

Konstanten

$$k = 8.617 \cdot 10^{-5} \frac{eV}{K} = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$$

$$h = 4.13 \cdot 10^{-15} eVs = 6.62 \cdot 10^{-34} Js$$

$$e = 1.6022 \cdot 10^{-19} C$$

$$m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} kg$$

$$\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{C}{Vm} = 8.854 \cdot 10^{-14} \frac{C}{Vcm}$$

Temperaturspg.:

$$U_T = \frac{kT}{q} \stackrel{T=300K}{=} 25.852 mV$$

eff. Richardsonkonst.: $A^* \approx 120 Acm^{-2} K^{-2}$

$$n_i(Si, 300K) = 1.08 \cdot \frac{10^{10}}{cm^3}$$

Lichtgeschwindigkeit: $c = 3 \cdot 10^{10} \frac{cm}{s}$

Ladungsträger im Halbleiter

Massenwirkungsgesetz: $n_0 p_0 = n_i^2$

intrinsisch: $n_0 = p_0 = n_i$

Debye-Länge

n-Gebiet p -Gebiet

$$L_D = \sqrt{\frac{\epsilon_0 \epsilon_{RH} kT}{q^2 n_0}} \quad L_D = \sqrt{\frac{\epsilon_0 \epsilon_{RH} kT}{q^2 p_0}} \quad [cm]$$

Zustandsdichten

Elektronen: $N_e(E) = \frac{4\pi(2m_e^*)^{1.5}}{h^3} \sqrt{E - E_C}$

Löchern: $N_h(E) = \frac{4\pi(2m_h^*)^{1.5}}{h^3} \sqrt{E_V - E}$

Fermi-Dirac-Statistik

$$f(E) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E - E_F}{kT}\right)}$$

Boltzmann-Näherung

$$f_{B,e}(E) = \exp\left(-\frac{E - E_F}{kT}\right)$$

$$f_{B,h}(E) = 1 - \exp\left(\frac{E - E_F}{kT}\right)$$

Ladungsträgerkonzentration

intr. $n_0 = \int_{E_C}^{\infty} N_e(E) f(E) dE \approx N_c e^{-\frac{E_C - E_{Fi}}{kT}}$

$$p_0 = \int_{-\infty}^{E_V} N_h(E) (1 - f(E)) dE \approx N_v e^{-\frac{E_{Fi} - E_V}{kT}}$$

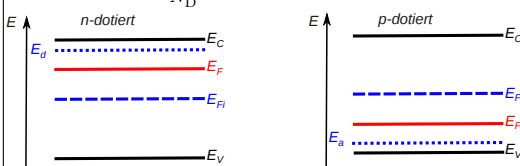
dot. $n_0 = N_C \exp\left(\frac{E_F - E_C}{kT}\right) = n_i \exp\left(\frac{E_F - E_{Fi}}{kT}\right)$

$$p_0 = N_V \exp\left(\frac{E_V - E_F}{kT}\right) = n_i \exp\left(-\frac{E_F - E_{Fi}}{kT}\right)$$

mit $N_C = 2 \left(\frac{2\pi m_e^* kT}{h^2}\right)^{1.5}$ $N_V = 2 \left(\frac{2\pi m_h^* kT}{h^2}\right)^{1.5}$

$p_0 \approx N_A$ und $n_0 = \frac{n_i^2}{N_A}$ im p-HL, wenn $N_A \gg N_D \wedge N_A \gg n_i$

$n_0 \approx N_D$ und $p_0 = \frac{n_i^2}{N_D}$ im n-HL, wenn $N_D \gg N_A \wedge N_D \gg n_i$



$$E_C - E_{Fi} = \frac{E_g}{2} \quad (E_{Fi} \text{ mittig zw. } E_C \text{ und } E_V)$$

$$E_g = E_C - E_V$$

intr. LTkonz.: $n_i = \sqrt{N_c N_v} \exp\left(-\frac{E_g}{2kT}\right)$

intr. F-Niveau

$$E_{Fi} = \frac{E_C + E_V}{2} + \frac{1}{2} kT \ln \frac{N_v}{N_c} = E_V + \frac{1}{2} E_g + \frac{3}{4} kT \ln \frac{m_h^*}{m_e^*}$$

F-Niveau: $E_F = E_{Fi} + kT \ln \frac{n_0}{n_i} = E_{Fi} - kT \ln \frac{p_0}{n_i}$

