

电子科技大学

2014 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。

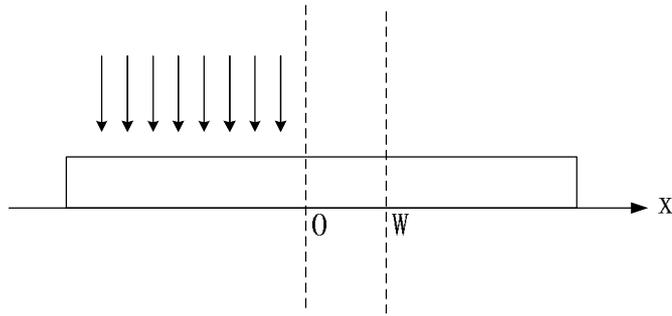
一、填空题（共 48 分，每空 1.5 分）

- 1、PN 结二极管用途广泛，在作为变容二极管使用时，主要利用其（ ）向偏置的（ ）电容；在作为温度传感器使用时，主要利用其正向导通压降会随温度的升高而（ ）。
- 2、一个 P+N 型的二极管，电子和空穴的寿命分别为 τ_n 和 τ_p ，在外加正向直流电压 V_1 时电流为 I_1 ，当外加电压反向为 $-V_2$ 时，器件会经历一段反向恢复过程，这主要是由正向导通时存储在（ ）型中性区中的非平衡少子造成的，该非平衡少子的总量为（ ）。
- 3、防止 PN 结发生热击穿，最有效的措施是降低器件的（ ）。同时，禁带宽度越（ ）的半导体材料，其热稳定性越好。（第二个空填“大”或“小”）
- 4、双极型晶体管的基区宽度调变效应越严重，其厄尔利电压越（ ），共发射极增量输出电阻越（ ）。（填“大”或“小”）
- 5、已知双极型晶体管的基区渡越时间和基区少子寿命分别为 τ_b 和 τ_B ，则 $1/\tau_B$ 表示的物理意义为（ ），因此 τ_b/τ_B 可以表示（ ）。
- 6、MOSFET 的亚阈区摆幅 S 反映了在亚阈区中（ ）的控制能力。栅氧化层越厚，则 S 越（ ），该控制能力越（ ）。（第二个空填“大”或“小”，第三个空填“强”或“弱”）
- 7、当金属和 P 型半导体形成金-半接触时，如果金属的功函数大于半导体的功函数，半导体表面将形成（ ），该结构（ ）单向导电性。（从以下选项中选择）
A 电子阻挡层 B 电子反阻挡层 C 空穴阻挡层 D 空穴反阻挡层
E 具有 F 不具有

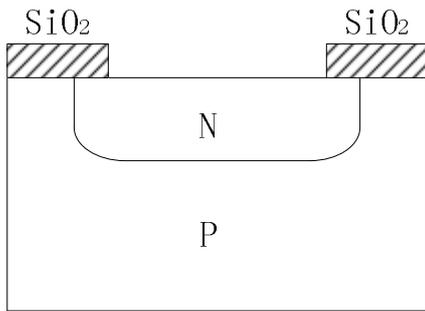
- 8、MOSFET 的跨导是 () 特性曲线的斜率，而漏源电导是 () 特性曲线的斜率。在模拟电路中，MOSFET 一般工作在 () 区，此时理想情况下漏源电导应为零，但实际上由于 () 和 ()，漏源电导通常为正的有限值。
- 9、短沟道 MOSFET 中采用偏置栅结构或漏端轻掺杂结构，是为了降低漏端附近的电场强度，从而抑制 () 效应，防止器件电学特性退化。
- 10、如果以 SiGe 来制作 BJT 的发射区，Si 来制作 BJT 的基区，则与全部采用 Si 材料的双极型晶体管相比，其共基极电流放大系数 α 将 ()。 (填“增大”、“减小”或“不变”)
- 11、根据恒场等比例缩小法则，当 MOSFET 的沟道长度缩小 K 倍时，其阈值电压变为之前的 ()，总电容变为之前的 ()，最高工作频率变为之前的 ()。
- 12、研究发现硅-二氧化硅系统中，存在四种形式的电荷或能量状态，包括 Na^+ 、 K^+ 等可动离子、()、() 以及二氧化硅层中的电离陷阱电荷，通常它们都带正电，因此 () 型 MOSFET 的衬底表面更容易反型。
- 13、PMOS 的衬底相对于源端应该接 () 电位。当 $|V_{\text{BS}}|$ 增加时，PMOS 的阈值电压绝对值将 ()，该效应叫做 ()。 (第二个空填“增大”、“减小”或“不变”)

二、简答与作图题 (共 57 分)

- 1、如图所示，一块掺杂浓度为 N_D 的无限长均匀 N 型半导体材料，在 x 的负半轴有一束光稳定地照射在半导体表面，产生体密度为 G_0 的电子-空穴对。 (9 分)
- (1) 写出该半导体材料在 x 正半轴的少数载流子扩散方程。(只考虑少数载流子在 x 方向的运动)
- (2) 如果要通过上述扩散方程求解 x 正半轴的少数载流子分布，应该采用什么样的边界条件?
- (3) 如果该半导体材料在 x 正半轴的长度缩短为 W (W 远小于少数载流子扩散长度)，又应该采用什么样的边界条件求解?



