常数	$K_B$	$1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$
真空介电常数	$\epsilon_0$	$8.85 \times 10^{-12} \text{F/m}$
电子伏特	$\text{eV}$	$1.6 \times 10^{-19} \text{J}$

附二、Si 材料的性质 (300K)

名称	符号	数值
禁带宽度	$E_g$	$1.12 \text{eV}$
电子亲和势	$\chi$	$4.05 \text{eV}$
本征载流子浓度	$n_i$	$1.5 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$
导带底等效状态密度	$N_C$	$3 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$
相对介电常数	$\epsilon_s$	12