

第一周

1 空间任意点的电场强度的散度正比于该点的（ ）。

- ☒ A. 电荷密度
- ☐ B. 电流密度
- ☐ C. 正电荷密度
- ☐ D. 负电荷密度

正确答案: A 你选对了

2 输运方程由电子电流密度和空穴电流密度构成，当载流子的迁移率和扩散系数确定以后，漂移电流取决于（ ）。

- ☒ A. 载流子浓度
- ☒ B. 电场强度
- ☐ C. 载流子浓度梯度
- ☐ D. 电荷密度

正确答案: A、B 你选对了

1 P型区和N型区的交界面称为（ ）。

- ☒ A. 冶金结面
- ☐ B. 表面
- ☒ C. 结面
- ☐ D. 界面

正确答案: A、C 你选对了

1 p型空间电荷区由（ ）构成。

- ☐ A. 电子
- ☐ B. 空穴
- ☐ C. 带正电的电离施主杂质
- ☒ D. 带负电的电离受主杂质

正确答案：D 你选对了

2 PN结的内建电势 V_{bi} 与（ ）有关。

- ☒ A. 温度
- ☒ B. 掺杂浓度
- ☒ C. 材料种类
- ☐ D. 外加电压

正确答案：A、B、C 你选对了

1 采用耗尽近似，P型耗尽区内的()完全扩散掉。

- ☐ A. 电子
- ☐ B. 空穴
- ☒ C. 载流子
- ☐ D. 带负电的电离受主杂质

正确答案: C 你选对了

2 采用耗尽近似，N型耗尽区内的泊松方程与()成正比。

- ☒ A. 施主杂质浓度
- ☐ B. 受主杂质浓度
- ☐ C. 电子浓度
- ☐ D. 空穴浓度

正确答案: A 你选对了

1 单边突变结的()主要取决于低掺杂一侧的杂质浓度。

- ☐ A. 内建电势
- ☒ B. 耗尽区宽度
- ☒ C. 最大电场
- ☐ D. 势垒高度

正确答案: B、C 你选对了

第二周

1 处于平衡态的PN结，其费米能级 E_F 处处相等。

- ☒ A. ✓
- ☐ B. ✗

正确答案：A 你选对了

2 由PN结能带图可见，电子从N区到P区，需要克服一个高度为 V_{bi} 的势垒。

- ☐ A. ✓
- ☒ B. ✗

正确答案：B 你选对了

1 在近似条件下，平衡态的公式可以推广到非平衡态。其推广过程是将 V_{bi} 用（ ）代替。

- ☒ A. $V_{bi} - V$
- ☐ B. $V_{bi} + V$
- ☐ C. $V - V_{bi}$
- ☐ D. $V + V_{bi}$

正确答案：A 你选对了

1 在平衡状态下，电子的电流密度（ ）。

- ☒ A. 等于0
- ☐ B. 大于0
- ☐ C. 小于0
- ☐ D. 大于等于0

正确答案：A 你选对了

1 PN结正偏时，势垒高度降低。这就意味着n型侧中性区和p型侧中性区有更多的多子可以通过漂移运动越过势垒。

- ☐ A. ✓
- ☒ B. ✗

正确答案: B 你选对了

1 反偏电流的电荷来源是（ ），所以反向电流很小。

- ☐ A. 多子
- ☒ B. 少子
- ☐ C. 电子
- ☐ D. 空穴

第三周

1 不考虑势垒区的产生-复合电流， J_{dn} 和 J_{dp} 在势垒区为常数，这样总的电流密度等于 $J=J_{dn}(-x_p)+J_{dp}(x_n)$ ，这样求解电流密度方程就只需在（ ）区进行。

- ☐ A. 耗尽
- ☒ B. 中性
- ☐ C. 势垒
- ☐ D. 空间电荷

1 在正偏时，从P区注入N区的非平衡空穴，其浓度在N区中随距离作指数式衰减。这是因为非平衡空穴在N区中一边扩散一边复合的缘故。

- ☒ A. ✓
- ☐ B. ✗

2 正偏PN结中，耗尽区边界的少子小于平衡态少子。

- ☐ A. ✓
- ☒ B. ✗

1 反向饱和电流的大小主要决定于半导体材料的种类、掺杂浓度和温度。半导体材料的禁带宽度越大，则 n_i 越大，反向饱和电流就越大。

☐ A. ✓

☒ B. ✗

1 反向偏置情况下，除空穴扩散电流 J_{dp} 和电子扩散电流 J_{dn} 外，还有（ ）。

☒ A. 势垒区的产生电流

☐ B. 势垒区的复合电流

☐ C. 产生电流

☐ D. 复合电流

2 正向偏置增加了耗尽层内的载流子浓度且高于其热平衡值，这导致了该区域内载流子出现复合占优。

☒ A. ✓

☐ B. ✗

1 当以正向扩散电流为主时，PN结的IV特性在 $\ln(I) - V$ 系统中的斜率为（ ）。

☒ A. $\frac{q}{kT}$

☐ B. $\frac{q}{2kT}$

☐ C. $\frac{kT}{q}$

☐ D. $\frac{2kT}{q}$

第四周

- 1 为了能用与平衡载流子浓度分布公式相类似的公式来描述非平衡载流子浓度的分布，引入了准费米能级的概念。如果用 E_{Fp} 和 E_{Fn} 分别代表空穴和电子的准费米能级。非平衡载流子的浓度分别表示（ ）

☒ A. $p=n_i \exp\left(\frac{E_i - E_{Fp}}{kT}\right)$

☐ B. $p=n_i \exp\left(\frac{E_c - E_{Fp}}{kT}\right)$

☒ C. $n=n_i \exp\left(\frac{E_{Fn} - E_i}{kT}\right)$

☐ D. $n=n_i \exp\left(\frac{E_{Fn} - E_p}{kT}\right)$

- 1 外加正向偏压为 V 时，势垒区中 E_{Fn} 比 E_{Fp} （ ）。

☒ A. 高 qV

☐ B. 低 qV

☐ C. 高 $q(V_{bi} - V)$

☐ D. 低 $q(V_{bi} - V)$

- 1 所谓小注入条件，是指注入某区边界附近的非平衡少数浓度远小于该区的平衡少数浓度，大注入条件是指注入某区边界附近的非平衡少数浓度远大于该区的平衡少数浓度。

☐ A. ✓

☒ B. ✗

- 1 当PN结发生大注入时，将产生自建电场，该电场的作用是阻止多子流动，使多子（产生和扩散运动大小相等方向相反的漂移运动，那么这个电场必定使少子产生和扩散运动大小相等方向相同的漂移运动。这相当于使少子的扩散系数 D 增大了一倍。这个现象称为韦伯斯脱（Webster）效应。

☒ A. ✓

☐ B. ✗

1 当载流子积累的能量 ΔE 超过禁带宽度 E_g 时可使被碰撞的价带电子跃迁到导带，从而产生一对新的电子空穴对，这就是碰撞电离过程，其主要发生在反偏PN结的（ ）中。

- ☐ A. 中性区
- ☐ B. 欧姆电极
- ☒ C. 耗尽区
- ☐ D. 扩散区

1 随着PN结反向电压的增加，载流子在势垒区积累的能量增加，会发生雪崩倍增效应，当（ ）时，雪崩倍增因子 $M \rightarrow \infty$ ，发生雪崩击穿。

- ☒ A. $\int_0^{x_d} \alpha_i dx \rightarrow 1$
- ☐ B. $\int_0^{x_d} \alpha_i dx \rightarrow 0$
- ☐ C. $\int_0^{x_d} \alpha_i dx \rightarrow \infty$
- ☐ D. $\int_0^{x_d} \alpha_i dx \rightarrow -1$

1 一般说来，当势垒区较宽时，即杂质浓度 N_0 或杂质浓度梯度 a 较小时，容易发生齐纳击穿。反之，则容易发生雪崩击穿。

- ☐ A. ✓
- ☒ B. ✕

第五周

1 对突变PN结，反向电压很大时，可以略去 V_{bi} ，这时势垒电容与（ ）成反比。

- ☐ A. $\sqrt[3]{|V|}$
- ☐ B. $|V|$
- ☐ C. $|V|^2$
- ☒ D. $\sqrt{|V|}$

1 PN结的扩散电容来源于中性区非平衡载流子电荷随外加电压的变化。

☒ A. ✓

☐ B. ✗

1 由于PN结二极管具有单向导电性，所以可当作开关使用。当二极管处于正向导通状态时，相当于开关闭合，称为“开”态。当二极管处于反向截止状态时，相当于开关断开，称为“关”态。作为开关使用的二极管称为开关二极管。

