

TEMA 1: Modelos en semiconductores y dispositivos semiconductores.**1.2.1. Modelo cualitativo de bandas de energía.**

$$\nabla^2 \Psi(x, y, z) + \frac{8\pi^2 m}{h^2} [E - V(x, y, z)] \cdot \Psi(x, y, z) = 0$$

$$E_g(T) = 1.17 - \frac{4.73 \cdot 10^{-4} \cdot T^2}{T + 636} \quad \text{para el Si}$$

$$E_g(T) = 1.52 - \frac{5.4 \cdot 10^{-4} \cdot T^2}{T + 204} \quad \text{para el GaAs}$$

1.2.2. Modelo cuantitativo de bandas de energía.

$$\frac{d^2 \Psi(x)}{dx^2} + \frac{2 \cdot m}{h^2} \cdot [E - W(x)] \cdot \Psi(x) = 0 \quad \text{con} \quad h^2 = \frac{h^2}{4 \cdot \pi^2}$$

Caso $0 \leq E < W_0$:

$$\frac{\beta^2 - \alpha^2}{2 \cdot \alpha \cdot \beta} \cdot \sinh(\beta \cdot b) \cdot \sin(\alpha \cdot a) + \cosh(\beta \cdot b) \cdot \cos(\alpha \cdot a) = \cos(K \cdot L)$$

$$\alpha^2 = \frac{2 \cdot m \cdot E}{h^2}, \quad \beta^2 = \frac{2 \cdot m \cdot (W_0 - E)}{h^2}, \quad L = a + b$$

Caso $E > W_0$:

$$-\frac{\alpha^2 + \gamma^2}{2 \cdot \alpha \cdot \gamma} \cdot \sin(\gamma \cdot b) \cdot \sin(\alpha \cdot a) + \cos(\gamma \cdot b) \cdot \cos(\alpha \cdot a) = \cos(K \cdot L)$$

$$\beta = i \cdot \gamma$$

TEMA 2: Estadística y fenómenos de transporte de carga en semiconductores.**2.1. Densidad de estados.**

$$N(E) = 4 \cdot \pi \cdot \left(\frac{2 \cdot m}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot E^{\frac{1}{2}}$$

$$B.C. \Rightarrow N_n(E) = 4 \cdot \pi \cdot \left(\frac{2 \cdot m_n}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot (E - E_c)^{\frac{1}{2}}$$

$$B.V. \Rightarrow N_p(E) = 4 \cdot \pi \cdot \left(\frac{2 \cdot m_p}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot (E_v - E)^{\frac{1}{2}}$$

2.2.1. Función de distribución de Fermi-Dirac.

$$f(E) = \frac{1}{1 + e^{\frac{E - E_F}{KT}}}$$

$$e^- \text{ en B.C.: } f_c(E) = e^{-\frac{(E - E_F)}{KT}}$$

$$h^+ \text{ en B.V.: } f_v(E) = e^{-\frac{(E_F - E)}{KT}}$$

2.2.2. Concentración de portadores.

$$n(E) = N(E) \cdot f(E)$$

$$n = N_c \cdot e^{-\left(\frac{E_c - E_F}{KT}\right)} \quad \text{con} \quad N_c = 2 \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot m_n \cdot K \cdot T}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}}$$

$$p = N_v \cdot e^{-\left(\frac{E_F - E_v}{KT}\right)} \quad \text{con} \quad N_v = 2 \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot m_p \cdot K \cdot T}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}}$$

2.3. Semiconductores intrínsecos y extrínsecos.**2.3.1. Concentración intrínseca, nivel de Fermi y producto n·p.**

$$E_F = E_i = \frac{E_c + E_v}{2} + \frac{K \cdot T}{2} \cdot \ln\left(\frac{N_v}{N_c}\right) = \frac{E_c + E_v}{2} + \frac{3 \cdot K \cdot T}{4} \cdot \ln\left(\frac{m_p}{m_n}\right)$$

Ley de acción de masas:

$$n \cdot p = n_i^2 \Rightarrow n_i = \sqrt{N_c \cdot N_v} \cdot e^{-\frac{E_g}{2KT}} \quad \text{con} \quad E_g = E_c - E_v$$

2.3.2. Semiconductores extrínsecos.Condición de ionización completa:

$$\text{Tipo N: } n = N_D \Rightarrow E_c - E_F = K \cdot T \cdot \ln\left(\frac{N_c}{N_D}\right)$$

$$\text{Tipo P: } p = N_A \Rightarrow E_F - E_v = K \cdot T \cdot \ln\left(\frac{N_v}{N_A}\right)$$