Dotierung mit Akzeptoren & Donatoren

$$n_0 = \frac{N_D^+ - N_A^- + \sqrt{(N_D^+ - N_A^-)^2 + 4n_i^2}}{2}$$

$$p_0 = \frac{N_A^- - N_D^+ + \sqrt{(N_A^- - N_D^+)^2 + 4n_i^2}}{2}$$

$$p_0 + N_D^+ = n_0 + N_A^- \quad (\text{Ladungsneutralität})$$

Anzahl ionisierter Dotieratome

$$N_D^+ = \frac{N_D}{\frac{1}{2} \exp\left(\frac{E_F - E_{D1}}{kT}\right) + 1}$$

$$N_A^- = \frac{N_A}{\frac{1}{4} \exp\left(\frac{E_{A1} - E_F}{kT}\right) + 1}$$

Transporteigenschaften

spez. Widerstand: $\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{q(p\mu_p + n\mu_n)} \quad \left[\frac{Vcm}{A}\right]$

ohm. Widerstand: $R = \frac{\rho L}{A} \quad [\Omega]$

Beweglichkeit: $\mu = \frac{qT\tau_{Flug}}{m^*} \quad [cm^2 V^{-1} s^{-1}]$

Spez. Leitfähigkeit: $\sigma = qN\mu \quad \left[\frac{A}{Vcm}\right]$

ohm. Gesetz: $j_{drift} = \sigma E$

Stromdichte

$$j_{drift} = q(pv_p - nv_n) = q(p\mu_p + n\mu_n)E$$

Effektive Masse m^* : $\frac{1}{m^*} = \frac{4\pi^2}{h^2} \cdot \frac{d^2 E}{dk^2}$

Geschw. gelad. Teilchen: $v = \sqrt{\frac{2|QU|}{m}}$

Halleffekt

$$F_m = Qv \times B$$

$$F_e = QE$$

wenn $|F_e| = |F_m|$:

$$E_H = \frac{U_H}{b} = R_H j_x B_z$$

U_H Hallspannung, R_H Hallkoeffizient

Diffusionskoeffizient: $D_{n/p} = U_T \mu_{n/p} \quad [cm^2/s]$

Diffusionslänge: $L_{n/p} = \sqrt{D_{n/p} \tau_{n/p}} \quad [cm]$

Elektronen $j_{Diff} = qD_n \frac{dn}{dx}$

Löcher $-qD_p \frac{dp}{dx}$

$j_{Drift} = qn\mu_n E$ $qp\mu_p E$

Ausgleich von Ladungsträgerüberschuss

Rekombinationsrate: $R = bnp$

therm. Generationsrate: $G_{th} = bn_i^2$

Proportionalitätskonstante: $b = \frac{1}{\tau_n p_0} = \frac{1}{\tau_p n_0}$

Ladungsträgerkonzentration

$$np = (n_0 + \Delta n)(p_0 + \Delta p) \neq n_i^2$$

Rekombinationszentr. Bandmitte: $E_T = E_{Fi}$

$$U = \frac{\sigma v_{th} (pn - n_i^2) N_T}{n + p + 2n_i}$$

dielektr. Relaxationszeit: $\tau_d = \frac{\epsilon_0 \epsilon_I}{\sigma}$

Konz. inj. Löcher

$$\Delta p(x) = \Delta p(x=0) \exp\left(-\frac{x}{L_p}\right)$$

Kontinuitätsgl.: $v_{D,n/p} = \frac{d}{dt} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \pm E \mu_{n/p}$

Halbleiterdioden

Potential

$$\phi(x) = \frac{kT}{q} \ln \frac{N_A}{p(x)}$$

Diffusionsspannung

$$U_{Diff} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2}\right)$$

Poissongleichung

$$\frac{dE}{dx} = -\frac{d^2 \phi}{dx^2} = \frac{\rho(x)}{\epsilon_0 \epsilon_{RH}}$$

Raumladungszone

Stet. elektr. Feld: $N_A x_p = N_D x_n$

Stet. Potential: $N_D x_n^2 + N_A x_p^2 = \frac{2\epsilon_0 \epsilon_{RH} U_{Diff}}{q}$

