

微电子器件物理 第八周作业

范云潜 18373486

微电子学院 184111 班

日期: 2020 年 11 月 3 日

作业内容:

目录

I IV 作业	1
II 非理想	5

Part I

IV 作业

Problem 选择

1) c 2) b 3) d 4) e

Problem 计算 1

SubProblem a

如图 1。

SubProblem b

注意到电通量连续, 因此电场有突变, 如图 2。

SubProblem c

是的, 因为没有电流通过。

SubProblem d

SubProblem e

$$\begin{aligned} p_{fb} &= n_i \exp(E_i - E_F)/k_B T \\ &= 10^{10} e^{0.51\text{eV}/0.026\text{eV}} = 3.3026 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3} \end{aligned}$$

SubProblem f

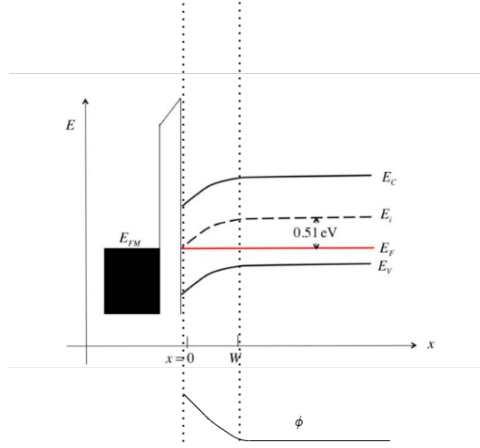


图 1: 半导体内静电势变化

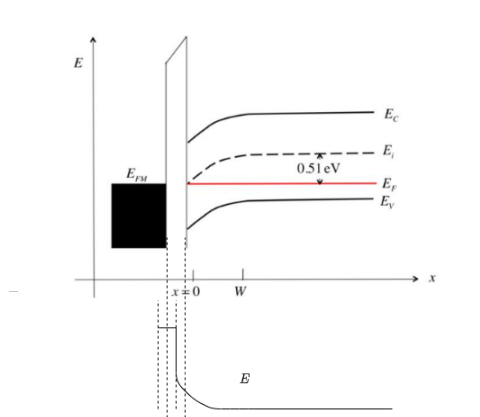


图 2: 电场变化

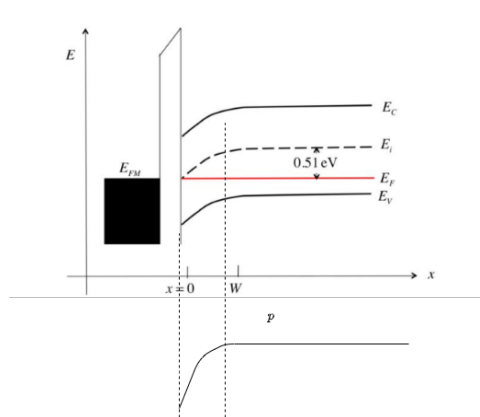


图 3: 空穴浓度变化

$$p_{surface} = n_i = 10^{10} cm^{-3}$$

SubProblem g

$$\varphi_S = \Delta E_i = 0.51 eV$$

SubProblem h

$V_G = 0$, 因为在交界后未产生能带弯曲。

SubProblem i

根据 $E_S = \left[\frac{2qN_A}{K_S\epsilon_0} \phi_S \right]^{1/2}$, 以及电通量关系 $E_{ox} = \frac{K_S}{K_O} E_S$, 得到 $\Delta\phi_S = E_{ox}x_o$

$$\begin{aligned}\Delta\phi_S &= x_o \frac{K_S}{K_O} \sqrt{\frac{2qN_A\phi_S}{K_S\epsilon_0}} \\ &= \frac{x_o}{K_O\epsilon_0} \sqrt{2qN_A\phi_S K_S\epsilon_0} \\ &= \frac{1.1e-7}{3.9 \cdot 8.8500e-14} \\ &= \sqrt{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-16} \cdot 11.8 \cdot 8.85 \cdot 10^{-14} \cdot 3.3 \cdot 10^{18} \cdot 0.51} \\ &= 0.23916V\end{aligned}$$

