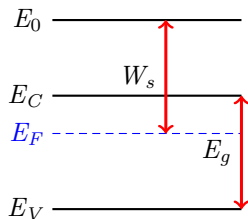


第七章、金属和半导体的接触

7.1 金属半导体接触及其能级图-功函数和亲合能

功函数 (work function)

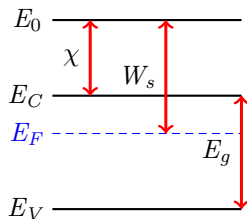
用 E_0 表示真空中静止的电子能量, $(E_F)_m$ 是金属的费米能级, 则 $E_0 - (E_F)_m$ 定义为金属的**功函数**, 用 W_m 表示, 它表示一个起始能量为费米能级的电子, 从金属内部逸出到真空需要的最小能量, W_m 越大, 电子越不容易离开金属。



7.1 金属半导体接触及其能级图-功函数和亲合能

功函数 (work function)

用 E_0 表示真空中静止的电子能量, $(E_F)_m$ 是金属的费米能级, 则 $E_0 - (E_F)_m$ 定义为金属的**功函数**, 用 W_m 表示, 它表示一个起始能量为费米能级的电子, 从金属内部逸出到真空需要的最小能量, W_m 越大, 电子越不容易离开金属。



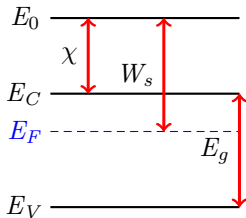
亲合能 (Affinity energy)

半导体的功函数: $W_s = E_0 - (E_F)_s$, 并把电子从导带最小能级跃迁到真空能级的最小能量称为**亲合能**, 定义为: $\chi = E_0 - E_c$, 所以 $W_s = \chi + [E_c - (E_F)_s]$

7.1 金属半导体接触及其能级图-功函数和亲合能

功函数 (work function)

用 E_0 表示真空中静止的电子能量, $(E_F)_m$ 是金属的费米能级, 则 $E_0 - (E_F)_m$ 定义为金属的**功函数**, 用 W_m 表示, 它表示一个起始能量为费米能级的电子, 从金属内部逸出到真空需要的最小能量, W_m 越大, 电子越不容易离开金属。

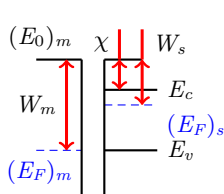


亲合能 (Affinity energy)

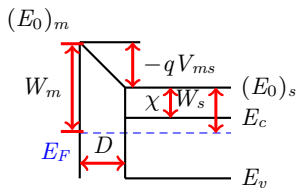
半导体的功函数: $W_s = E_0 - (E_F)_s$, 并把电子从导带最小能级跃迁到真空能级的最小能量称为**亲合能**, 定义为: $\chi = E_0 - E_c$, 所以 $W_s = \chi + [E_c - (E_F)_s]$

参见材料功函数: 铯 (Cs, 1.93eV , 金属最低), 铂 (Pt, 5.36eV , 金属最高), 硅 (Si, $\chi = 4.05\text{eV}$, 常温下, n 型掺杂 $N_D = 10^{14}/\text{cm}^3$ 时, $W_s = 4.37\text{eV}$, $N_D = 10^{15}/\text{cm}^3$ 时, $W_s = 4.31\text{eV}$, $N_D = 10^{16}/\text{cm}^3$ 时, $W_s = 4.25\text{eV}$)

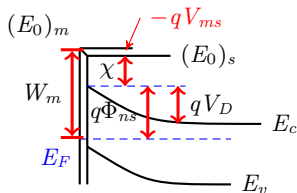
接触电势差



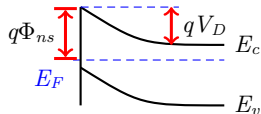
(a) 接触前



(b) 间隙很大



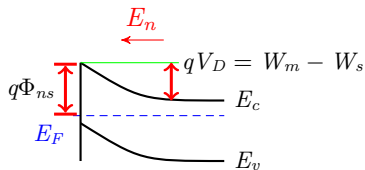
(c) 紧密接触



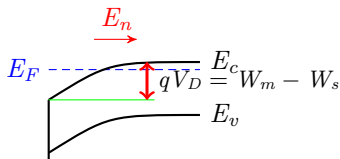
(d) 忽略间隙

这里是假设半导体是 n 型, $W_m > W_s$, V_{ms} 是接触电势差, V_D 是半导体的空间电荷区内电场电压, $q\Phi_{ns}$ 是金属的势垒高度, qV_D 是半导体势垒的高度。