☒ A. ✓

☐ B. ✗

1 引起反向恢复过程的原因是 PN 结在（ ）期间存储在中性区中的非平衡少数电荷 Q。

☐ A. 反向恢复

☒ B. 正向导通

☐ C. 碰撞电离

☐ D. 热激发

1 在开关二极管中常采用掺金的方法来提高开关管的响应速度。也可采用掺铂、电子辐照、中子辐照等方法，其目的是（ ）。

☒ A. 引入复合中心降低少子寿命

☐ B. 引入复合中心增加少子寿命

☐ C. 增加载流子的散射

☐ D. 增加载流子的能量

第六周

1 双极晶体管效应是通过改变（ ）。

☐ A. 正偏PN结的偏压来控制其附近正偏结的电流

☒ B. 正偏PN结的偏压来控制其附近反偏结的电流

☐ C. 反偏PN结的偏压来控制其附近正偏结的电流

☐ D. 反偏PN结的偏压来控制其附近反偏结的电流

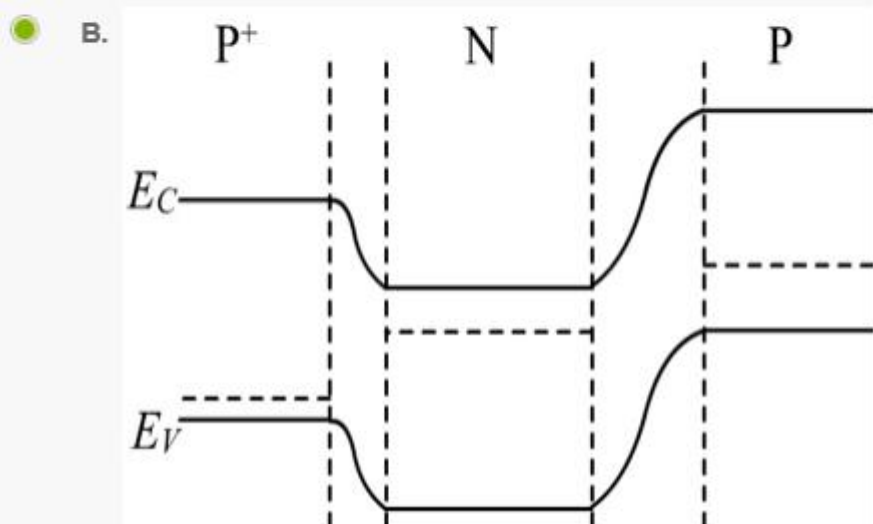
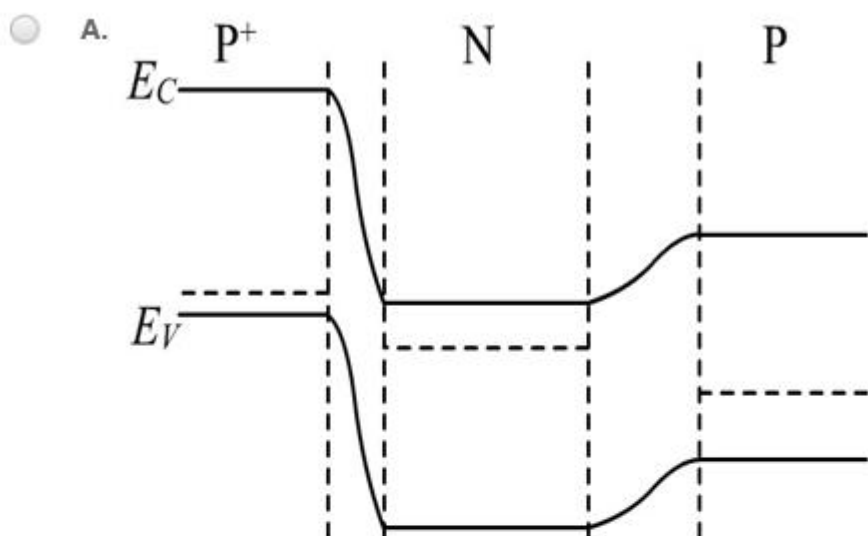
2 当（ ）时双极型晶体管处于饱和状态。

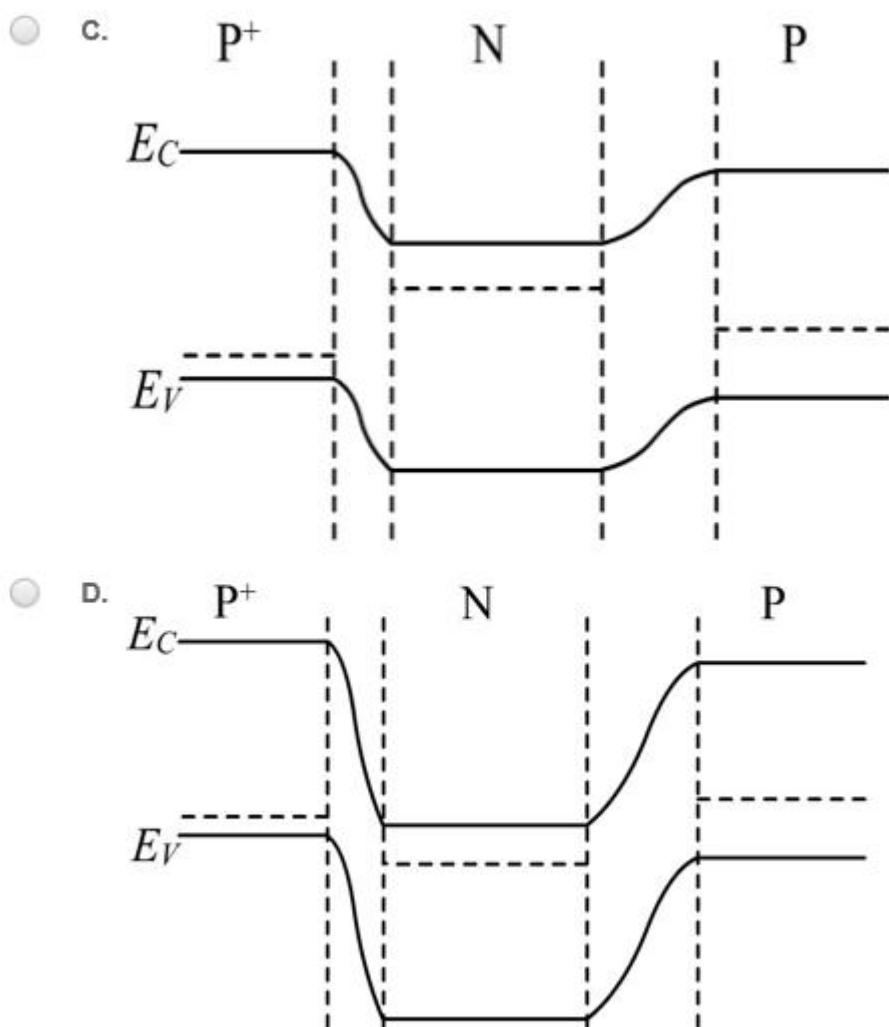
- ☐ A. 发射极正偏，集电极反偏
- ☐ B. 发射极正偏，集电极正偏
- ☐ C. 发射结正偏，集电结反偏
- ☒ D. 发射结正偏，集电结正偏

1 当NPN晶体管出在放大状态时，基区两侧耗尽区的少数载流子浓度分别为（ ）。

- ☐ A. $p_{B0}\exp(\frac{qV_{EB}}{kT})$, 0
- ☐ B. $p_{B0}\exp(\frac{qV_{BE}}{kT})$, 0
- ☐ C. $n_{B0}\exp(\frac{qV_{EB}}{kT})$, 0
- ☒ D. $n_{B0}\exp(\frac{qV_{BE}}{kT})$, 0

1 均匀基区PNP晶体管在放大状态下的能带图为（ ）。





1 要提高晶体管的电流传输效率，需要（ ）。

☐ A. $NE \ll NB$

☒ B. $NE \gg NB$

☒ C. $WB \ll LB$

☐ D. $WB \gg LB$

2 发射结正偏、集电极零偏时的 I_C 与 I_B 之比称为共发射极直流短路电流放大系数。

☐ A. ✓

☒ B. ✗

1 双极型晶体管的基区输运系数的表达式为（ ）。

☐ A. $1 - \tau_B/\tau_b$

☒ B. $1 - \frac{W_B^2}{2L_B^2}$

☐ C. $1 - \frac{W_B^2}{2D_B^2}$

☒ D. $1 - \tau_b/\tau_B$

2 基区中到达集电结的少子电流与从发射区注入基区的少子形成的电流之比，称为基区输运系数。

☒ A. ✓

☐ B. ✗

1 双极型晶体管的发射结注入效率的表达式为（ ）。

☐ A. $1 - \frac{D_E W_E N_B}{D_B W_B N_E}$

☒ B. $1 - \frac{D_E W_B N_B}{D_B W_E N_E}$

☐ C. $1 - \frac{R_{\square B}}{R_{\square E}}$

☒ D. $1 - \frac{R_{\square E}}{R_{\square B}}$

2 从发射区注入基区的多子形成的电流与总的发射极电流之比，称为注入效率。

☐ A. ✓

☒ B. ✗

1 亏损因子中， τ_b/τ_B 项反映了基区多子注入到发射区引起的损失。

☐ A. ✓

☒ B. ✗

第七周

1 在缓变基区晶体管中，由于基区杂质分布不均匀，基区内会产生内建电场，少数在基区中以()运动为主。

漂移

正确答案: 漂移

1 在缓变基区晶体管中，由于基区中存在内建电场，基区渡越时间变为()。

☐ A. $\tau_b = \frac{W_B^2}{2D_B}$

☐ B. $\tau_b = \frac{W_B^2}{2D_B} \cdot \frac{1}{\eta} \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)$

☐ C. $\tau_b = \frac{W_B^2}{2L_B} \cdot \frac{2}{\eta} \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)$

☒ D. $\tau_b = \frac{W_B^2}{2D_B} \cdot \frac{2}{\eta} \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)$