Concentraciones extrínsecas:

$$n = N_c \cdot e^{-\left(\frac{E_c - E_F}{KT}\right)} = n_i \cdot e^{\frac{E_F - E_i}{KT}}$$

$$p = N_v \cdot e^{-\left(\frac{E_F - E_v}{KT}\right)} = n_i \cdot e^{\frac{E_i - E_F}{KT}}$$

Neutralidad de carga: $n + N_A = p + N_D$

$$n_n = \frac{1}{2} \left[N_D - N_A + \sqrt{(N_D - N_A)^2 + 4n_i^2} \right], \quad p_n = \frac{n_i^2}{n_n}$$

$$p_p = \frac{1}{2} \left[N_A - N_D + \sqrt{(N_A - N_D)^2 + 4n_i^2} \right], \quad n_p = \frac{n_i^2}{p_p}$$

2.4. Fenómenos de transporte de carga en semiconductores.**2.4.1. Fenómeno de arrastre de portadores.**

$$v_n = -\mu_n \cdot \mathcal{E}; \quad v_p = \mu_p \cdot \mathcal{E}$$

$$\text{siendo } \mu_n = \frac{q \cdot \tau_c}{m_n} \quad \text{y} \quad \mu_p = \frac{q \cdot \tau_c}{m_p}$$

$$J_n = -q \cdot n \cdot v_n = q \cdot n \cdot \mu_n \cdot \mathcal{E}, \quad J_p = q \cdot p \cdot v_p = q \cdot p \cdot \mu_p \cdot \mathcal{E}$$

$$J = J_n + J_p$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{q \cdot n \cdot \mu_n + q \cdot p \cdot \mu_p}; \quad R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

2.4.2. Fenómeno de difusión en portadores.

$$F = -D_n \cdot \frac{dn}{dx} \quad \text{con} \quad D_n = V_{th} \cdot l \quad \text{y} \quad V_{th} = \frac{l}{\tau_c}$$

$$J_n = q \cdot D_n \cdot \frac{dn}{dx} \quad J_p = -q \cdot D_p \cdot \frac{dp}{dx}$$

$$\text{Relación de Einstein: } D_n = \frac{KT}{q} \cdot \mu_n$$

Ecuaciones para la densidad de corriente:

$$J_{cond} = J_n + J_p$$

$$J_n = q \cdot \mu_n \cdot n \cdot \mathcal{E} + q \cdot D_n \cdot \frac{dn}{dx}$$

$$J_p = q \cdot \mu_p \cdot p \cdot \mathcal{E} - q \cdot D_p \cdot \frac{dp}{dx}$$

2.4.2.4. Efecto Hall sobre un semiconductor P.

$$\mathcal{E}_y = v_x \cdot B_z = R_H \cdot J_p \cdot B_z \quad \text{siendo} \quad R_H = \frac{1}{q \cdot p},$$

$$p = \frac{I \cdot B_z \cdot W}{q \cdot V_H \cdot A}$$

2.4.4. Proceso de generación y recombinación de portadores.Proceso de generación y recombinación directa o entre bandas:

$$\text{Eq. térmico: } G_{th} = R_{th} = \beta \cdot n_{no} \cdot p_{no}$$

Excitación luminosa: $G = G_{th} + G_L$

$$R = \beta \cdot (n_{no} + \Delta n) \cdot (p_{no} + \Delta p) \quad \text{siendo} \quad \Delta n = \Delta p$$

$$\Downarrow$$

$$G_L = R - G_{th} \equiv U$$

$$U = \frac{p_n - p_{no}}{\tau_p} \quad \text{con} \quad \tau_p = \frac{1}{\beta \cdot n_{no}}$$

Proceso de generación y recombinación indirecta en volumen:

$$\text{Eq. térmico: } R_a = R_b \Rightarrow K_b = K_a \cdot n_i \cdot e^{(E_i - E_i)/KT}$$

$$R_c = R_d \Rightarrow K_d = K_c \cdot n_i \cdot e^{(E_i - E_i)/KT}$$

Excitación luminosa:

$$G_L = R_a - R_b = R_c - R_d \equiv U$$

$$U = \frac{p_n - p_{no}}{\tau_p} \quad \text{con} \quad \tau_p \equiv \frac{1}{K_c \cdot N_t}$$