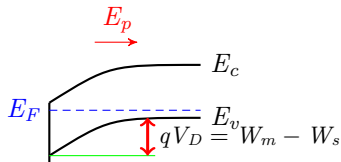
阻挡层和反阻挡层



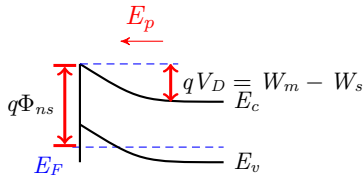
(a) n 型阻挡层 ($W_m > W_s$)



(b) n 型反阻挡层 ($W_m < W_s$)

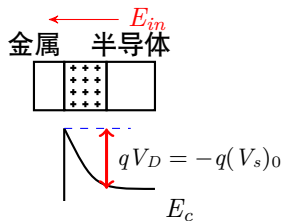


(c) p 型阻挡层 ($W_m < W_s$)

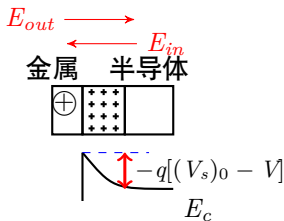


(d) p 型反阻挡层 ($W_m > W_s$)

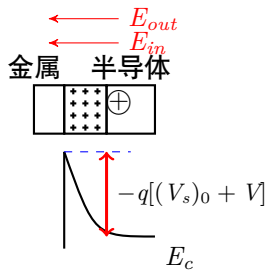
7.2 金属半导体接触整流



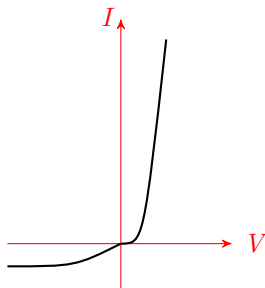
(a) $V = 0$



(b) $V > 0$



(c) $V < 0$

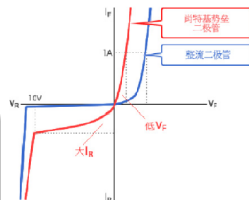


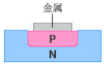

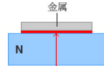

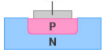

(d) 金属半导体接触伏安特性曲线

7.3 肖特基势垒二极管

肖特基势垒二极管

肖特基二极管是利用金属-半导体接面作为肖特基势垒，以产生**整流**的效果，和一般二极管中由半导体-半导体接面产生的 P-N 结不同。肖特基势垒的特性（多子扩散）使得肖特基二极管的**导通电压降低**（pn 结硅管是 $0.7V$ ，肖特基管一般 $0.3V$ ），而且可以**提高切换的速度**。

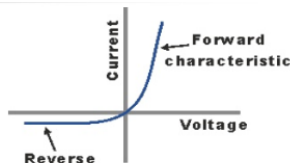


| 结构 | 符号 |
|---|---|
|  |  齐纳二极管 |
|  金属与半导体的接合 肖特基势垒 |  肖特基二极管 |
|  |  整流二极管 |

7.4 欧姆接触 Ohmic contact

肖特基接触

像上节所说，在金属和半导体接触时，出现阻挡层，导致出现整流（rectifying）的状况（也就是单向导通），**半导体体内的载流子流向体表会有阻碍，这就是肖特基接触。**



欧姆接触

在金属和半导体接触时，没有对体内载流子流向体表产生阻碍，而是**正常的具有线性的电流-电压特性曲线，这种接触就是欧姆接触。**

要形成欧姆接触，可以采用**反阻挡层**（也就是 $W_m > W_s$ ），但是由于半导体的表面态密度很高，所以提高金属的功函数可行性不高，实际生产是**采用隧道原理**来实现。在第六章中知道，可以**通过重掺杂的 pn 结**来实现隧道电流。

