

第一章 PN 结交流特性

电容的本质是电荷随电压变化。PN 结也是电容，并且是一个可变电容。对 PN 结来说结电容占主导，扩散电容较少。

1.1 正向导通电流

$$I = I_0(\exp(q(V_A - R_S I)\beta/m) - 1)$$

其中 m 是非理想因子。

$$\ln \frac{I + I_0}{I_0} = q(V_A - R_S I)\frac{\beta}{m}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{dI_A}{dV_A}$$

1.2 结电容

结区宽度满足

$$W \propto \sqrt{V_{bi} - V_A}$$

那么随着小信号的增大，空间电荷区变窄，p 区费米能级下降；减小则空间电荷区变宽，p 区费米能级上升。

那么外加小信号 V_{AC} 后势垒也随之变化，

计算流程为

$$V_{AC} \rightarrow \Delta V_{bi} \rightarrow \Delta W \rightarrow \Delta Q = \Delta W_n N_D$$

$$C = \frac{\Delta Q}{V_{AC}}$$

若是看成平板电容器

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{(W_n + W_p)}$$

A 是结面积。由于宽度由直流偏置决定，因此这是一个可变电容。

1.3 多数载流子

运动速度为 ps 量级，决定结区的性质。

1.4 内建电势

$$\frac{1}{C_j^2} \approx \frac{2}{qN_D(x)K_s\epsilon_0A^2}(V_{bi} - V_A)$$

1.5 少数载流子

少数载流子决定扩散电容。

$$J_N = qn\mu_N E + qD_N \frac{dn}{dx}$$

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{1}{q} \frac{dJ_n}{dx} - r_N + g_N$$

$$\frac{\partial(n_0 + \Delta n_{dc} \Delta n_{ac} e^{j\omega t})}{\partial t} = D_N \frac{d^2(n_0 + \Delta n_{dc} \Delta n_{ac} e^{j\omega t})}{dx^2} - \frac{\Delta n_{dc} + \Delta n_{ac} e^{j\omega t}}{\tau_n}$$

少数载流子的变化在微秒级。

1.6 数字电路中的应用