2.4.5. La ecuación de continuidad.

$$\frac{dn}{dt} \cdot A \cdot dx = \left[\frac{J_n(x) \cdot A}{-q} - \frac{J_n(x + dx) \cdot A}{-q} \right] + (G_n - R_n) \cdot A \cdot dx$$

$$\frac{dn}{dt} = \frac{1}{q} \cdot \frac{\partial J_n}{\partial x} + (G_n - R_n), \quad \frac{dp}{dt} = -\frac{1}{q} \cdot \frac{\partial J_p}{\partial x} + (G_p - R_p)$$

Portadores minoritarios:

$$\frac{J_{np}}{dt} = n_p \cdot \mu_n \cdot \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x} + \mu_n \cdot \xi \cdot \frac{\partial n_p}{\partial x} + D_n \cdot \frac{\partial^2 n_p}{\partial x^2} + G_n - \frac{n_p - n_{po}}{\tau_n}$$

$$\frac{J_{pn}}{dt} = -p_n \cdot \mu_p \cdot \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x} + \mu_p \cdot \xi \cdot \frac{\partial p_n}{\partial x} + D_p \cdot \frac{\partial^2 p_n}{\partial x^2} + G_n - \frac{p_n - p_{po}}{\tau_p}$$

Ec. de Poisson:

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x} = \frac{\rho_s}{\epsilon_s}$$

Inyección de portadores en exceso desde una cara:Cuando $W \gg L_p$:

$$p_n(x) = p_{no} + [p_n(0) - p_{no}] \cdot e^{-\frac{x}{L_p}}; \quad \text{siendo} \quad L_p = \sqrt{D_p \cdot \tau_p},$$

Cuando $L_p > W$:

$$p_n(x) = p_{no} + [p_n(0) - p_{no}] \cdot \frac{\sinh\left(\frac{W - x}{L_p}\right)}{\sinh\left(\frac{W}{L_p}\right)}$$

TEMA 3. Física de la unión PN.**3.1. La unión PN en equilibrio térmico.**

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} = -\frac{d\mathcal{E}}{dx} = -\frac{q}{\epsilon_s} (N_D - N_A + p - n)$$

$$J_{p_arrastre} + J_{p_difusión} = 0 \Rightarrow \frac{dE_F}{dx} = 0$$

$$\psi_p = -\frac{K \cdot T}{q} \cdot \ln \frac{N_A}{n_i} \quad \text{y} \quad \psi_n = \frac{K \cdot T}{q} \cdot \ln \frac{N_D}{n_i}$$

$$V_{bi} = \psi_n + |\psi_p| = \frac{K \cdot T}{q} \cdot \ln \frac{N_A \cdot N_D}{n_i^2}$$

3.2. Resolución de la ecuación de Poisson.Unión abrupta:

$$-x_p \leq x < 0: \quad \frac{d^2 \psi}{dx^2} = \frac{q \cdot N_A}{\epsilon_s}, \quad \mathcal{E}(x) = -\frac{q \cdot N_A}{\epsilon_s} (x + x_p)$$

$$0 < x \leq x_n: \quad \frac{d^2 \psi}{dx^2} = -\frac{q \cdot N_D}{\epsilon_s}, \quad \mathcal{E}(x) = \frac{q \cdot N_D}{\epsilon_s} (x - x_n)$$

Neutralidad de carga: $N_A \cdot x_p = N_D \cdot x_n$

$$\epsilon_m = \frac{q \cdot N_D}{\epsilon_s} x_n = \frac{q \cdot N_A}{\epsilon_s} x_p$$

$$V_{bi} = \frac{1}{2} \epsilon_m \cdot W \Rightarrow W = \sqrt{\frac{2 \cdot \epsilon_s}{q} \cdot \left(\frac{N_A + N_D}{N_A \cdot N_D} \right) \cdot V_{bi}}$$

Unión abrupta en un lado p⁺n:

$$W \approx x_n = \sqrt{\frac{2 \cdot \epsilon_s \cdot V_{bi}}{q \cdot N_D}}$$

$$\epsilon_m = \frac{q \cdot N_B \cdot W}{\epsilon_s}, \quad \mathcal{E}(x) = -\epsilon_m \left(1 - \frac{x}{W} \right)$$