2 由于平面晶体管的基区宽度 w_B 容易做得很小，加上基区中存在加速场，因此平面晶体管的 β^* 与1非常接近。

☒ A. ✓

☐ B. ✗

1 采用方块电阻来表示双极型晶体管，无论是均匀基区晶体管还是缓变基区晶体管，其表达式都是一样的。

☒ A. ✓

☐ B. ✗

1 为了避免陷落效应，晶体管的发射区多采用（ ）扩散来代替磷扩散。

☐ A. 铜

☐ B. 硼

☐ C. 镓

☒ D. 砷

2 造成发射区重掺杂效应的原因有（ ）。

☐ A. 发射区禁带变宽

☒ B. 发射区禁带变窄

☐ C. 俄歇复合减弱

☒ D. 俄歇复合增强

3 在异质结双极型晶体管中，通常将发射结作成异质结，即用宽禁带材料制作发射区，用窄禁带材料制作基区。

☒ A. ✓

☐ B. ✗

- 4 晶体管在小电流时 α 与 β 下降的原因，是小电流时发射结（ ）电流占总发射极电流的比例增大，从而使注入效率 γ 降低。

势垒区复合

正确答案：势垒区复合

第八周

- 1 I_{ES} 代表发射结反偏、集电结零偏时的发射极电流。

- ☒ A. ✓
☐ B. ✗

正确答案：A 你选对了

- 2 在实际晶体管中，通常 α_R 比 α 小得多。

- ☒ A. ✓
☐ B. ✗

正确答案：A 你选对了

- 1 倒向晶体管与正向晶体管之间存在着一个重要的互易关系： $\alpha I_{ES} = \alpha_R I_{CS}$ 。

- ☒ A. ✓
☐ B. ✗

1 I_{CBO} 代表()时的集电极电流，称为共基极反向截止电流。

- ☐ A. 发射极短路、集电结反偏
- ☐ B. 发射极反偏、集电结开路
- ☒ C. 发射极开路、集电结反偏
- ☐ D. 发射极正偏、集电结反偏

2 晶体管的共发射极输出特性是指以输入端电流 I_E 作参量，输出端电流 I_C 与输出端电压 V_{CE} 之间的关系。

- ☐ A. ✓
- ☒ B. ✗

1 在实测的晶体管输出特性曲线中， I_C 在放大区随 V_{CE} 的增加而略有增加，这是由()造成的。

- ☒ A. 基区宽度调制效应
- ☐ B. 有效沟道长度调制效应
- ☐ C. 电导调制效应
- ☒ D. 厄尔利效应

1 在实测的晶体管输出特性曲线中， I_C 在放大区随 V_{CE} 的增加而略有增加，这是由（ ）造成的。

- ☒ A. 基区宽度调变效应
- ☐ B. 有效沟道长度调制效应
- ☐ C. 电导调制效应
- ☒ D. 厄尔利效应

正确答案：A、D 你选对了

2 增大 V_A 的措施是增大基区宽度 W_B 、减小势垒区宽度 x_dB 。

- ☒ A. ✓
- ☐ B. ✗

第九周

1 在测量 I_{CBO} 时，双极型晶体管的发射结和集电结分别处于（ ）。

- ☐ A. 正偏和反偏
- ☒ B. 反偏和反偏
- ☐ C. 正偏和正偏
- ☐ D. 零偏和反偏

2 在同一个双极型晶体管中，三种集电极电流 I_{CBO} 、 I_{CS} 和 I_{CEO} 的大小关系为（ ）。

- ☐ A. $I_{CBO} > I_{CS} > I_{CEO}$
- ☐ B. $I_{CBO} > I_{CEO} > I_{CS}$
- ☐ C. $I_{CBO} < I_{CEO} < I_{CS}$
- ☒ D. $I_{CBO} < I_{CS} < I_{CEO}$

1 共射极接法的双极型晶体管发生雪崩击穿的条件是（ ）。

- ☐ A. $M \rightarrow \infty$
- ☐ B. $M \rightarrow \alpha$
- ☒ C. $M \rightarrow 1/\alpha$
- ☐ D. $M \rightarrow 1$

2 发射极开路时，使 $V_{CB0} \rightarrow \infty$ 时的 $|V_{BC}|$ 称为共基极集电结雪崩击穿电压，记为 BVC_{BO} 。

- ☒ A. ✓
- ☐ B. ✗

1 防止基区穿通的措施是提高 W_B 与 N_B 。

- ☒ A. ✓
- ☐ B. ✗

1 为了降低基极电阻，通常采用对非工作基区进行（ ）的掺杂。

- ☐ A. 高浓度、浅结深
- ☒ B. 高浓度、深结深
- ☐ C. 低浓度、深结深
- ☐ D. 低浓度、浅结深

第十周

1 随着频率的不断提高，晶体管的电流放大能力将会不断降低甚至丧失。

- ☒ A. ✓
- ☐ B. ✗

1 t_b 可以称为（ ）。

- ☒ A. 基区渡越时间
- ☒ B. 发射极扩散电容充放电时间常数
- ☐ C. 发射结势垒电容充放电时间常数
- ☐ D. 集电结势垒电容经集电区的充放电时间常数

正确答案: A、B 你选对了

2 输出端对高频小信号短路（即 $v_{cb} = 0$ ，但 $v_{CB} < 0$ ）条件下的 i_c 与 i_e 之比称为共基极高频小信号短路电流放大系数，记为 α_ω 。

- ☒ A. ✓
- ☐ B. ✗

1 当 $|\alpha_\omega|$ 下降到 $(\alpha_0/\sqrt{2})$ （即下降3分贝）时所对应的角频率与频率分别称为 α_ω 的截止角频率与截止频率，记为 ω_α 与 f_α 。

- ☒ A. ✓
- ☐ B. ✗

正确答案: A 你选对了

2 频率每提高一倍，双极型晶体管的电流放大系数下降一半，功率增益降为四分之一。

- ☒ A. ✓
- ☐ B. ✗

1 高频下的电流增益 $|\beta\omega|$ 与频率 f 的乘积，是一个与频率无关而完全取决于晶体管本身的常数。

☒ A. ✓

☐ B. ✗

正确答案: A 你选对了

2 电流放大系数 $|\beta\omega|$ 降到（ ）时所对应的频率，称为晶体管的特征频率，用 f_T 表示。

1

正确答案: 1

1 晶体管的最大功率增益 K_{pmax} 下降到1时所对应的频率称为最高振荡频率，记为 f_M 。

☒ A. ✓

☐ B. ✗

正确答案: A 你选对了

2 功率增益与频率平方的乘积称为晶体管的（ ），记为 M 。

高频优值

正确答案: 高频优值

第十一周

1 以下属于多子型器件的有（ ）。

- ☐ A. PN结二极管
- ☒ B. 结型栅场效应晶体管
- ☐ C. 双极型晶体管
- ☒ D. 绝缘栅场效应晶体管

1 一个P沟道MOSFET的阈值电压大于零，则该器件是增强型器件。

- ☐ A. ✓
- ☒ B. ✗

1 当硅表面处的少子浓度达到或大于表面多子浓度时，称表面发生了强反型。

- ☐ A. ✓
- ☒ B. ✗

1 影响MOSFET阈值电压的因素有（ ）。

- ☒ A. 栅氧化层厚度
- ☐ B. 沟道宽度
- ☒ C. 衬底掺杂浓度
- ☒ D. 氧化层固定电荷

正确答案：A、C、D 你选对了

2 对于一个N型MOSFET，为了保证器件正常工作，衬底电位应当等于或低于源极电位。

- ☒ A. ✓
- ☐ B. ✗

1 以下哪些措施可以增大MOSFET的饱和区漏极电流：（ ）。

- ☐ A. 增加沟道长度
- ☒ B. 减小栅氧化层厚度
- ☐ C. 减小沟道宽度
- ☐ D. 提高阈值电压

正确答案：B 你选对了

2 在推导MOSFET非饱和区直流电流电压方程时，采用了以下哪些近似：（ ）。

- ☒ A. 缓变沟道近似
- ☒ B. 强反型近似
- ☐ C. 耗尽近似
- ☒ D. 沟道迁移率恒定近似

1 MOSFET的饱和区漏极电流 I_D 随 V_{DS} 的增大而略有增大，是由于什么原因引起的：（ ）。

- ☐ A. 基区宽度调变效应
- ☒ B. 漏区静电场对沟道的反馈
- ☒ C. 有效沟道调制效应
- ☐ D. 阈电压的短沟道效应

1 以下哪些措施可以降低MOSFET的亚阈区摆幅：（ ）。

- ☐ A. 减小沟道长度
- ☐ B. 增加栅氧化层厚度
- ☐ C. 增加沟道宽度
- ☒ D. 降低衬底掺杂浓度

正确答案：D 你选对了

2 当MOSFET处于亚阈区时，衬底表面的少子浓度介于本征载流子浓度与衬底平衡（ ）浓度之间。

多子

1 以下哪些措施可以防止MOSFET的沟道穿通：（ ）。

- ☐ A. 减小沟道长度
- ☒ B. 增加衬底掺杂浓度
- ☐ C. 增加栅氧化层厚度
- ☐ D. 增加沟道宽度

1 当N型MOSFET的温度降低时，器件的阈值电压将（ ）。

增大

正确答案：增大

2 当MOSFET的栅极电压较大时，随着温度的温度升高，漏极电流将（ ）。

减小

正确答案：减小

第十三周

1 MOSFET的（ ）是输出特性曲线的斜率，（ ）是转移特性曲线的斜率。

- ☒ A. 漏源电导，跨导
- ☐ B. 跨导，漏源电导
- ☐ C. 漏源电阻，栅源电阻
- ☐ D. 漏源电阻，跨导

正确答案：A 你选对了

2 以下哪些措施可以提高MOSFET的跨导：（ ）。

- ☒ A. 减小沟道长度
- ☐ B. 增加衬底掺杂浓度
- ☐ C. 增加栅氧化层厚度
- ☒ D. 增加沟道载流子迁移率

1 以下哪些措施可以缓解MOSFET阈电压的短沟道效应：（ ）。

- ☐ A. 减小衬底掺杂浓度
- ☐ B. 减小沟道长度
- ☐ C. 增加源漏结深
- ☒ D. 减小氧化层厚度

正确答案：D 你选对了

2 当MOSFET的沟道宽度很小时，阈值电压将随着沟道宽度的增加而（ ）。

减小

1 MOSFET发生速度饱和之后，以下哪些物理量将与沟道长度不相关：（ ）。

- ☐ A. 饱和漏源电压
- ☒ B. 跨导
- ☒ C. 饱和漏极电流
- ☐ D. 最高工作频率

正确答案：B、C 你选对了

2 MOSFET的沟道夹断总是先于速度饱和发生。

- ☐ A. ✓
- ☒ B. ✗

1 长时间的热电子效应可能会对MOSFET的器件性能产生哪些影响：（ ）。

- ☒ A. 阈值电压增大
- ☐ B. 跨导增大
- ☒ C. 亚阈值特性恶化
- ☐ D. 漏源击穿电压增加

正确答案：A、C 你选对了

2 P沟道的短沟道 MOSFET 更容易发生横向双极击穿。

- ☐ A. ✓
- ☒ B. ✗

1 当MOSFET的沟道长度、各种横向和纵向尺寸都按照缩小因子K等比例缩小时，以下哪些物理量将缩小K倍。（ ）

- ☒ A. 阈电压
- ☒ B. 漏极电流
- ☐ C. 单位面积栅电容
- ☐ D. 跨导

期末考试

1 单选 (2分) 处于平衡态的PN结，其费米能级 E_F （ ）。

得分/总分

- ☐ A. 与电子电位能作相同的变化
- ☒ B. 处处相等
- ☐ C. 与本征能级 E_i 作同样的变化
- ☐ D. 与价带顶能级 E_v 作同样的变化

✓2.00/2.00

正确答案: B 你选对了

2 单选 (2分) 由PN结能带图可见，电子从N区到P区，需要克服一个高度为（ ）的势垒。

得分/总分

- ☐ A. $-V_{bi}$
- ☐ B. $-qV_{bi}$
- ☒ C. qV_{bi}
- ☐ D. V_{bi}

✓2.00/2.00

3 单选 (2分) 不考虑势垒区的产生-复合电流, J_{dn} 和 J_{dp} 在PN结的势垒区()。 得分/总分

- ☒ A. 均为常数 ✓2.00/2.00
- ☐ B. 两者均几乎为零
- ☐ C. 两者均随位置变化
- ☐ D. 两者相等

正确答案: A 你选对了

4 单选 (2分) 正向偏置增加了耗尽层内的载流子浓度且高于其热平衡值, 这导致了该区域内载流子出现()过程占优。 得分/总分

- ☐ A. 隧穿
- ☐ B. 碰撞
- ☒ C. 复合 ✓2.00/2.00
- ☐ D. 产生

5 单选 (2分) 对突变PN结, 反向电压很大时, 可以略去 V_{bi} , 这时势垒电容与()成反比。 得分/总分

- ☐ A. $|V|^2$
- ☐ B. $|V|$
- ☐ C. $\sqrt[3]{|V|}$
- ☒ D. $\sqrt{|V|}$ ✓2.00/2.00