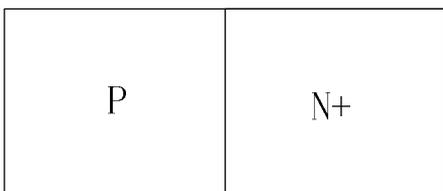
2、下图是一个通过扩散工艺制作的 PN 结，由于横向扩散，在 PN 结终止的地方会形成弯曲的结面。发现该 PN 结的雪崩击穿电压远小于平行平面结击穿电压的理论计算值，造成该现象的原因是什么？如果要提高该结构的击穿电压，对扩散工艺的时间应该做怎样的调整？为什么？（9 分）。



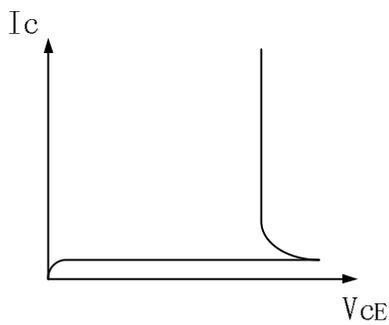
3、请画出 PNP 缓变基区晶体管工作在放大区的能带图和少数分布图，并标注出必要的物理量（10 分）。

4、某 PN+ 结在一定的外加正向电压下发生了大注入现象。（10 分）

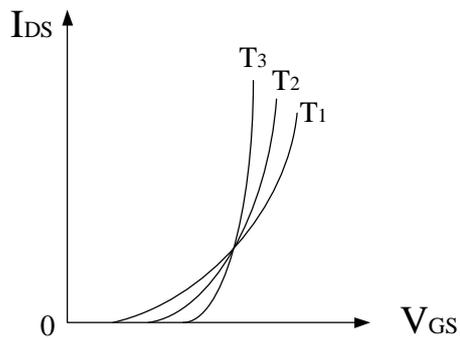
- (1) 请问大注入发生在哪个区？
- (2) 大注入将在中性区引入自建电场，指出该自建电场的方向，并说明自建电场的形成过程。
- (3) 发生大注入的区域，其中性区与耗尽区交界处的少数浓度是多少？



- 5、下图为测试获得的某 NPN 型双极型晶体管的击穿特性曲线。请问测试时该双极型晶体管的 E、B、C 三个电极的电位是如何连接的？请解释击穿特性曲线上为什么会有一段负阻区域？（9 分）

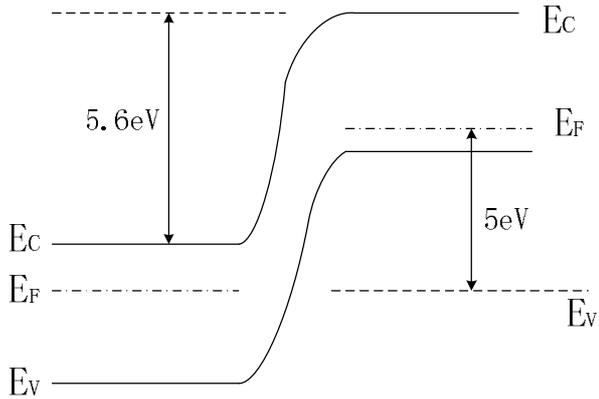


- 6、下图是在 25°C、75°C 和 125°C 下测到的 MOSFET 的三条转移特性曲线。请问图中的温度 T1、T2、T3 分别对应哪一个温度？为什么？这样的温度特性对于 MOSFET 在应用中的可靠性是有利还是有弊？为什么？（10 分）



四、计算题（共 45 分）

- 1、图为某突变 PN 结在外加电压下的能带图。求：（1）外加电压为正向电压还是反向电压？大小是多少？（2）该 PN 结的内建电势是多少？（3）如果 P 型区和 N 型区掺杂浓度的比值是 4:1，现在分别有多少电压降在 P 型区和 N 型区的耗尽区上？（10 分）



- 2、一个 NPN 双极型晶体管，掺杂浓度为 $N_E=5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ， $N_B=5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ ， $N_C=1 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ ，发射区和基区宽度为 $W_E=10 \mu\text{m}$ ， $W_B=2 \mu\text{m}$ 。偏置条件为 $I_B=2 \text{mA}$ ， $V_{BC}=-3 \text{V}$ 。电子和空穴的扩散系数分别为 $D_n=40 \text{cm}^2/\text{s}$ 和 $D_p=20 \text{cm}^2/\text{s}$ ，电子和空穴的寿命均为 $1 \mu\text{s}$ 。求：（10 分）

- (1) 器件的共发射极直流短路电流放大系数 β 为多少？
- (2) 器件的跨导 g_m 为多少？

- 3、某高频晶体管的 $\beta_0=200$ ，当信号频率 f 为 50MHz 时测得 $|\beta_{\omega}|=8$ ，且最大功率增益 $K_{p\text{max}}=100$ 。（10 分）

- 求：（1）该晶体管的特征频率 f_T
- (2) 该晶体管的截止频率 f_{β}
 - (3) 该晶体管的最高振荡频率 f_M
 - (4) 当信号频率 f 为 200MHz 时该晶体管的 $|\beta_{\omega}|$ 和最大功率增益 $K_{p\text{max}}$ 值。

4、某 MOSFET 采用简并掺杂的 P 型多晶硅作栅电极。假设多晶硅的禁带宽度与硅相同，均为 1.1eV ，且多晶硅的费米能级已经与价带顶 E_V 重合；同时假设栅氧化层中不存在电荷。在不加任何栅压时，该 MOSFET 的能带图如下图所示。请问：（15 分）

- (1) 该 MOSFET 是 NMOS 还是 PMOS？是增强型还是耗尽型？为什么？
- (2) 未加任何栅压，为什么衬底表面的能级会向上弯曲？
- (3) 假设外加栅压有一半降在氧化层，一半降在半导体表面。求器件的平带电压和阈值电压。
- (4) 如果将栅电极换成简并掺杂的 N 型多晶硅，其他假设条件不变，器件的阈值电压变为多少？

