

电子科技大学

2016 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目：832 微电子器件

注：所有答案必须写在答题纸上，写在试卷或草稿纸上均无效。

一、填空题（共 44 分，每空 1 分）

- 1、PN 结的内建电势也称为扩散电势，是指耗尽区中从（ ）处到（ ）处的电位差。掺杂浓度越高，内建电势将越（ ）。
- 2、根据耗尽近似和中性近似，在 PN 结势垒区内，（ ）已完全耗尽；而在势垒区之外，（ ）浓度等于电离杂质浓度，维持电中性。
- 3、在相同的电场强度和温度下，锗材料和硅材料相比较，碰撞电离率更高的是（ ），其原因是它的（ ）更小。
- 4、在计算实际 PN 结的雪崩击穿电压或势垒电容时，如果结两侧掺杂浓度相差较小，浓度梯度较小，而结深较大时，则可将其近似为（ ）结求解。
- 5、温度升高时，PN 结的齐纳击穿电压会（ ），因为（ ）随温度升高减小了。
- 6、一个 PN 结二极管在制备完成后对其进行了电子辐照，该二极管的反向恢复时间将（ ），原因是电子辐照在半导体中引入了（ ）。
- 7、当 PN 结的正向电流增大时，其直流增量电阻会（ ），扩散电容会（ ）。（填“变大”，“变小”或“不变”）
- 8、双极型晶体管的基区宽度越小，其共发射极增量输出电阻越（ ），厄尔利电压越（ ）。（填“大”或“小”）
- 9、双极型晶体管的发射结注入效率是指（ ）电流与（ ）电流之比。
- 10、双极型晶体管的基区发生大注入时，由于基区载流子浓度急剧增加，其发射结注入效率 γ 会（ ）；同时，和 PN 结大注入相类似，基区内会发生（ ）效应。
- 11、高频双极型晶体管的工作频率范围一般在：（ ） $< f <$ （ ）。
- 12、双极型晶体管的高频优值是指（ ）与（ ）的乘积。

- 13、小电流时，双极型晶体管的电流放大系数会下降，这是由于（ ）在（ ）中所占的比例增加所引起的。
- 14、MOS 结构中，半导体的表面势是指从（ ）到（ ）的电势差。一般来说，实际 MOS 结构的表面势是（ ）零的，这主要是由于（ ）以及（ ）所引起。（第三个空填“>”、“<”或“=”）
- 15、为了降低栅氧化层电荷的影响，MOSFET 通常会采用（ ）晶面来制作。
- 16、为了提高 MOSFET 的饱和区跨导，应该（ ）栅源电压，（ ）栅氧化层厚度，（ ）沟道宽长比。
- 17、当短沟道 MOSFET 的沟道载流子发生速度饱和时，提高其栅源电压，将引起饱和区跨导（ ）。（填“变大”，“变小”或“不变”）
- 18、半导体表面发生强反型是指（ ）浓度等于或超过（ ）浓度。
- 19、实际 MOSFET 的饱和区漏极电流 I_{Dsat} 并不饱和，而是会随 V_{DS} 的增加略有增加，其原因是（ ）和（ ）。
- 20、温度降低将引起 MOSFET 的阈值电压（ ），BJT 的发射结正向导通压降（ ）。
- 21、MOSFET 完全开启之后，其漏极电流主要由载流子在反型沟道中通过（ ）运动从源端流到漏端形成的；而 MOSFET 处于亚阈值时，亚阈值电流主要由载流子在沟道区中通过（ ）运动被漏端收集形成的。

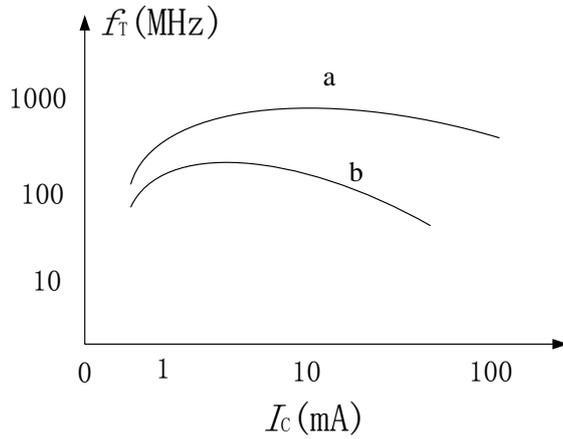
二、简答与作图题 (共 54 分)

- 1、请画出 PN 结二极管的交流小信号等效电路，并指出等效电路中各元件的名称。（6 分）
- 2、简要叙述 PN 结空间电荷区从形成到稳定的过程。（6 分）

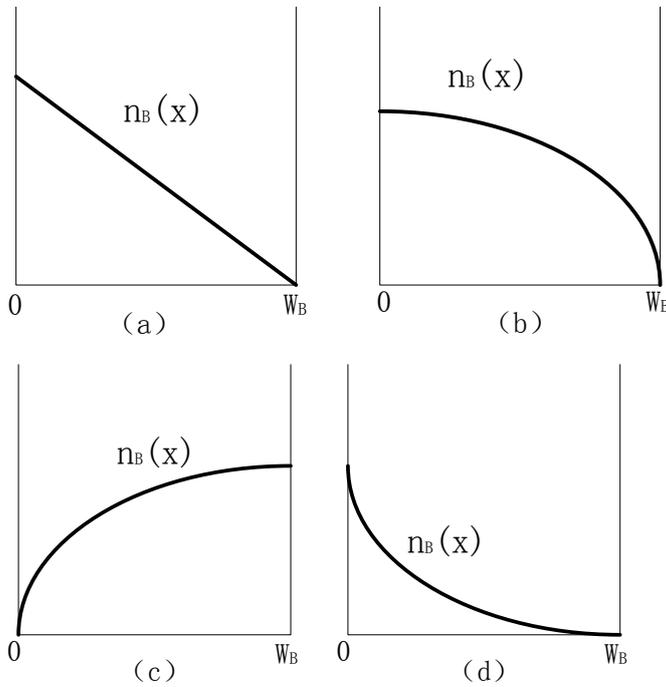
3、下图是一个 npn 双极型晶体管在不同直流偏置下测试获得的特征频率示意图。(8 分)