Unión gradual:

$$\mathcal{E}(x) = -\frac{q \cdot a}{\epsilon_s} \cdot \frac{\left(\frac{W}{2} \right)^2 - x^2}{2}$$

$$\epsilon_m = \frac{q \cdot a \cdot W^2}{8 \cdot \epsilon_s} \quad V_{bi} = \frac{q \cdot a \cdot W^3}{12 \cdot \epsilon_s}$$

3.3. La unión PN polarizada.

$$W = \sqrt{\frac{2 \cdot \epsilon_s}{q} \cdot \left(\frac{N_A + N_D}{N_A \cdot N_D} \right) \cdot (V_{bi} - V)}$$

$$V_j = V_{bi} - V = \frac{1}{2} \cdot \epsilon_m \cdot W$$

$$C_{j_total} = A \cdot \frac{\epsilon_s}{W}$$

3.4. Modelo matemático de la unión PN. Ecuación de Shockley.Leyes de la unión:

$$n_p = n_{po} \cdot e^{q \cdot V / K \cdot T} \quad \text{para } x = -x_p$$

$$p_n = p_{no} \cdot e^{q \cdot V / K \cdot T} \quad \text{para } x = x_n$$

Distribución de portadores en zonas neutras:

$$p_n(x) - p_{no} = p_{no} \cdot \left(e^{\frac{q \cdot V}{K \cdot T}} - 1 \right) e^{\frac{-(x-x_n)}{L_p}} \quad \text{para } x > x_n$$

$$n_p(x) - n_{po} = n_{po} \cdot \left(e^{\frac{q \cdot V}{K \cdot T}} - 1 \right) e^{\frac{(x+x_p)}{L_n}} \quad \text{para } x < -x_p$$

Ecuación del diodo ideal o de Shockley:

$$J_p(x_n) = \frac{q \cdot D_p \cdot p_{no}}{L_p} \cdot \left(e^{\frac{q \cdot V}{K \cdot T}} - 1 \right)$$

$$J_n(-x_p) = \frac{q \cdot D_n \cdot n_{po}}{L_n} \cdot \left(e^{\frac{q \cdot V}{K \cdot T}} - 1 \right)$$

$$J = J_n(-x_p) + J_p(x_n) = J_s \cdot \left(e^{\frac{q \cdot V}{K \cdot T}} - 1 \right)$$

$$\text{con } J_s \equiv \frac{q \cdot D_p \cdot p_{no}}{L_p} + \frac{q \cdot D_n \cdot n_{po}}{L_n}$$

$$I = I_s \cdot \left(e^{\frac{q \cdot V}{K \cdot T}} - 1 \right) \quad \text{con } I_s = A \cdot J_s$$

3.5. Fenómenos de ruptura.Ruptura por avalancha:

$$I_R = M \cdot I_s \quad \text{con } M = \frac{1}{1 - \left(\frac{|V|}{V_R} \right)^u}$$

Ruptura por efecto túnel o zener:

$$\text{prob.} = \left[1 + \frac{E_0 \cdot \sin \beta \cdot W}{4 \cdot E \cdot (E_0 - E)} \right]^{-1} \quad \text{con } \beta = \left[\frac{2 \cdot m \cdot (E_0 - E)}{\hbar^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Cálculo de la tensión de ruptura por avalancha:

a) Unión abrupta p-n:

$$\epsilon_{cr} = \sqrt{\frac{2 \cdot q}{\epsilon_s} \cdot \left(\frac{N_A \cdot N_D}{N_A + N_D} \right) \cdot (V_{bi} + V_r)}$$

$$\text{b) Unión abrupta a un lado p}^+ \text{n: } V_r = \frac{\epsilon_s \cdot \epsilon_{cr}^2}{2 \cdot q \cdot N_D}$$

3.6. Almacenamiento de carga y capacidad de difusión.

$$\text{Zona neutra N: } Q_n = L_p \cdot p_n(x_n) \cdot q = \tau_p \cdot J_p(x_n)$$

$$\text{Zona neutra P: } Q_p = L_n \cdot n_p(-x_p) \cdot q = \tau_n \cdot J_n(-x_p)$$

Capacidad de difusión en unión p⁺-n:

$$C_d = \frac{A \cdot q^2 \cdot L_p \cdot p_{no}}{K \cdot T} \cdot e^{\frac{q \cdot V}{K \cdot T}}$$