正确答案: D 你选对了

6 单选 (2分) 在开关二极管中常采用掺金的方法来提高开关管的响应速度。也可采用掺铂、电子辐照、中子辐照等方法, 其目的是()。 得分/总分

- ☐ A. 引入复合中心增加少子寿命
- ☐ B. 增加载流子的能量
- ☒ C. 引入复合中心降低少子寿命 ✓2.00/2.00
- ☐ D. 增加载流子的散射

7 单选 (2分) 双极晶体管效应是通过改变()。 得分/总分

- ☐ A. 反偏PN结的偏压来控制其附近反偏结的电流
- ☐ B. 正偏PN结的偏压来控制其附近正偏结的电流
- ☐ C. 反偏PN结的偏压来控制其附近正偏结的电流
- ☒ D. 正偏PN结的偏压来控制其附近反偏结的电流 ✓2.00/2.00

8 单选 (2分) 在缓变基区晶体管中，由于基区中存在内建电场，基区渡越时间变为（ ）。 得分/总分

☐ A. $\tau_b = \frac{W_B^2}{2L_B} \cdot \frac{2}{\eta} \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)$

☐ B. $\tau_b = \frac{W_B^2}{2D_B}$

☒ C. $\tau_b = \frac{W_B^2}{2D_B} \cdot \frac{2}{\eta} \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)$ ✓2.00/2.00

☐ D. $\tau_b = \frac{W_B^2}{2D_B} \cdot \frac{1}{\eta} \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)$

9 单选 (2分) 在测量ICBO时，双极型晶体管的发射结和集电结分别处于（ ）。 得分/总分

☒ A. 正偏和正偏 ✗0.00/2.00

☐ B. 反偏和反偏

☐ C. 零偏和反偏

☐ D. 正偏和反偏

正确答案：B 你错选为A

10 单选 (2分) 为了降低基极电阻，通常采用对非工作基区进行（ ）的掺杂。 得分/总分

☐ A. 低浓度、浅结深

☐ B. 低浓度、深结深

☐ C. 高浓度、浅结深

☒ D. 高浓度、深结深 ✓2.00/2.00

11 单选 (2分) ICBO代表()时的集电极电流，称为共基极反向截止电流。

得分/总分

- ☐ A. 发射极开路、集电结反偏
- ☐ B. 发射极正偏、集电结反偏
- ☐ C. 发射极反偏、集电结开路
- ☒ D. 发射极短路、集电结反偏

✗0.00/2.00

正确答案: A 你错选为D

12 单选 (2分) 以下哪些措施可以增大MOSFET的饱和区漏极电流：()。

得分/总分

- ☐ A. 增加沟道长度
- ☐ B. 减小沟道宽度
- ☒ C. 减小栅氧化层厚度
- ☐ D. 提高阈值电压

✓2.00/2.00

13 单选 (2分) 以下哪些措施可以降低MOSFET的亚阈区摆幅：()。

得分/总分

- ☐ A. 增加栅氧化层厚度
- ☒ B. 降低衬底掺杂浓度
- ☐ C. 增加沟道宽度
- ☐ D. 减小沟道长度

✓2.00/2.00

正确答案: B 你选对了

14 单选 (2分) 以下哪些措施可以防止MOSFET的沟道穿通：()。

得分/总分

- ☐ A. 减小沟道长度
- ☒ B. 增加栅氧化层厚度
- ☐ C. 增加衬底掺杂浓度
- ☐ D. 增加沟道宽度

✗0.00/2.00

正确答案: C 你错选为B

15 单选 (2分) 当MOSFET的栅极电压较大时，随着温度的温度升高，漏极电流将（ ）。 得分/总分

- ☐ A. 不变
- ☒ B. 增大
- ☐ C. 不确定
- ☐ D. 减小

✗0.00/2.00

正确答案：D 你错选为B

16 单选 (2分) MOSFET的（ ）是输出特性曲线的斜率，（ ）是转移特性曲线的斜率。 得分/总分

- ☐ A. 漏源电导，跨导
- ☐ B. 跨导，漏源电导
- ☒ C. 漏源电阻，跨导
- ☐ D. 漏源电阻，栅源电阻

✗0.00/2.00

正确答案：A 你错选为C

17 单选 (2分) 以下哪些措施可以缓解MOSFET阈电压的短沟道效应：（ ）。 得分/总分

- ☐ A. 减小沟道长度
- ☐ B. 减小氧化层厚度
- ☐ C. 增加源漏结深
- ☒ D. 减小衬底掺杂浓度

✗0.00/2.00

正确答案：B 你错选为D

18 多选 (2分) PN结的空间电荷区的电荷有（ ）。 得分/总分

- ☐ A. 电子
- ☐ B. 空穴
- ☒ C. 受主离子
- ☒ D. 施主离子

✓1.00/2.00

✓1.00/2.00

19 多选 (2分) PN结的内建电势 V_{bi} 与 () 有关。

得分/总分

- ☒ A. 温度 ✓0.67/2.00
- ☒ B. 掺杂浓度 ✓0.67/2.00
- ☒ C. 材料种类 ✓0.67/2.00
- ☐ D. 外加电压

正确答案: A、B、C 你选对了

20 多选 (2分) 反向饱和电流的大小主要决定于半导体材料的 () 。

得分/总分

- ☒ A. 禁带宽度 ✓0.50/2.00
- ☒ B. 掺杂浓度 ✓0.50/2.00
- ☒ C. 种类 ✓0.50/2.00
- ☒ D. 温度 ✓0.50/2.00

21 多选 (2分) 为了能用与平衡载流子浓度分布公式相类似的公式来描述非平衡载流子浓度的分布, 引入了准费米能级的概念。如果用 E_{Fp} 和 E_{Fn} 分别代表空穴和电子的准费米能级。非平衡载流子的浓度分别表示 () 。

得分/总分

- ☒ A. $p=n_i \exp\left(\frac{E_i - E_{Fp}}{kT}\right)$ ✓该题无法得分/2.00
- ☐ B. $n = n_i \exp\left(\frac{E_{Fn} - E_i}{kT}\right)$
- ☐ C. $p=n_i \exp\left(\frac{E_c - E_{Fp}}{kT}\right)$
- ☒ D. $n=n_i \exp\left(\frac{E_{Fn} - E_p}{kT}\right)$ ✗该题无法得分/2.00

正确答案: A、B 你错选为A、D

22 多选 (2分) 双极型晶体管的基区输运系数的表达式为 ()。

得分/总分

☒ A. $1 - \tau_b / \tau_B$

✓该题无法得分/2.00

☐ B. $1 - \frac{W_B^2}{2L_B^2}$

☒ C. $1 - \frac{W_B^2}{2D_B^2}$

✗该题无法得分/2.00

☐ D. $1 - \tau_B / \tau_b$

正确答案: A、B 你错选为A、C

23 多选 (2分) 以下属于多子型器件的有 ()。

得分/总分

☐ A. PN结二极管

☐ B. 双极型晶体管

☒ C. 绝缘栅场效应晶体管

✓1.00/2.00

☒ D. 结型栅场效应晶体管

✓1.00/2.00

正确答案: C、D 你选对了

24 多选 (2分) 影响MOSFET阈值电压的因素有 ()。

得分/总分

☒ A. 氧化层固定电荷

✓该题无法得分/2.00

☒ B. 栅氧化层厚度

✓该题无法得分/2.00

☒ C. 沟道宽度

✗该题无法得分/2.00

☐ D. 衬底掺杂浓度

正确答案: A、B、D 你错选为A、B、C

25 多选 (2分) MOSFET的饱和区漏极电流 I_D 随 V_{DS} 的增大而略有增大,是由于什么原因引起的: ()。

得分/总分

☐ A. 阈电压的短沟道效应

☒ B. 有效沟道调制效应

✓1.00/2.00

☐ C. 基区宽度调变效应

☒ D. 漏区静电场对沟道的反馈

✓1.00/2.00

26 多选 (2分) 在推导MOSFET非饱和区直流电流电压方程时，采用了以下哪些近似：（得分/总分）。

- ☒ A. 强反型近似 ✓0.67/2.00
- ☒ B. 沟道迁移率恒定近似 ✓0.67/2.00
- ☐ C. 耗尽近似
- ☒ D. 缓变沟道近似 ✓0.67/2.00

正确答案：A、B、D 你选对了

27 多选 (2分) 当MOSFET的沟道长度、各种横向和纵向尺寸都按照缩小因子K等比例缩小时，以下哪些物理量将缩小K倍。（得分/总分）

- ☐ A. 跨导
- ☐ B. 单位面积栅电容
- ☒ C. 阈值电压 ✓1.00/2.00
- ☒ D. 漏极电流 ✓1.00/2.00

28 判断 (2分) 单边突变结的耗尽区主要分布在重掺杂的一侧，最大电场与耗尽区宽度主要取决于低掺杂一侧的杂质浓度。得分/总分

- ☒ A. ✓ ✗0.00/2.00
- ☐ B. ✗

正确答案：B 你错选为A

29 判断 (2分) 在平衡态时，多子的漂移运动与少子的扩散运动达到动态平衡，从而使得扩散电流等于漂移电流。得分/总分

- ☐ A. ✓
- ☒ B. ✗ ✓2.00/2.00

30 判断 (2分) 所谓小注入条件,是指注入某区边界附近的非平衡少数浓度远小于该区的平衡少数浓度,大注入条件是指注入某区边界附近的非平衡少数浓度远大于该区的平衡少数浓度。

