

Giunzione p-n

Formule semiconduttori	
Equazione di Poisson	$\frac{d^2V}{dx^2} = -\frac{q}{\epsilon_S}(p-n+N_D-N_A)$
Concentrazione portatori intrinseci	$n_i^2 = N_C N_V \exp\left(-\frac{E_g}{kT}\right)$
Formule giunzione brusca asimmetrica	
Funzione lavoro semiconduttore drogato n	$q\phi_{Si,n} = q\chi + \frac{E_G}{2} - kT \ln\left(\frac{N_D}{n_i}\right)$
Funzione lavoro semiconduttore drogato p	$q\phi_{Si,p} = q\chi + \frac{E_G}{2} + kT \ln\left(\frac{N_A}{n_i}\right)$
Distanza livello di Fermi drogato e intrinseco, semiconduttore drogato n	$(E_F - E_i)_n = kT \ln\left(\frac{N_D}{n_i}\right)$
Distanza livello di Fermi drogato e intrinseco, semiconduttore drogato p	$(E_F - E_i)_p = -kT \ln\left(\frac{N_A}{n_i}\right)$
Potenziale di built-in, giunzione brusca	$V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{N_D N_A}{n_i^2}\right)$
Estensione regione di svuotamento, giunzione brusca	$W = \sqrt{\frac{2\epsilon_S}{q} \frac{N_D + N_A}{N_D N_A} (V_{bi} - V)}$
Estensione della regione di svuotamento nelle due zone di una giunzione brusca	$x_n = \frac{N_A}{N_A + N_D} W$ $x_p = \frac{N_D}{N_A + N_D} W$
Capacità di svuotamento, giunzione brusca	$C_j = \sqrt{\frac{q\epsilon_S}{2} \frac{N_A N_D}{N_A + N_D} \frac{1}{V_{bi} - V}}$
Campo massimo	$E_{max} = \frac{qN_D x_n}{\epsilon_S} = \frac{qN_A x_p}{\epsilon_S} \approx \frac{2(V_{bi} - V)}{W}$
Potenziale di breakdown	$V_{BR} = \frac{E_C W}{2}$
Formule giunzione a gradiente lineare	
Potenziale di built-in, giunzione a gradiente lineare	$V_{bi} = \frac{2k_B T}{q} \ln\left(\frac{kW}{2n_i}\right)$
Estensione regione di svuotamento, giunzione a gradiente lineare	$W = \sqrt[3]{\frac{12\epsilon_S}{q} \frac{V_{bi} - V}{k}}$
Estensione della regione di svuotamento nelle due zone di una giunzione a gradiente lineare	$-x_p = x_n = \frac{W}{2}$
Capacità di svuotamento, giunzione a gradiente lineare	$C_j = \sqrt[3]{\frac{q\epsilon_S}{12} \frac{a}{V_{bi} - V}}$
Potenziale di breakdown	$V_{BR} = \frac{2E_C W}{3}$
Corrente nella giunzione p-n	
Corrente nella giunzione p-n ideale	$I_D = I_0 \left[\exp\left(\frac{qV}{kT}\right) - 1 \right]$

Corrente di saturazione inversa	$I_0 = qAn_i^2 \left[\frac{D_p}{L_p N_D} + \frac{D_n}{L_n N_A} \right]$
Effetto della resistenza serie delle regioni neutre: <ul style="list-style-type: none"> • $W_{n,p}$ = distanza dei contatti metallici dal piano della giunzione in regione n e p rispettivamente 	$I_D = I_0 \left[\exp \left(\frac{q(V - RI_D)}{kT} \right) - 1 \right]$ $R = R_n + R_p$ $R_{n,p} = \rho_{n,p} \frac{W_{n,p} - x_{n,p}}{A}$ $\rho_{n,p} = \frac{1}{q\mu_{n,p}N_{D,A}}$
Generazione/ricombinazione	
Polarizzazione inversa:	
Velocità di generazione <ul style="list-style-type: none"> • N_t densità delle trappole • σ_0 sezione efficace • E_t = livello energetico delle trappole 	$G = \frac{n_i}{\tau_g}$ $\frac{1}{\tau_g} = \frac{v_{th}\sigma_0 N_t}{2 \cosh \left(\frac{E_t - E_i}{kT} \right)}$
Corrente di generazione (si somma alla corrente di saturazione inversa ideale)	$I_{gen} = J_{gen}A = qGWA = qA \frac{Wn_i}{\tau_g}$
Polarizzazione diretta:	
Velocità di ricombinazione	$U = \frac{n_i}{2\tau_r} \exp \left(\frac{qV}{2kT} \right)$ $\frac{1}{\tau_r} = \sigma_0 v_{th} N_t$
Corrente di ricombinazione (si somma alla corrente totale del diodo)	$I_{rec} = J_{rec}A = (qUW)A = \left(q \frac{n_i}{2\tau_r} \exp \left(\frac{qV}{2kT} \right) W \right) A$
Comportamento dinamico $V_A(t) = V_{DC} + v_A(t)$	
Capacità di diffusione	$C_d = q(L_p p_{n0} + L_n n_{p0}) \frac{q}{kT} \exp \left(\frac{qV}{kT} \right)$
Resistenza dinamica $I_{DC} = I_S \left[\exp \left(\frac{qV_{DC}}{kT} \right) - 1 \right]$	$r = \frac{1}{G_0}$ $G_0 = \frac{q(I_{DC} + I_S)}{kT} + \frac{qAn_i}{2\tau_0} \frac{dW}{dV_{DC}}$