TEMA 4: El transistor y el tiristor.El transistor:

$$I_E = I_{Ep} + I_{En}, \quad I_C = I_{Cp} + I_{Cn}$$

$$I_B = I_E - I_C = I_{En} + I_{BB} - I_{Cn} \quad \text{con } I_{BB} = I_{Ep} - I_{Cp}$$

$$\alpha_0 = \frac{I_{Cp}}{I_E} = \gamma \cdot \alpha_T, \quad \gamma = \frac{I_{Ep}}{I_{Ep} + I_{En}}, \quad \alpha_T = \frac{I_{Cp}}{I_{Ep}}$$

$$I_C = \alpha_0 \cdot I_E + I_{CBO}$$

4.2. Características estáticas del transistor bipolar en base común.Distribución de portadores:A) Base.

$$p_n(x) = p_{no} \cdot \left(e^{\frac{q V_{EB}}{K T}} - 1 \right) \cdot \left[\frac{\sinh\left(\frac{W-x}{L_p}\right)}{\sinh\left(\frac{W}{L_p}\right)} \right] +$$

$$+ p_{no} \cdot \left[1 - \frac{\sinh\left(\frac{x}{L_p}\right)}{\sinh\left(\frac{W}{L_p}\right)} \right] \quad ; 0 \leq x \leq W$$

$$\begin{cases} p_n(0) = p_{no} \cdot e^{\frac{q V_{EB}}{K T}} \\ p_n(W) = 0 \end{cases}$$

Caso W/L_p << 1:

$$p_n(x) = p_{no} \cdot e^{q V_{BE} / K \cdot T} \cdot \left(1 - \frac{x}{W} \right)$$

B) Emisor:

$$n_E(x) = n_{E0} + n_{E0} \left(e^{\frac{q V_{EB}}{K T}} - 1 \right) \cdot e^{\frac{x+x_E}{L_E}} \quad x \leq -x_E$$

$$\begin{cases} n_E(-x_E) = n_{E0} \cdot e^{\frac{q V_{EB}}{K T}} \\ n_E(-\infty) = n_{E0} \end{cases}$$

C) Colector:

$$n_C(x) = n_{C0} - n_{C0} e^{\frac{x-x_C}{L_C}}$$

$$\begin{cases} n_C(x_C) = n_{C0} e^{\frac{-q|V_{CB}|}{K T}} \approx 0 \\ n_C(+\infty) = n_{C0} \end{cases}$$

Carga neta en base:

$$Q_B = \frac{q \cdot A \cdot W_B \cdot p_n(0)}{2}$$

Expresión de las corrientes en el transistor en base común: ecuaciones de Ebers-Möhl:

$$I_{Ep} = A \left[-q \cdot D_p \cdot \frac{dp_n}{dx} \right]_{x=0} =$$

$$= q \cdot A \cdot \frac{D_p \cdot p_{no}}{L_p} \coth\left(\frac{W}{L_p}\right) \cdot \left[\left(e^{\frac{q V_{EB}}{K T}} - 1 \right) + \frac{1}{\cosh\left(\frac{W}{L_p}\right)} \right]$$

Caso W/L_p << 1:

$$I_{Ep} \approx \frac{q \cdot A \cdot D_p \cdot n_i^2}{N_B \cdot W} \cdot e^{q V_{EB} / K \cdot T}$$

$$I_{Cp} = A \left[-q \cdot D_p \cdot \frac{dp_n}{dx} \right]_{x=W} =$$

$$= q \cdot A \cdot \frac{D_p \cdot p_{no}}{L_p} \frac{1}{\sinh\left(\frac{W}{L_p}\right)} \cdot \left[\left(e^{\frac{q V_{EB}}{K T}} - 1 \right) + \cosh\left(\frac{W}{L_p}\right) \right]$$

Caso W/L_p << 1:

$$I_{Cp} \approx \frac{q \cdot A \cdot D_p \cdot n_i^2}{N_B \cdot W} \cdot e^{q V_{EB} / K \cdot T}$$

$$I_{En} = A \left[q \cdot D_E \cdot \frac{dn_E}{dx} \right]_{x=-x_E} = q \cdot A \cdot \frac{D_E \cdot n_{E0}}{L_E} \cdot \left(e^{\frac{q V_{EB}}{K T}} - 1 \right)$$

$$I_{Cn} = A \left[q \cdot D_C \cdot \frac{dn_C}{dx} \right]_{x=x_C} = q \cdot A \cdot \frac{D_C \cdot n_{C0}}{L_C}$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + \frac{D_E \cdot N_B \cdot W}{D_p \cdot N_E \cdot L_E}} \quad \alpha_T = \text{sech}\left(\frac{W}{L_p}\right) \approx 1 - \frac{W^2}{2L_p^2}$$

