第十九课：金半接触(M-S)

Wednesday, November 27, 2019 5:20 AM

1. 分析电场下表面电量变化：

由泊松方程：$\frac{dE}{dx}=\frac{\rho(x)}{\varepsilon_r\varepsilon_0}\Rightarrow E=-\frac{dV}{dx}$;

$$\rho(x)=e(N_d^+-n)$$
$$=e\left(n_0-n_0e^{-\frac{u}{kT}}\right)$$
$$=en_0\left(1-e^{-\frac{u}{kT}}\right)$$

弱电场下(能带弯曲不大)：$u\ll kT$

$$\lim_{x\to0}(1-e^{-x})=x$$
$$\rho=en_0\frac{u}{kT}=-\frac{e^2n_0V}{kT}$$
$$L_d=\sqrt{\frac{\varepsilon_r\varepsilon_0kT}{e^2n_0}}$$
$$\frac{d^2V}{dx^2}-\frac{V}{L_d^2}=0$$
$$\Rightarrow V=A_1e^{-\frac{x}{L_d}}+A_2e^{\frac{x}{L_d}}$$

当$x\to\infty,V=0$;

$$V=A_1e^{-\frac{u}{L_d}}\text{(表面势}V_s\text{)}$$
$$=V_se^{-\frac{u}{L_d}}$$
$$E(x)=\frac{dV(x)}{dx}$$
$$=\frac{V_s}{L_d}e^{-\frac{x}{L_d}}$$
$$u=-eV_se^{-\frac{x}{L_d}}$$

其中：L_d为德拜屏蔽长度;

a. 例：
   i. 对于金属：$n_0=10^{22}cm^{-3},\ \varepsilon_r=1,T=300K\Rightarrow L_d\approx0.1nm$;
   ii. 对于Ge：$n_0=10^{14}cm^{-3},\varepsilon_r=16,T=300K\Rightarrow L_d\approx4\mu m$;

2. 金属-半导体接触基础：
   a. 金半接触类型：
      i. 欧姆接触：尽可能不影响半导体性质，仅提供电压;
      ii. 肖特基接触;
   b. 功函数：

      下面的E_{Fx}为对应物质的费米能级;

      i. 金属的功函数(确定的)：$W_M=E_0-E_{FM}$;

ii. 半导体的功函数(不确定的，仅具有统计意义)：$W_S = E_0 - E_{FS}$；

c. 半导体的亲合势：$\chi_s = E_0 - E_c$

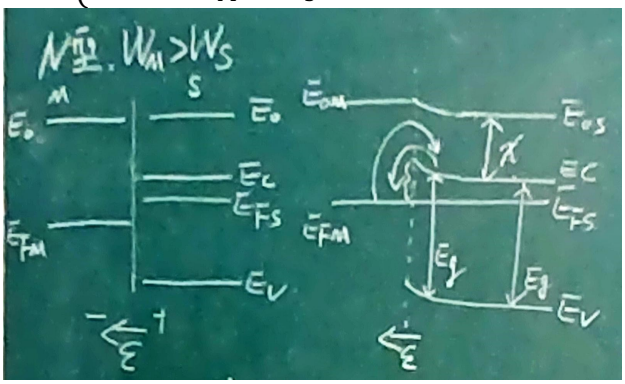
i. 导带底到真空能级的距离；

3. 金半接触：

a. N型半导体：$W_M > W_s, \mathrm{V_s} < 0$,电子耗尽层(阻挡层)

i. 能带图：

势垒$\begin{cases} \mathrm{M \rightarrow S: W_M - \chi_s} \\ \mathrm{S \rightarrow M: W_M - W_s} \end{cases}$