Bandverbiegung: $q(U_{Diff} - U)$

Widerstand Bahngebiete: $R = R_n + R_p$

Weite $w_{RL} = x_n + x_p =$

$$\sqrt{\frac{2\epsilon_0 \epsilon_{RH} (U_{Diff} - U)}{q} \cdot \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D}\right)}$$

$$x_n/p = \sqrt{\frac{2\epsilon_0 \epsilon_{RH} (U_{Diff} - U)}{q N_{D/A}} \cdot \frac{N_{A/D}}{N_A + N_D}}$$

$$= L_{D,n/p} \sqrt{\frac{2(U_{Diff} - U)}{U_T} \cdot \frac{N_{A/D}}{N_A + N_D}} = w_{RL} \frac{N_{A/D}}{N_A + N_D}$$

max. Feldstärke: $|E_{max}| = 2 \frac{U_{Diff} - U}{w_{RL}} \quad [V/cm]$

Rand der Raumladungszone

Fluß: $np = n_i^2 \exp\left(\frac{E_{Fn} - E_{Fp}}{kT}\right) = n_i^2 \exp\left(\frac{qU}{kT}\right)$

Sperr: $n_p, p_n \approx 0$

Kapazitäts-Spannungs-Beziehung

Sperrschichtkapazität:

$$C_s = A \sqrt{\frac{q\epsilon_0 \epsilon_{RH}}{2(U_{Diff} - U)} \left(\frac{N_A N_D}{N_A + N_D}\right)} = A \frac{\epsilon_0 \epsilon_{RH}}{w_{RL}}$$

eins. abrupt: $C_s = A \sqrt{\frac{q\epsilon_0 \epsilon_{RH} N}{2(U_{Diff} - U)}}$ N Dotierkonz im niedr. dot. Gebiet

$$I_s = Aq \left(\frac{D_n n_{p,0}}{L_n} + \frac{D_p p_{n,0}}{L_p}\right) =$$

$$Aqn_i^2 \left(\frac{D_n}{L_n N_A} + \frac{D_p}{L_p N_D}\right) = Aqn_i^2 \left(\frac{L_n}{\tau_n N_A} + \frac{L_p}{\tau_p N_D}\right)$$

Diffusionsstrom

$$I = I_s \left(\exp\left(\frac{q(U - I_{diode} R_s)}{kT}\right) - 1\right)$$

Lawinendurchbruch: $U_B = \frac{1}{2} w_{RL} E_B =$

$$\frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 \epsilon_{RH}}{qN} E_B^2 = 60V \left(\frac{E_g}{1.1eV}\right)^{1.5} \left(\frac{N}{10^{16} cm^{-3}}\right)^{-0.75}$$

Flußbereich

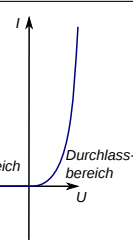
$$\text{Nettorekombinationsrate: } U = \frac{\sigma v_{th} np N_T}{n + p}$$

Rekombinationsstrom

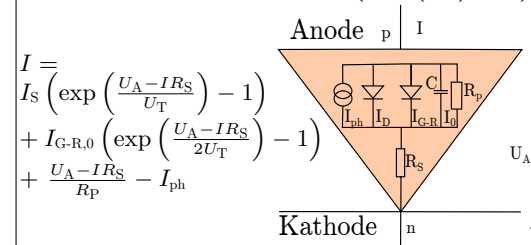
$$j_R = \frac{qn_i w_{RL}}{2\tau_R} \exp\left(\frac{qU}{2kT}\right); \quad \tau_R = \frac{1}{\sigma v_{th} N_T}$$

Sperrbereich

$$\text{Generationsstromdichte: } j_G = -\frac{qn_i}{2\tau_G} w_{RL}$$



Zusammen: $j_{G-R} = \frac{qn_i w_{RL}}{2\tau_{GR}} \left(\exp\left(\frac{qU}{kT}\right) - 1\right)$



Kleinsignalparameter

Anlegen einer Flusspg. mit überlagerter Wechselspg.

Diff.kap: $C_d = \frac{q}{kT} \left(\frac{qL_n n_{p,0}}{2} + \frac{qL_p p_{n,0}}{2}\right) \exp\left(\frac{qU_0}{kT}\right)$

Diff.leitwert: $G_d = \frac{q}{kT} j_s \exp\left(\frac{qU_0}{kT}\right) \quad [\Omega^{-1} cm^{-2}]$

Schottkydiode

$$j = A^* T^2 \exp\left(-\frac{q\phi_B}{kT}\right) \left(\exp\left(\frac{qU}{kT}\right) - 1\right)$$