Ec. de Ebers - Möll para cualquier modo de operación:

$$I_E = a_{11} \cdot \left(e^{\frac{q V_{EB}}{K T}} - 1 \right) - a_{12} \cdot \left(e^{\frac{q V_{CB}}{K T}} - 1 \right)$$

$$I_C = a_{21} \cdot \left(e^{\frac{q V_{EB}}{K T}} - 1 \right) - a_{22} \cdot \left(e^{\frac{q V_{CB}}{K T}} - 1 \right)$$

Las aproximaciones son validas para $\frac{W}{L_p} \ll 1$:

$$a_{11} = q \cdot A \cdot \left[\frac{D_p \cdot p_{no}}{L_p} \coth\left(\frac{W}{L_p}\right) + \frac{D_E \cdot n_{E0}}{L_E} \right] \approx$$

$$\approx q \cdot A \cdot \left[\frac{D_p \cdot n_i^2}{N_B \cdot W} + \frac{D_E \cdot n_{E0}}{L_E} \right]$$

$$a_{12} = a_{21} = q \cdot A \cdot \frac{D_p \cdot p_{no}}{L_p} \frac{1}{\sinh\left(\frac{W}{L_p}\right)} \approx q \cdot A \cdot \frac{D_p \cdot n_i^2}{N_B \cdot W}$$

$$a_{22} = q \cdot A \cdot \frac{D_p \cdot p_{no}}{L_p} \coth\left(\frac{W}{L_p}\right) + q \cdot A \cdot \frac{D_C \cdot n_{C0}}{L_C} \approx$$

$$\approx q \cdot A \cdot \left[\frac{D_p \cdot n_i^2}{N_B \cdot W} + \frac{D_C \cdot n_{C0}}{L_C} \right]$$

Efectos de 2º orden:**- Modulación de la anchura de base (Configuración en emisor común)**

$$I_C = \beta_o \cdot I_B + I_{CEO}$$

$$\beta_o = \frac{\alpha_o}{1 - \alpha_o} = \frac{2 \cdot L_p^2}{W^2}$$

- Corrientes de saturación y tensión de ruptura:

$$I_{CEO} \equiv \frac{I_{CBO}}{1 - \alpha_o} \equiv \beta_o \cdot I_{CBO}$$

$$BV_{CEO} = BV_{CBO} \cdot (1 - \alpha_o)^{\frac{1}{\eta}} = BV_{CBO} \cdot \left(\frac{\alpha_o}{\beta_o} \right)^{\frac{1}{\eta}} \equiv BV_{CBO} \cdot \beta_o^{-\frac{1}{\eta}}$$

con η comprendido entre 2 y 6 para Si.**VARIABLES Y CONSTANTES EMPLEADAS** $h \equiv$ Constante de Planck: $6.626 \cdot 10^{-34}$ J-s $k \equiv$ Constante de Boltzman: $1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K = $86,3 \cdot 10^{-6}$ eV/K $m_n \equiv$ Masa efectiva del electrón: $9,8 \cdot 10^{-31}$ kg $m_p \equiv$ Masa efectiva del hueco: $2,35 \cdot 10^{-30}$ kg $E_g \equiv$ Anchura de la banda prohibida a 300°K: 1,12 eV (Si), 1,42eV (GaAs) y 0,72eV (Ge). $N_c \equiv$ Densidad efectiva de estados en la BC a T=300K: $2,8 \cdot 10^{19}$ cm⁻³ (Si), $4,7 \cdot 10^{17}$ cm⁻³ (GaAs). $N_v \equiv$ Densidad efectiva de estados en la BV a T=300K: $1,04 \cdot 10^{19}$ cm⁻³ (Si) y $7,0 \cdot 10^{18}$ cm⁻³ (GaAs). $n_i \equiv$ Concentración intrínseca a 300°K: $n_i = 1,45 \cdot 10^{10}$ cm⁻³ (Si) y $n_i = 1,79 \cdot 10^6$ cm⁻³ (GaAs). $q \equiv$ Carga del electrón: $1,602 \cdot 10^{-19}$ C $D_n \equiv$ Coeficiente de difusión de los electrones (Si): 34cm²/s $D_p \equiv$ Coeficiente de difusión de los huecos (Si): 13cm²/s $\epsilon_s \equiv$ Permitividad absoluta del semiconductor (Si): $1,04 \cdot 10^{-12}$ F/cm