Problem 计算 2

SubProblem a

金属半导体没有功函数差, 两侧费米能级对齐没有平带电压, $V_{FB} = 0$ 。

SubProblem b

$$V_G = \phi_S + \Delta\phi_{ox}$$

$$\Delta\phi_{ox} = E_{ox}x_o$$

$$E_{ox} = \frac{K_S}{K_O} E_S$$

$$E_S = \left[\frac{2qN_A}{K_S\epsilon_0} \phi_S \right]^{1/2}$$

联立

$$V_G = \phi_S + 0.30292\sqrt{\phi_S} = 1$$

$$\phi_S = 0.86^2 = 0.7396V$$

SubProblem c and d

在 (b) 中已经计算过,

$$E_S = 782733.54786V/cm$$

,

$$E_{ox} = 3.0256E_S = 2368270.73456V/cm$$

。

SubProblem e

耗尽区宽度满足

$$W = \left[\frac{2K_S \varepsilon_0}{q N_A} \phi_S \right]^{1/2} = 0.0000018898 \text{ cm}$$

SubProblem f

$$Q_B = -\sqrt{2q\kappa_S \varepsilon_0 N_A \phi_s}$$

$$Q_S = Q_B = -0.00000081741 \text{ C/cm}^2$$

SubProblem g

由电荷平衡 $Q_G = 0.00000081741 \text{ C/cm}^2$

SubProblem h

$$\Delta \phi_{ox} = E_{ox} x_o = 0.26051 \text{ V}$$

SubProblem i

$$V_T = 2\phi_F + \frac{K_S x_o}{K_O} \sqrt{\frac{4q N_A}{K_S \varepsilon_0}} \phi_F$$

$$\phi_F = \frac{k_B T}{q} \ln \frac{N_A}{n_i} = 0.50476 \text{ V}$$

带入: $V_T = 2 \cdot 0.50476 + 0.30436 = 1.3139 \text{ V}$

Problem 计算 3

SubProblem a

夹断之前

$$I_{DS} = \frac{Z \bar{\mu}_n C_o}{L} \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

修改为

$$I'_{DS} = \frac{Z \bar{\mu}_n C_o}{L} \left[(V'_{GS} - V_T) V'_{DS} - \frac{V'^2_{DS}}{2} \right]$$

饱和后

$$I_{Dsat} = \frac{Z \bar{\mu}_n C_o}{2L} (V_G - V_T)^2$$

修改为

$$I'_{Dsat} = \frac{Z \bar{\mu}_n C_o}{2L} (V'_{GS} - V_T)^2$$

其中 $V'_{GS} = V_{GS} - (V_S + I'_{DS} R_S)$, $V'_{DS} = V_D - I'_{DS} R_D - (V_S + I'_{DS} R_S)$

可以预见的将会修正为四次方程。

SubProblem b

线性区

$$I_{DS} = \frac{Z\bar{\mu}_n C_o}{L} [(V_{GS} - V_T) V_{DS}]$$

修正

$$I_{DS} = \frac{Z\bar{\mu}_n C_o}{L} [(V_G - (V_S + I'_{DS} R_S) - V_T) (V_D - I'_{DS} R_D - (V_S + I'_{DS} R_S))]$$

显然， R_S 或者 R_D 越大，线性区电流越小。在饱和区， R_D 影响忽略， R_S 越大，电流越小。

Part II

非理想

Problem 选择

1) d 2) b 3) b

Problem 解答

SubProblem a

$$\Delta V_G = -\frac{Q_F}{C_O} = -\frac{Q_F}{\frac{K_O \epsilon_0}{t_O}} = -\frac{1e11q}{0.0000023600} = 0.0067881V$$

引起负的偏移。

改变阈值的原理：在氧化层的电容中引入电荷，进而改变经过栅的电压降落。

SubProblem b

$$\Delta V_G = -\frac{Q_F}{C_O} = 6.81e3 \cdot V_{G,(a)} = 0.046227V$$