得分/总分

☒ A. ✕

✓2.00/2.00

☐ B. ✓

正确答案: A 你选对了

31 判断 (2分) 一般说来,当势垒区较宽时,即杂质浓度 N_0 或杂质浓度梯度 a 较小时,容易发生齐纳击穿。反之,则容易发生雪崩击穿。

得分/总分

☐ A. ✓

☒ B. ✕

✓2.00/2.00

32 判断 (2分) PN结的扩散电容来源于中性区非平衡载流子电荷随外加电压的变化。

得分/总分

☒ A. ✓

✓2.00/2.00

☐ B. ✕

正确答案: A 你选对了

33 判断 (2分) 发射结正偏、集电极零偏时的 I_C 与 I_B 之比称为共发射极直流短路电流放大系数。

得分/总分

☒ A. ✕

✓2.00/2.00

☐ B. ✓

正确答案: A 你选对了

34 判断 (2分) 亏损因子中, τ_b/τ_B 项反映了基区多子注入到发射区引起的损失。

得分/总分

☐ A. ✓

☒ B. ✕

✓2.00/2.00

35 判断 (2分) 在异质结双极型晶体管中，通常将发射结作成异质结，即用宽禁带材料制作发射区，用窄禁带材料制作基区。

得分/总分

☐ A. ✕

☒ B. ✓

✓2.00/2.00

正确答案: B 你选对了

36 判断 (2分) 在实际晶体管中，通常 α_R 比 α 小得多。

得分/总分

☒ A. ✓

✓2.00/2.00

☐ B. ✕

37 判断 (2分) 倒向晶体管与正向晶体管之间存在着一个重要的互易关系：

得分/总分

$$\alpha I_{ES} = \alpha_R I_{CS}.$$

☒ A. ✓

✓2.00/2.00

☐ B. ✕

正确答案: A 你选对了

38 判断 (2分) 增大 V_A 的措施是增大基区宽度 W_B 、减小势垒区宽度 x_{dB} 。

得分/总分

☐ A. ✕

☒ B. ✓

✓2.00/2.00

39 判断 (2分) 防止基区穿通的措施是提高 W_B 与 N_B 。

得分/总分

☐ A. ✕

☒ B. ✓

✓2.00/2.00

正确答案: B 你选对了

40 判断 (2分) 随着频率的不断提高，晶体管的电流放大能力将会不断降低甚至丧失。

得分/总分

☐ A. ✓

☒ B. ✕

✕0.00/2.00

正确答案: A 你错选为B

41 判断 (2分) 输出端对高频小信号短路 (即 $v_{cb} = 0$, 但 $v_{CB} < 0$) 条件下的 i_c 与 i_e 之比称为共基极高频小信号短路电流放大系数, 记为 $\alpha\omega$ 。

得分/总分

☐ A. ✕

☒ B. ✓

✓2.00/2.00

正确答案: B 你选对了

42 判断 (2分) 高频下的电流增益 $|\beta\omega|$ 与频率 f 的乘积, 是一个与频率无关而完全取决于晶体管本身的常数。

得分/总分

☒ A. ✓

✓2.00/2.00

☐ B. ✕

43 判断 (2分) 晶体管的最大功率增益 K_{pmax} 下降到1时所对应的频率称为最高振荡频率, 记为 f_M 。

得分/总分

☒ A. ✓

✓2.00/2.00

☐ B. ✕

正确答案: A 你选对了

44 判断 (2分) 采用方块电阻来表示双极型晶体管, 无论是均匀基区晶体管还是缓变基区晶体管, 其表达式都是一样的。

得分/总分

☒ A. ✓

✓2.00/2.00

☐ B. ✕

45 判断 (2分) 由于平面晶体管的基区宽度 w_B 容易做得很小, 加上基区中存在加速场, 因此平面晶体管的 β^* 与1非常接近。

得分/总分

☒ A. ✓

✓2.00/2.00

☐ B. ✕

正确答案: A 你选对了

46 判断 (2分) 从发射区注入基区的多子形成的电流与总的发射极电流之比, 称为注入效率。

得分/总分

☐ A. ✕

☒ B. ✓

✕0.00/2.00

正确答案: A 你错选为B

47 判断 (2分) 一个P沟道MOSFET的阈值电压大于零，则该器件是增强型器件。 得分/总分

☐ A. ✓

☒ B. ✗ ✓2.00/2.00

正确答案: B 你选对了

48 判断 (2分) 当硅表面处的少子浓度达到或大于表面多子浓度时，称表面发生了强反型。 得分/总分

☐ A. ✗

☒ B. ✓ ✗0.00/2.00

49 判断 (2分) MOSFET的沟道夹断总是先于速度饱和发生。 得分/总分

☐ A. ✓

☒ B. ✗ ✓2.00/2.00

正确答案: B 你选对了

50 判断 (2分) P沟道的短沟道 MOSFET 更容易发生横向双极击穿。 得分/总分

☐ A. ✓

☒ B. ✗ ✓2.00/2.00

第五章单元测验

1 单选 (2分) PN结中冶金结的含义是()。

得分/总分

- ☐ A. 耗尽层
- ☐ B. 势垒层
- ☒ C. 界面
- ☐ D. 空间电荷区

✓2.00/2.00

正确答案: C 你选对了

2 单选 (2分) 反向偏置的PN结, 靠近耗尽层边界的中性区内会发生()过程。

得分/总分

- ☐ A. 扩散和复合
- ☒ B. 产生和扩散
- ☐ C. 漂移和扩散
- ☐ D. 产生和漂移

✓2.00/2.00

3 单选 (2分) 理想PN结的电流是()。

得分/总分

- ☐ A. 复合-产生电流
- ☒ B. 少子扩散电流
- ☐ C. 多子扩散电流
- ☐ D. 多子漂移电流

✓2.00/2.00

正确答案: B 你选对了

4 单选 (2分) 对PN+结, 扩散电容上的电荷主要是储存在()的非平衡载流子电荷。

得分/总分

- ☐ A. N型中性区
- ☐ B. P型势垒区
- ☐ C. N型势垒区
- ☒ D. P型中性区

✓2.00/2.00

5 单选 (2分) 为了使稳压二极管的击穿电压尽量不受温度的影响,可以通过适当选择PN结的杂质浓度分布,使其击穿电压处于两种击穿机构兼有的范围,原因是雪崩击穿具有()而齐纳击穿具有与之相反的特性。

得分/总分

- ☒ A. 正温度系数 ✓2.00/2.00
- ☐ B. 不可逆
- ☐ C. 负温度系数
- ☐ D. 可逆

正确答案: A 你选对了

6 多选 (2分) PN结的空间电荷区的电荷有()。

得分/总分

- ☒ A. 施主离子 ✓1.00/2.00
- ☐ B. 空穴
- ☐ C. 电子
- ☒ D. 受主离子 ✓1.00/2.00

7 多选 (2分) PN结中有很多参数或性能都由低掺杂一侧的掺杂浓度确定的,下面()就是这样的。

得分/总分

- ☒ A. 反向恢复过程 ✓0.50/2.00
- ☒ B. 势垒电容 ✓0.50/2.00
- ☐ C. 空间电荷区宽度
- ☐ D. 反向饱和电流

正确答案: A、B、C、D 你错选为A、B

8 多选 (2分) 正向偏置的PN结，在靠近耗尽层边界的中性区内的少子具有（ ）特点。 得分/总分

- ☒ A. 一边扩散一边复合 ✓1.00/2.00
- ☐ B. 产生空穴-电子对
- ☒ C. 浓度高于平衡态少子浓度 ✓1.00/2.00
- ☐ D. 浓度低于平衡态少子浓度

正确答案: A、C 你选对了

9 多选 (2分) PN结的击穿种类有（ ）。 得分/总分

- ☒ A. 热击穿 ✓0.50/2.00
- ☐ B. 隧道击穿
- ☒ C. 齐纳击穿 ✓0.50/2.00
- ☒ D. 雪崩击穿 ✓0.50/2.00

正确答案: A、B、C、D 你错选为A、C、D

10 多选 (2分) PN结之所以具有反向恢复过程是由于（ ）。 得分/总分

- ☒ A. 中性区有少子电荷存储 ✓0.66/2.00
- ☐ B. 反向电流的抽取需要时间
- ☐ C. 中性区有多子电荷存储
- ☒ D. 少子的复合需要时间 ✓0.66/2.00

正确答案: A、B、D 你错选为A、D

11 判断 (2分) 冶金结附近的电荷是由p型一侧电子和n型一侧空穴的积累引起的。 得分/总分

- ☒ A. ✕ ✓2.00/2.00
- ☐ B. ✓

正确答案: A 你选对了

12 判断 (2分) 通常的内建电势小于禁带宽度对应的电压值。

得分/总分

☒ A. ✓

✓2.00/2.00

☐ B. ✗

正确答案: A 你选对了

13 判断 (2分) 通过引入耗尽近似, 耗尽层内部的电荷密度完全正比于净杂质浓度。

得分/总分

☒ A. ✓

✓2.00/2.00

☐ B. ✗

14 判断 (2分) 欧姆接触降低了结的内建电压。

得分/总分

☐ A. ✗

☒ B. ✓

✓2.00/2.00

正确答案: B 你选对了

15 判断 (2分) 根据耗尽近似得到的结, 电场强度正好在冶金结分界处达到最大值。

得分/总分

☐ A. ✗

☒ B. ✓

✓2.00/2.00

正确答案: B 你选对了

16 判断 (2分) 假设一个p+n突变结, 且 $N_A \gg N_D$, 则有 $x_p \ll x_n$ 。

得分/总分

☒ A. ✓

✓2.00/2.00

☐ B. ✗

- 17 判断 (2分) PN结的p型和n型间的势垒随正向偏压而升高。 得分/总分
- ☒ A. ✕ ✓2.00/2.00
- ☐ B. ✓
- 正确答案: A 你选对了
-
- 18 判断 (2分) 线性缓变结的耗尽层宽度正比于 $\sqrt[3]{(V_{bi} - V)}$ 。 得分/总分
- ☐ A. ✕
- ☒ B. ✓ ✓2.00/2.00
- 正确答案: B 你选对了
-
- 19 判断 (2分) 反向偏置饱和电流可看成是由中性区内少数载流子的产生而导致的。 得分/总分
- ☐ A. ✕
- ☒ B. ✓ ✓2.00/2.00
-
- 20 判断 (2分) 减薄p+n突变结的轻掺杂区厚度,不但能减少存储电荷,还能降低反向抽取电流。 得分/总分
- ☐ A. ✓
- ☒ B. ✕ ✓2.00/2.00