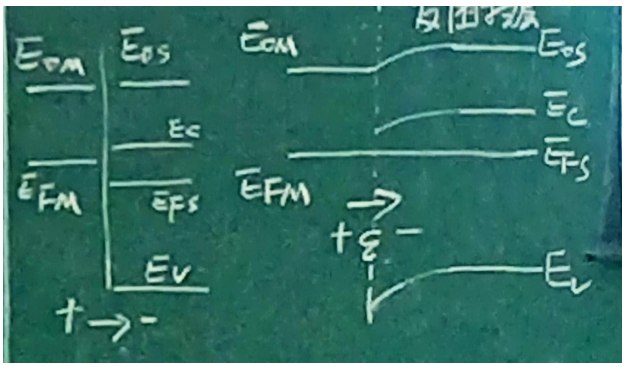


ii. 接触电势差：$V_0 = V_{bulk} - V_{Metal} = \frac{W_M - W_S}{e}$

iii. 半导体表面势：$V_s = V_s - V_{bulk} = V_{Metal} - V_{bulk} = \frac{W_s - W_M}{e}$

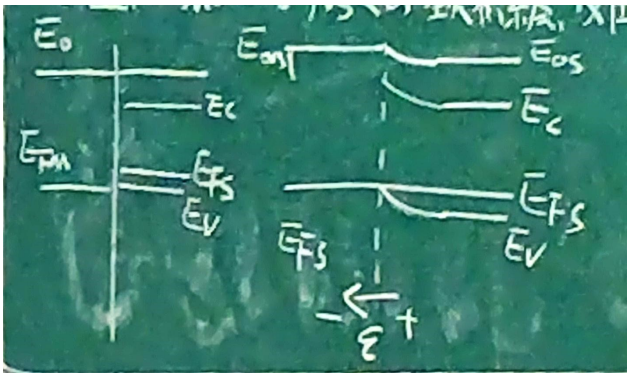
b. N型半导体：$W_M < W_S . \mathrm{V_s} > 0$,电子积累层(反阻挡层)

i. 能带图：



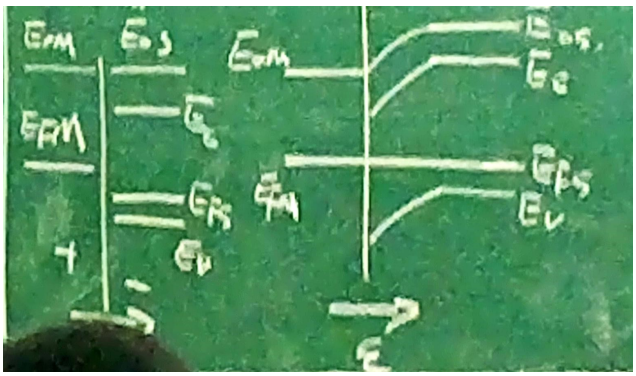
c. P型半导体：$W_M > W_s, \mathrm{V_s} < 0$,空穴积累层(反阻挡层)

i. 能带图：



d. P型半导体：$W_M < W_s, V_s > 0$,空穴耗尽层(阻挡层)

i. 能带图：



4. 对于$M \to S$，能带

   a. 向上弯曲：电子势垒 → 耗尽 →↑→ 反型

      空穴势阱 → 积累 →↑→ 简并

   b. 向下弯曲：电子势阱 → 积累 →↑→ 简并

      空穴势垒 → 耗尽 →↑→ 反型

5. M-S接触空间电荷区厚度χ_0

$$\rho(x) = e[N_d^+ - n(x)] = en_0(1 - e^{-\frac{u}{kT}})$$

耗尽层近似：认为χ_0内电子全部耗尽；

$$\rho(x) = eN_d^+ = en_0$$

$$\frac{d^2V}{dx^2} = -\frac{en_0}{\varepsilon_r\varepsilon_0}$$

$$V(x) = -\frac{en_0}{2\varepsilon_r\varepsilon_0} \cdot (x_0 - x)^2 + A(x_0 - x) + B$$

$$x = x_0, V(x_0) = 0, \Rightarrow B = 0$$

$$x = x_0, E = 0 = -\frac{dV}{dx}, \Rightarrow V(x) = -\frac{en_0}{2\varepsilon_r\varepsilon_0}(x_0 - x)^2$$

$$V(0) = V_s = -\frac{en_0}{2\varepsilon_r\varepsilon_0}x_0^2$$

$$V_s = \frac{W_s - W_M}{e}$$

$$x_0 = \sqrt{\frac{2\varepsilon_r\varepsilon_0}{e^2n_0}(W_M - W_s)}$$

$$x_0 = L_d\sqrt{\frac{2(W_M - W_s)}{kT}}$$