(1) 请解释为什么在 I_c 过大和过小时，特征频率都会出现下降？

(2) 图中两条曲线 a 和 b 分别是 $V_{BC} = -0.5V$ 和 $-2V$ 的测试结果，请指出每条曲线对应的 V_{BC} 的值，并解释原因。



4、现有一个以平面工艺制备的缓变基区 npn 晶体管，请指出以下哪一个图符合该晶体管处于放大状态时的基区少数载流子分布示意图，并解释原因。(6 分)



5、当双极型晶体管对高频小信号进行放大时，其高频小信号基区输运系数将随频率发生变化，这主要是由于少子的基区渡越时间引起的。请说明少子基区渡越时间对基区输运过程的主要影响。（6分）

- 6、
- (1) 请画出一个 PMOS 的结构示意图，并标出各主要区域的掺杂类型；
 - (2) 要保证该器件正常开启，S、D、G、B 各电极的电位应如何连接？
 - (3) 假设 S 和 B 的电位相同，画出该器件当 $V_G=V_T$ 时 MOS 结构的能带图。
 - (4) 如果 S 的电位高于 B， $|V_T|$ 与 $V_{SB}=0$ 时的 $|V_T|$ 相比将如何变化？如果 S 的电位低于 B， $|V_T|$ 与 $V_{SB}=0$ 时的 $|V_T|$ 相比又将如何变化？
- (10分)

7、在对某长沟道 NMOS 的漏源击穿电压进行测试时，发现栅极的偏置电压会影响漏源击穿电压。请问当 V_{GS} 增大时，漏源击穿电压将如何变化？为什么会发生这样的变化？（6分）

8、请解释短沟道 MOSFET 的 DIBL 效应产生的物理机制及造成的负面影响。（6分）

三、计算题（共 52 分）

1、某单边突变 P+N 结，其结面积为 0.01cm^2 ，N 型区掺杂浓度为 $5 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ ，N 型区少子扩散长度为 $10\mu\text{m}$ ，少子寿命为 $1\mu\text{s}$ ，N 型区厚度为 $5\mu\text{m}$ 。本征载流子浓度 $n_i=1 \times 10^{10}\text{cm}^{-3}$

(1) 写出 N 型区少子扩散方程的表达式。

(2) 如果外加 0.6V 的正向电压，画出 N 型区少子浓度分布示意图并进行必要的标注，求出此时存储在 N 型区中的非平衡少子总数。

(9分)

2、某突变 PN 结的内建电势 $V_{bi}=0.7\text{V}$ ，当外加电压 $V=0.3\text{V}$ 时的势垒电容与扩散电容分别是 5pF 和 0.2pF ，试求：

(1) 当外加电压 $V=0.5\text{V}$ 时的势垒电容与扩散电容分别是多少？

(2) 当外加电压 $V=-5.3\text{V}$ 时的势垒电容与扩散电容又分别是多少？

(12分)

3、在 N 型硅片上进行硼扩散后，得到集电结结深为 $2.5\mu\text{m}$ ，有源基区方块电阻为 $1000\Omega/\square$ ，再进行磷扩散，得到发射结结深为 $1.5\mu\text{m}$ ，发射结结面积为 $1\times 10^{-4}\text{cm}^2$ ，发射区方块电阻为 $10\Omega/\square$ 。基区自建场因子 $\eta=6$ 。基区电子和空穴的扩散系数分别为 $D_n=25\text{cm}^2/\text{s}$ 和 $D_p=10\text{cm}^2/\text{s}$ ，电子和空穴的寿命分别为 $\tau_n=1\mu\text{s}$ 和 $\tau_p=1.5\mu\text{s}$ ，电子电荷量为 $1.6\times 10^{-19}\text{C}$ 。求：

(1) 扩散到发射区的磷杂质总量为多少（忽略杂质补偿的影响）？

(2) 基区少子的渡越时间

(3) 晶体管的电流放大系数 α 和 β

(14 分)

4、某耗尽型 N 沟道 MOSFET，其增益因子 $\beta=2.5\times 10^{-2}\text{AV}^{-2}$ ，饱和漏极电流 $I_{DSS}=0.05\text{A}$ 。求：

(1) 器件的阈电压 V_T

(2) 当 $V_G=V_D=5\text{V}$ 时，求此时的漏极电流。

(6 分)

5、某 N 沟道 MOSFET，其沟道宽长比 $Z/L=10$ ， $T_{\text{ox}}=50\text{nm}$ ，沟道迁移率 $\mu_n=500\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ，氧化层介电常数 $\epsilon_{\text{ox}}=3.45\times 10^{-13}\text{F}/\text{cm}$ 。求：

(1) 如果将该器件作为可控电阻器来使用，对 V_{DS} 有什么样的要求？如果要获得 $2\text{k}\Omega$ 的电阻， $(V_{GS}-V_T)$ 应设置为多少？此时沟道内的电子面密度 $Q_n/-q$ 为多少？电子电荷量为 $1.6\times 10^{-19}\text{C}$ 。

(2) 如果将该器件用作信号放大，对 V_{DS} 又有什么样的要求？如果此时要获得 3mS （西门子）的跨导， $(V_{GS}-V_T)$ 又应设置为多少？

(11 分)