第十章单元测验

- 1 单选 (2分) 在异质结双极型晶体管中,通常用()。 得分/总分
- ☒ A. 宽禁带材料制作发射区,用窄禁带材料制作基区 ✓2.00/2.00
- ☐ B. 窄禁带材料制作发射区,用宽禁带材料制作基区
- ☐ C. 窄禁带材料制作基区,用宽禁带材料制作集电区
- ☐ D. 宽禁带材料制作基区,用窄禁带材料制作集电区
- 2 单选 (2分) ()的集电结反向电压VCB称为共基极集电结雪崩击穿电压,记为BV_{CB0}。 得分/总分
- ☒ A. 发射极开路时,使 $I'_{CBO} \rightarrow \infty$ ✓2.00/2.00
- ☐ B. 基极开路时,使 $I'_{CBO} \rightarrow \infty$
- ☐ C. 发射极开路时,使 $I'_{CEO} \rightarrow \infty$
- ☐ D. 集电极开路时,使 $I'_{CEO} \rightarrow \infty$

3 单选 (2分) C_{TE} 对高频小信号注入效率的影响的物理意义是, C_{TE} 的存在意味着 i_e 必须先付出对势垒区充放电的多子电流 i_{ect} 后, 才能建立起一定的 i_{pc} 。这一过程需要的时间是()。

得分/总分

- ☒ A. 发射结势垒电容充放电时间常数
- ☐ B. 集电结耗尽区延迟时间
- ☐ C. 集电结势垒电容经集电区充放电的时间常数
- ☐ D. 发射结扩散电容充放电时间常数

✓2.00/2.00

正确答案: A 你选对了

4 单选 (2分) 高频晶体管的工作频率一般在()的范围内。

得分/总分

- ☐ A. $f_{\beta s} < f < f_T$
- ☐ B. $f_{\alpha} < f < f_T$
- ☐ C. $f_{\beta} < f < f_{\alpha}$
- ☒ D. $f_{\beta} < f < f_T$

✓2.00/2.00

5 单选 (2分) 某长方形扩散区的方块电阻为 200Ω , 长度和宽度分别为 $100\mu\text{m}$ 和 $20\mu\text{m}$, 则其长度方向的电阻为()。

得分/总分

- ☐ A. 40Ω
- ☐ B. $2\text{K}\Omega$
- ☒ C. $1\text{K}\Omega$
- ☐ D. 100Ω

✓2.00/2.00

正确答案: C 你选对了

6 单选 (2分) 当 $|\beta_{\omega}|$ 下降到()时所对应的角频率与频率分别称为 β_{ω} 的截止角频率与截止频率, 记为 ω_{β} 与 f_{β} 。

得分/总分

- ☐ A. $(\beta_0/2)$
- ☐ B. $(\beta_0/4)$
- ☒ C. $(\beta_0/\sqrt{2})$
- ☐ D. $(\beta_0/\sqrt{3})$

✓2.00/2.00

7 多选 (2分) 要提高均匀基区晶体管的电流放大系数的方法()。

得分/总分

- ☒ A. 减小基区宽度 ✓1.00/2.00
- ☐ B. 增大基区掺杂浓度
- ☐ C. 增大基区宽度
- ☒ D. 减小基区掺杂浓度 ✓1.00/2.00

正确答案: A、D 你选对了

8 多选 (2分) 防止基区穿通的措施是提高()。

得分/总分

- ☐ A. 减小基区掺杂浓度
- ☐ B. 减小基区宽度
- ☒ C. 增大基区宽度 ✓1.00/2.00
- ☒ D. 增大基区掺杂浓度 ✓1.00/2.00

9 多选 (2分) 从发射结注入基区的少子, 由于渡越基区需要时间 t_b , 将对输运过程产生三方面的影响()。

得分/总分

- ☒ A. 复合损失使 β_0^* 小于1 ✓0.67/2.00
- ☐ B. 渡越时间的分散使 $|\beta_L^*|$ 增大
- ☒ C. 时间延迟使相位滞后 ✓0.67/2.00
- ☒ D. 渡越时间的分散使 $|\beta_L^*|$ 减小 ✓0.67/2.00

正确答案: A、C、D 你选对了

10 判断 (2分) 晶体管的共发射极输出特性是指以输入端电流 I_B 作参量, 输出端电流 I_C 与输出端电压 V_{CE} 之间的关系。

得分/总分

- ☒ A. ✓ ✓2.00/2.00
- ☐ B. ✗

11 判断 (2分) 电流放大系数与频率成反比，频率每提高一倍，电流放大系数下降一半，功率增益降为四分之一。 得分/总分

- ☒ A. ✓ ✓ 2.00/2.00
- ☐ B. ✗

正确答案: A 你选对了

12 判断 (2分) 特征频率 f_T 代表的是共发射极接法的晶体管有电流放大能力的频率极限，而最高振荡频率 f_M 则代表晶体管有功率放大能力的频率极限。 得分/总分

- ☐ A. ✗
- ☒ B. ✓ ✓ 2.00/2.00

13 填空 (2分) 模拟电路中的晶体管主要工作在()区。 得分/总分

放大

✓ 2.00/2.00

正确答案: 放大

14 填空 (2分) 共发射极电路中，基极电流 I_B 是输入电流，集电极电流 I_C 是输出电流。发射结正偏、集电结零偏时的 I_C 与 I_B 之比称为()，记为 β 得分/总分

共发射极直流短路电流放大系数

✓ 2.00/2.00

正确答案: 共发射极直流短路电流放大系数

15 填空 (2分) 在缓变基区晶体管中，由于基区杂质分布不均匀，基区内会产生内建电场。少子在基区以()运动为主，因此这种晶体管又称为漂移晶体管。 得分/总分

漂移

✓ 2.00/2.00

正确答案: 漂移

- 16 填空 (2分) 晶体管在小电流时 α 与 β 下降的原因，是小电流时（ ）占总发射极电流的比例增大，从而使注入效率 γ 降低。 得分/总分

发射结势垒区复合电流

✓ 2.00/2.00

正确答案：发射结势垒区复合电流

- 17 填空 (2分) 造成发射区重掺杂效应的原因有（ ）。 得分/总分

发射区正在宽度变窄和俄歇复合增强

✗ 0.00/2.00

正确答案：发射区禁带变窄和俄歇复合增强 或 发射区禁带宽度变窄和俄歇复合增强 或 发射区禁宽变窄和俄歇复合增强

- 18 填空 (2分) 为了避免陷落效应，目前微波晶体管的发射区多采用（ ）扩散来代替磷扩散。 得分/总分

砷

✓ 2.00/2.00

正确答案：砷 或 As

- 19 填空 (2分) I_{ES} 代表发射结反偏、集电结零偏时的发射极电流，相当于单独一个（ ）构成的PN结二极管的反向饱和电流。 得分/总分

发射结

✓ 2.00/2.00

正确答案：发射结

- 20 填空 (2分) 在实测的晶体管输出特性曲线中， I_C 在放大区随 V_{CE} 的增加而略有增加，这 得分/总分
是由（ ）造成的。

厄尔利效应

✓ 2.00/2.00

正确答案：基区宽度调变效应 或 厄尔利效应

第十三周单元测验

1 单选 (2分) 以下哪些因素对MOSFET的阈值电压无影响 ()。 得分/总分

- ☒ A. 沟道长度 ✓2.00/2.00
- ☐ B. 氧化层固定电荷
- ☐ C. 衬底掺杂浓度
- ☐ D. 栅氧化层厚度

正确答案: A 你选对了

2 单选 (2分) 某N沟道耗尽型MOSFET，其阈值电压为-2V，增益因子 β 为 $2A/V^2$ 。当栅极电压为3V，漏极电压为4V时，器件的漏源电流为 ()。 得分/总分

- ☐ A. 40A
- ☐ B. 25A
- ☒ C. 12A ✓2.00/2.00
- ☐ D. 36A

3 单选 (2分) 某N沟道MOSFET的阈值电压为1V，当其栅源电压短接且栅极电压为3V时，漏极电流 I_D 为4A。该器件的增益因子 β 为 ()。 得分/总分

- ☐ A. $3A/V^2$
- ☐ B. $1A/V^2$
- ☐ C. $4A/V^2$
- ☒ D. $2A/V^2$ ✓2.00/2.00

正确答案: D 你选对了

4 多选 (2分) 以下哪些因素会降低MOSFET的饱和区漏极电流: ()。 得分/总分

- ☐ A. 栅氧化层厚度减小
- ☒ B. 沟道长度增加 ✓1.00/2.00
- ☐ C. 沟道宽度增加
- ☒ D. 阈值电压提高 ✓1.00/2.00

5 多选 (2分) 短沟道MOSFET发生沟道载流子速度饱和之后, 会出现哪些现象: ()。 得分/总分

- ☒ A. 饱和漏源电压正比于沟道长度 L ✓0.67/2.00
- ☒ B. 跨导与沟道长度 L 不再有关 ✓0.67/2.00
- ☐ C. 阈值电压随 L 的缩短而减小
- ☒ D. 饱和漏极电流与沟道长度 L 无关 ✓0.67/2.00