Contatto metallo-semiconduttore

Altezza di barriera contatto metallo-semiconduttore n	$q\Phi_{Bn} = q(\phi_m - \chi) = q(V_{bi} + V_n)$ $qV_n = kT \ln \frac{N_C}{N_D} = \frac{E_g}{2} - kT \ln \left(\frac{N_D}{n_i} \right)$
Altezza di barriera contatto metallo-semiconduttore p	$q\Phi_{Bp} = E_g - q\Phi_{Bn} = q(V_{bi} - V_p)$ $V_p = kT \ln \frac{N_V}{N_A}$
Capacità di svuotamento contatto metallo semiconduttore n	$C_j = \sqrt{\frac{q\epsilon_S}{2} \frac{N_D}{V_{bi} - V}}$
Capacità di svuotamento contatto metallo semiconduttore p	$C_j = \sqrt{\frac{q\epsilon_S}{2} \frac{N_A}{V_{bi} - V}}$
Corrente nel contatto raddrizzante	$I = I_S \left[\exp\left(\frac{qV}{kT}\right) - 1 \right]$
Corrente di saturazione inversa	$I_S = AA^* T^2 \exp\left(-\frac{q\Phi_B}{kT}\right)$
Resistenza dei contatti ohmici (in ohm*cm ²)	$R_C = \frac{kT}{qA^* T^2} \exp\left(\frac{q\Phi_B}{kT}\right)$

FORMULARIO MOS –MOSFET - SUBSTRATO P

$$\psi_B = \frac{kT}{q} \ln \frac{N_A}{n_i}$$

$$q\phi_{MS} = q\phi_M - q\phi_S = q\phi_M - \left(q\chi + E_g/2 + kT \ln \left(\frac{N_A}{n_i} \right) \right)$$

$$C_{ox} = \frac{\epsilon_{ox}}{d}$$

$$C_{min} = \frac{\epsilon_{ox}}{d + \frac{\epsilon_{ox}}{\epsilon_S} W_m}$$

$$W_m = \sqrt{\frac{2\epsilon_S 2\psi_B}{qN_A}} = \sqrt{\frac{4\epsilon_S kT \ln(N_A/n_i)}{q^2 N_A}}$$

$$V_T = V_{FB} + \frac{\sqrt{2\epsilon_S qN_A (2\psi_B)}}{C_o} + 2\psi_B$$

$$V_{FB} = \Phi_{MS} - \frac{Q_{ox}}{C_{ox}} \frac{x}{d_{ox}}$$

MOSFET REGIONE LINEARE A CANALE N

$$I_D \cong \frac{Z\mu_n}{L} C_{ox} [V_G - V_T] V_D$$

$$g_D = \left. \frac{\partial I_D}{\partial V_D} \right|_{V_G=\text{cost}} = \frac{Z\mu_n}{L} C_{ox} [V_G - V_T]$$

$$g_m = \left. \frac{\partial I_D}{\partial V_G} \right|_{V_D=\text{cost}} = \frac{Z\mu_n}{L} C_{ox} V_D$$

MOSFET IN REGIONE DI SATURAZIONE

$$I_{Dsat} = \frac{Z\mu_n}{2L} C_{ox} (V_G - V_T)^2$$

$$g_{msat} = \frac{Z\mu_n}{L} C_{ox} (V_G - V_T) = g_{dlin}$$

TENSIONE DI SOGLIA CANALE N

$$V_T = V_{FB} + \frac{\sqrt{2\varepsilon_S q N_A (2\psi_B)}}{C_{ox}} + 2\psi_B$$

POLARIZZAZIONE DEL SUBSTRATO CANALE N

$$\Delta V_T = \frac{\sqrt{2q\varepsilon_S N_A}}{C_{ox}} (\sqrt{2\psi_B - V_{BS}} - \sqrt{2\psi_B})$$

TENSIONE DI SOGLIA CANALE P

$$V_T = V_{FB} - \frac{\sqrt{2\varepsilon_S q N_D (2\psi_B)}}{C_{ox}} - 2\psi_B$$

POLARIZZAZIONE DEL SUBSTRATO CANALE P

$$\Delta V_T = -\frac{\sqrt{2q\varepsilon_S N_D}}{C_{ox}} (\sqrt{2\psi_B - V_{SB}} - \sqrt{2\psi_B})$$

FREQUENZA DI TAGLIO

$$f_T = \frac{\mu V_D}{2\pi L^2}$$