正确答案: A、B、D 你选对了

6 判断 (2分) 一个增强型P沟道MOSFET, 其阈值电压应该小于零。 得分/总分

- ☐ A. ✗
- ☒ B. ✓ ✓2.00/2.00

7 判断 (2分) 当硅表面处的少子浓度达到或超过体内平衡多子浓度时, 称表面发生了强反型。 得分/总分

- ☒ A. ✓ ✓2.00/2.00
- ☐ B. ✗

正确答案: A 你选对了

8 判断 (2分) 对于P型的MOSFET, 其衬底相对于源区应该接低电位。 得分/总分

- ☐ A. ✓
- ☒ B. ✗ ✓2.00/2.00

正确答案: B 你选对了

9 判断 (2分) 由于MOSFET的栅氧化层电荷通常带正电, 因此N型衬底将更难发生反型。 得分/总分

- ☒ A. ✓ ✓2.00/2.00
- ☐ B. ✗

10 判断 (2分) 当MOSFET的漏极电流较小时，随着温度的温度升高，漏极电流将减小。 得分/总分

☒ A. ✕

✓ 2.00/2.00

☐ B. ✓

正确答案: A 你选对了

11 填空 (2分) MOSFET的基本工作原理，是通过改变栅源电压来控制沟道的导电能力，从而控制（ ）电流。 得分/总分

漏

✓ 2.00/2.00

正确答案: 漏极 或 漏端 或 漏

12 填空 (2分) 硅表面发生了强反型是指表面处的少子浓度达到或超过体内（ ）浓度。 得分/总分

平衡多子

✓ 2.00/2.00

正确答案: 平衡多子

13 填空 (2分) 当在N型MOSFET的衬底加上一个负电位时，MOSFET的阈值电压会（ ），这称为衬底偏置效应。 得分/总分

增大

✓ 2.00/2.00

正确答案: 增大 或 加大 或 变大

14 填空 (2分) 通过对沟道区进行离子注入可调整MOSFET的阈值电压，当注入的杂质与衬底杂质的类型相同时，N沟道MOSFET的阈值电压向（ ）方向调整。 得分/总分

正

✓ 2.00/2.00

正确答案: 正

15 填空 (2分) 当MOSFET处于亚阈值时，漏源电流与栅压呈（ ）关系。 得分/总分

指数

✓ 2.00/2.00

正确答案: 指数

16 填空 (2分) 引起MOSFET的饱和区漏极电流 I_D 随 V_{DS} 的增大而增大的原因是() 得分/总分

和漏区静电场对沟道的反馈作用。

有效沟道长度调制效应

✓ 2.00/2.00

正确答案: 有效沟道长度调制效应

17 填空 (2分) 当MOSFET的衬底表面的少子浓度介于本征载流子浓度与衬底平衡多子浓度之间时, MOSFET处于()区。 得分/总分

亚阈

✓ 2.00/2.00

正确答案: 亚阈

18 填空 (2分) 要提高MOSFET的跨导, 需要()沟道长度和栅氧化层厚度。 得分/总分

减小

✓ 2.00/2.00

正确答案: 减小或缩小

19 填空 (2分) 当MOSFET的沟道长度很小时, 阈值电压将随着沟道长度的减小而() , 该现象叫做阈值电压的短沟道效应。 得分/总分

减小

✓ 2.00/2.00

正确答案: 减小或降低或变小

20 填空 (2分) 当MOSFET器件按照恒场法则等比例缩小时, 器件的最高工作频率将() 。 得分/总分

增大

✓ 2.00/2.00

正确答案: 增大或提高或变大

第五章单元作业

1 简要叙述PN结空间电荷区的形成过程。

P区与N区接触后, 由于存在浓度差的原因, 结面附近的空穴将从浓度高的P区向浓度低的N区扩散, 在P区留下不易扩散的带负电的电离受主杂质, 结果使得在结面的P区一侧出现负的空间电荷; 同样地, 结面附近的电子从浓度高的N区向浓度低的P区扩散, 在N区留下带正电的电离施主杂质, 使结面的N区一侧出现正的空间电荷。由此产生的空穴与电子的扩散电流的方向, 都是从P区指向N区。

扩散运动造成了结面两侧一正一负的空间电荷区, 从而产生内建电场, 方向

为从带正电荷的N区指向带负电荷的P区。这个电场使空穴与电子发生漂移运动，空穴向P区漂移，电子向N区漂移，由此产生的空穴与电子的漂移电流的方向，都是从N区指向P区，与扩散电流的方向相反。

随着扩散的进行，空间电荷区逐渐变宽，内建电场逐渐增强，空穴与电子的漂移运动也逐渐增强，最终使漂移电流与扩散电流相等，流过PN结的净电流为零，达到平衡状态，形成稳定的空间电荷区。

2、什么叫耗尽近似？什么叫中性近似？

“耗尽近似”认为电离杂质构成空间电荷区内电荷的唯一来源。“中性近似”认为耗尽区以外区域中的多子浓度仍等于电离杂质浓度，因此这部分区域保持了完全的电中性。

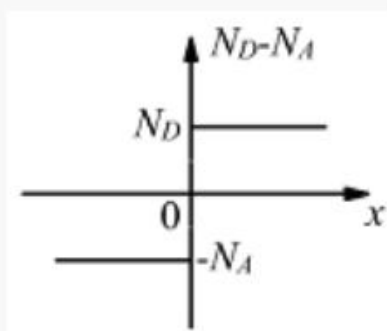
3、什么叫突变结？什么叫单边突变结？什么叫线性缓变结？画出突变PN结的杂质浓度分布图、内建电场分布图和外加正向电压及反向电压时的少数载流子浓度分布图。

突变结：P型区与N型区的掺杂浓度 N_A 与 N_D 都是均匀分布的，杂质浓度在结面处（ $x = 0$ ）发生阶跃式的突变。

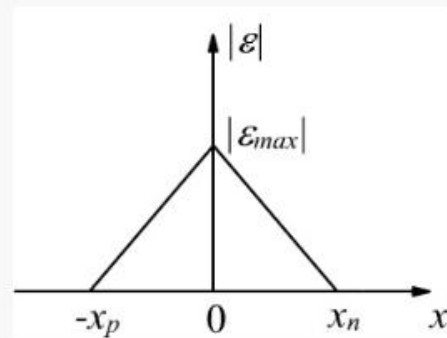
单边突变结：突变结中某一侧的掺杂浓度远大于另一侧的掺杂浓度。

线性缓变结：冶金结附近的杂质浓度是随距离作线性变化的。

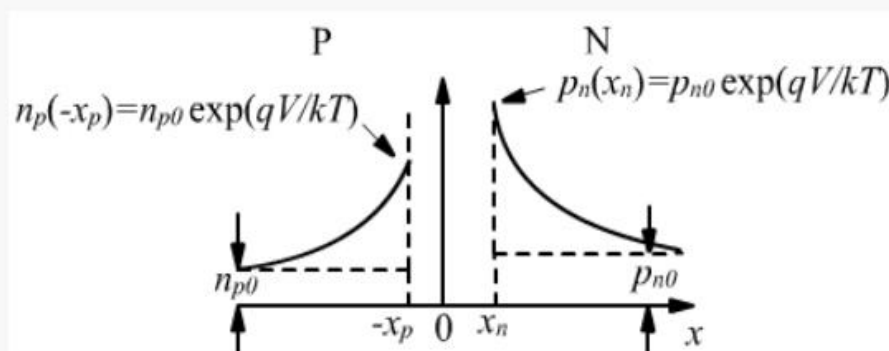
突变结的杂质浓度分布图：



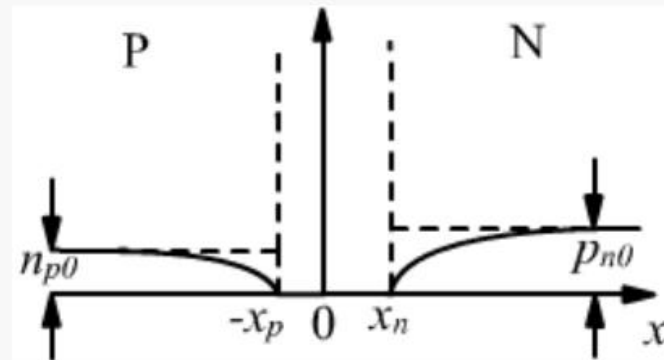
突变结的内建电场分布图：



突变结外加正向电压少数载流子分布图：



突变结外加反向电压少子分布图：



4、PN 结势垒区的宽度与哪些因素有关？

在制备材料与使用温度确定后，主要与冶金结两边的掺杂浓度有关

5、写出 PN 结反向饱和电流 I_0 的表达式，并对影响 I_0 的各种因素进行讨论。

$$I_0 = AJ_0 \equiv qA \left(\frac{D_p}{L_p} p_{n0} + \frac{D_n}{L_n} n_{p0} \right) = qn_i^2 \left(\frac{D_p}{L_p N_D} + \frac{D_n}{L_n N_A} \right)$$

半导体材料的种类。半导体材料的禁带宽度越大，则 n_i 越小，反向饱和电流就越小。

掺杂浓度。掺杂浓度越高，平衡少子浓度 p_{n0} 或 n_{p0} 越小， J_0 也就越小。

温度。对于同一种半导体材料和相同的掺杂浓度，温度越高，则 n_i 越大，反向饱和电流就越大，所以 J_0 具有正温系数。

6、PN 结的正向电流由正向扩散电流和势垒区复合电流组成。试分别说明这两种电流随外加正向电压的增加而变化的规律。当正向电压较小时以什么电流为主？当正向电压较大时以什么电流为主？

以单边突变结 P+N 为例说明。扩散电流与复合电流的比值为：

$$\frac{J_d}{J_r} = \frac{2L_p n_i}{x_d N_D} \exp\left(\frac{qV}{kT}\right) = \frac{2L_p \sqrt{N_c N_v}}{x_d N_D} \exp\left(\frac{-E_G + qV}{2kT}\right)$$

由此可知，当温度一定时，正向电压越小，则比值 J_d/J_r 越小，总的正向电流中势垒区复合电流 J_r 的比例就越大；正向电压越大，比值 J_d/J_r 越大，正向扩散电流 J_d 的比例就越大。

7、什么是小注入条件？什么是大注入条件？写出小注入条件和大注入条件下的结定律，并讨论两种情况下中性区边界上载流子浓度随外加电压的变化规律。

小注入条件是指注入某区边界附近的非平衡少数子浓度远小于该区的平衡多数子浓度，结定律为：

$$p_n = p_{n0} \exp\left(\frac{qV}{kT}\right)$$

$$n_p = n_{p0} \exp\left(\frac{qV}{kT}\right)$$

大注入条件是指注入某区边界附近的非平衡少数子浓度远大于该区的平衡多数子浓度，结定律为：

$$p_n(x_n) = n_i \exp\left(\frac{qV}{2kT}\right)$$

$$n_p(-x_p) = n_i \exp\left(\frac{qV}{2kT}\right)$$

大注入时指数因子只有小注入的值的一半，即大注入时边界处的少数子浓度随外加电压的增加要比小注入时的慢。

8、在工程实际中，一般采用什么方法来计算 PN 结的雪崩击穿电压？

采用近似计算方法，即认为：当势垒区中最大电场强度 ε_{\max} 小于某值 ε_c 时，则势

垒区内各点的 α_i 值都很小，雪崩击穿条件 $\int_0^{x_d} \alpha_i dx = 1$ 不能满足。一旦势垒区

中最大电场强度 ε_{\max} 达到 ε_c 之值时，则 α_i 在该处及其邻近的窄区域内剧烈增加，

使雪崩击穿条件得以满足。 ε_c 称为雪崩击穿临界电场强度。

9、简要叙述 PN 结势垒电容和扩散电容的形成机理及特点。

势垒电容是势垒区中电离杂质电荷随外加电压的变化引起的，与直流偏压成幂函数关系，正偏反偏下均存在。

扩散电容是中性区中非平衡载流子电荷随外加电压的变化引起的，与直流电流成线性关系，与直流偏压成指数关系，只存在于正偏情况下。

10、当把 PN 结作为开关使用时，在直流特性和瞬态特性这两方面，PN 结与理想开关相比有哪些差距？引起 PN 结反向恢复过程的主要原因是什么？

直流特性：理想情况下，二极管上的正向压降 $V_f = 0$ ，正向电流 $I_f = E_1 / R_L$ ，而

实际情况下， $V_f = V_F + I_f r_s$ ， $I_f = (E_1 - V_F) / (R_L + r_s)$ 。式中， V_F 代表 PN

结的正向导通电压；理想情况下，二极管的反向电流 $I_r = 0$ ，而实际情况下，

$I_r = I_0 + (E_2 - I_r R_L) g_l$ ，或 $I_r = (I_0 + E_2 g_l) / (1 + R_L g_l)$ 。

瞬态特性：理想情况，当电动势由 E_1 突然变为 $(-E_2)$ 后，电流并不是立刻成为 $(-I_0)$ ，而实际情况则是当电动势由 E_1 突然变为 $(-E_2)$ 后，电流并不是立刻成为 $(-I_0)$ ，而是在一段时间 t_s 内，反向电流维持在 $(-E_2/R_L)$ ，二极管仿佛仍然处于导通状态而并不关断。 t_s 段时间结束后，反向电流的值才开始逐渐变小。再经过 t_f 时间，二极管的电流才恢复为正常情况下的 $(-I_0)$ 。

引起PN结反向恢复过程的主要原因是PN结正向导通期间存储在中性区的非平衡少数子电荷（ ΔQ ）导致了开关态转换的延迟。

第十章单元作业

1、提高双极型晶体管的电流放大系数可以采取哪些措施？

减小基区宽度

减小基区掺杂浓度，增大发射区掺杂浓度

采用硅平面工艺引入加速内建电场

2、请详细分析缓变基区晶体管内建电场的形成过程，并分析在该内建电场的作用下载流子的运动情况。

室温下杂质全电离，因此多子空穴有与受主杂质近似相同的浓度分布。

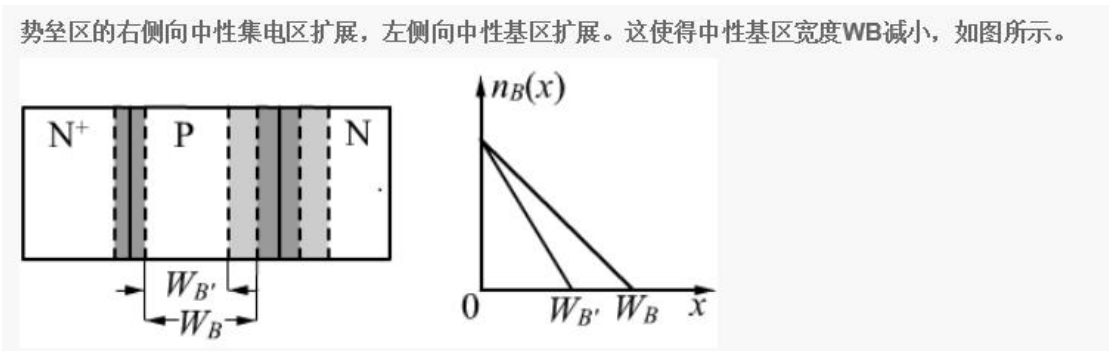
空穴浓度的不均匀导致空穴从高浓度处向低浓度处扩散，而电离杂质却固定不动，于是在杂质浓度高的地方空穴浓度低于杂质浓度，带负电荷；在杂质浓度低的地方空穴浓度高于杂质浓度，带正电荷。空间电荷的分离就形成了内建电场。

内建电场将引起空穴的漂移运动。在平衡状态下，基区中空穴的扩散运动与漂移运动相互抵消，空穴电流密度为零，可解出基区内建电场。

当 $dN_B/dx < 0$ 时， $e < 0$ ，这时电场方向与 x 轴相反。这个电场促使注入基区的少数子（电子）向集电结漂移，与扩散运动的方向相同，因此对基区少数子是加速场。反之，当 $dN_B/dx > 0$ 时，电场的作用与上述相反，就是减速场。

3、请简要分析基区宽度调变效应和减小该效应的方法。

当 V_{CE} 增加时，集电结上的反向偏压增加，集电结势垒区宽度增宽。



基区宽度的减小使基区少数载流子浓度梯度增加，必然导致电流放大系数和集电极电流的增大。

减小基区宽度调变效应的措施是增大基区宽度 W_B 、减小势垒区宽度 x_{dB} ，即增大基区掺杂浓度。

4 (20分)

请描述共射极接法的双极型晶体管的反向击穿特性，并解释具有这种特性的原因。

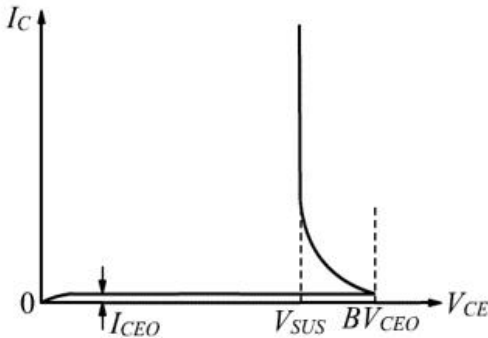


图1 I_{CEO} 的负阻特性图

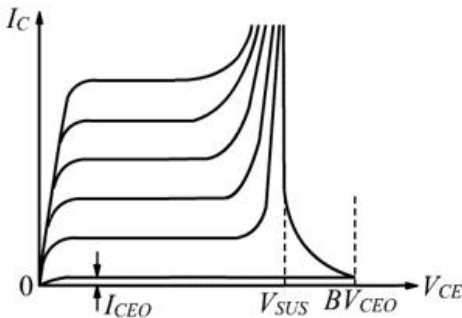


图2 包括击穿特性的共发射极输出特性曲线

答：图 1 是表示 I_{CEO} 随 V_{CE} 变化的曲线。曲线中会出现一段负阻区，即在击穿发生后出现一段电流上升电压反而下降增量电阻为负值的区域，然后才维持一个相对恒定的电压。通常把电压的最高值称为 BV_{CEO} ，而把出现负阻区后维持恒定的那个较低的电压称为维持电压，记为 V_{SUS} 。

出现负阻特性的原因，是小电流下电流放大系数 α 的下降。已知共发射极接法的雪崩击穿条件是 $M \rightarrow 1/\alpha$ 。当基极开路时，集电极电流只有 I_{CEO} ，这个电流是

极小的。所以刚开始发生击穿时的 α 值很小，所对应的 M 值就较大，因此击穿电压较高。随着电流的增加， α 上升到正常值，为维持击穿条件所需的 M 值随之下降到正常值，击穿电压也就下降到维持电压 V_{SUS} 。这就解释了击穿后出现电流上升电压下降的负值区的原因。

图 2 所示为包括击穿特性在内的晶体管共发射极输出特性曲线。图中与 $I_B = 0$ 对应的 I_{CE0} 曲线具有负阻特性。对于 $I_B > 0$ 的其它曲线，因为集电极电流在击穿前已经达到正常值，所以没有负阻特性。

5、什么是双极型晶体管的高频优值？如何提高双极型晶体管的高频优值？

将功率增益与频率平方的乘积称为晶体管的高频优值，记为 M ，即

$$M = K_{pmax} f^2 = \frac{f_T}{8\pi r_{bb'} C_{TC}}$$

M 值只取决于晶体管本身而与频率无关，它是综合衡量晶体管的功率放大能力和频率特性的一个重要参数。当工作频率提高时，功率增益就会下降；要增加功率增益，就只能降低频率。因此 M 又称为功率增益-带宽乘积。

如何提高双极型晶体管的高频优值：

1) 对 W_B 的要求：一般情况下应减小 W_B 。但当 W_B 减小到 t_b 不再是 t_{ec} 的主要部分时，再减小 W_B 对继续减小 t_{ec} 已作用不大，而对 $r_{bb'}$ 的增大作用却不变。同时工艺上的难度也越来越大。

如何提高双极型晶体管的高频优值：

2) 对 N_B 的要求：减小 $r_{bb'}$ 与减小 t_{eb} 及增大 β 对 N_B 有相矛盾的要求。可通过采用无源基区（非工作基区）重掺杂来缓解。这可降低 $R_{\square B3}$ ，从而减小 $r_{bb'}$ 中的 r_{con} 与 r_{cb} ，但不会影响 t_{eb} 与 b 。

如何提高双极型晶体管的高频优值：

3) 对 N_C 的要求：减小 t_d 及 r_{cs} 与减小 C_{TC} 及提高 BVC_{BO} 对 N_C 有矛盾的要求。这可通过在重掺杂 N^+ 衬底上生长一层轻掺杂 N^- 外延层来缓解。外延层厚度与衬底厚度的典型值分别为 10 μm 与 200 μm 。