Bipolartransistor

$U_{CE} = U_{BE} - U_{BC}$

$$I_B = \frac{qA n_i^2 D_{p,E}}{Q_{E,eff}} \exp\left(\frac{qU_{BE}}{kT}\right)$$

$$I_C = \frac{qA n_i^2 D_{n,B}}{Q_B} \exp\left(\frac{qU_{BE}}{kT}\right)$$

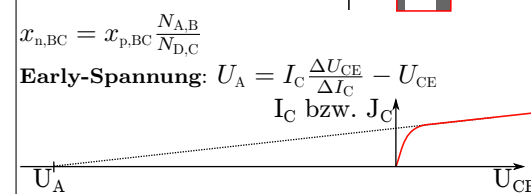
$$I_E = I_B + I_C$$

neutr. Basisweite

$$d_B = l_M - x_{p,BC}$$

$$x_{n,BC} = x_{p,BC} \frac{N_{A,B}}{N_{D,C}}$$

Early-Spannung: $U_A = I_C \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta I_C} - U_{CE}$



Gummelzahlen

Basis: $Q_B = N_{A,B} d_B$

Emitter (eff.): $Q_E = N_{D,E} L_{p,E}$

Operationsmodus Emitter/Basis Basis/Kollektor

Normalbetrieb Flußpolung Sperrpolung

Sättigungsbetrieb Flußpolung Flußpolung

Cutoff-Betrieb Sperrpolung Sperrpolung

Inversbetrieb Sperrpolung Flußpolung

Kleinsignalparameter

Stromverstärkungsfaktor

$$\text{Basisschaltung: } \alpha = \frac{\partial I_C}{\partial I_E} = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

$$\text{Emitterschaltung: } \beta = \frac{\partial I_C}{\partial I_B} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

Großsignalparameter

Stromverstärkungsfaktor

$$\text{Basisschaltung: } A = \frac{I_C}{I_E} = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

$$\text{Emitterschaltung: } B = \frac{I_C}{I_B} = \frac{A}{1 - A}$$

Raumladungsebene

$n_B(x) \approx n_{B,0} \exp\left(\frac{qU_{BE}}{kT}\right) \frac{d_B - x}{d_B}$
 „Diffusionsdreieck“
 $n_B(d_B) = n_{B,0} \exp\left(\frac{qU_{BC}}{kT}\right)$

$\tau_{EC} \approx \underbrace{\frac{kT}{qI_E} C_E}_{\tau_E} + \underbrace{\frac{2D_{n,B}}{v_S}}_{\tau_B} + \underbrace{\frac{x_C - d_B}{v_S}}_{\tau_D} + \underbrace{R_C(C_C + C_S)}_{\tau_C}$

Transitfrequenz: $f_T = \frac{1}{2\pi\tau_{EC}}$

MOS-Kondensator

allg.: $\phi(x) = \frac{E_{Fi}(\infty) - E_{Fi}(x)}{q}$

$= \frac{kT}{q} \ln \frac{n(x)}{n_0} = \frac{kT}{q} \ln \frac{p_0}{p(x)}$

Oberflächenpotential: $\phi_S = \frac{E_{Fi}(\infty) - E_{Fi}(0)}{q}$

Bulkpotential: $\phi_B = \frac{E_{Fi} - E_F}{q}$

$\phi_{B,p-HI} = \frac{kT}{q} \ln \frac{N_A}{n_i}; \quad \phi_{B,n-HI} = \frac{kT}{q} \ln \frac{n_i}{N_D}$

Austrittsarbeit: $q\phi_{HI} = q\chi_{HI} + \frac{E_g}{2} + q\phi_B$

Differenz: $q\phi_{MHI} = q(\phi_M - \phi_{HI})$

Flachbandspannung: $U_{FB} = \phi_{MHI} - \frac{Q_{IS}}{C_{IS}}$ mit

$Q_{IS} = Q_{OT} + Q_{SS}$ Ladungsdichte Grenzfläche Halbleiter-Isolator

eff. Isolatorladung

$Q_{OT} = \frac{1}{x_{IS}} \int_0^{x_{IS}} x \rho_{OT}(x) dx = \frac{1}{2} \rho_{IS} x_{IS}$

Weite der RLZ

$w_{RL} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 \varepsilon_{HI}}{qN} |\phi_S|}$, maximal mit $\phi_S = 2\phi_B$

Einsatzspannung: $U_{th} = U_{FB} + 2\phi_B - \frac{Q_{HI,RL}}{C_{IS}}$

Ladung RLZ: $Q_{HI,RL} = \pm \frac{(p-K)}{(n-K)} \sqrt{4\varepsilon_0 \varepsilon_{HI} qN} |\phi_B|$

$= \pm \frac{(p-K)}{(n-K)} qN w_{RL, max}$

Kapazitäten

$C = \frac{C_{IS} C_{HI}}{C_{IS} + C_{HI}}, C_{max} = C_{IS}$

$C_{min} = \frac{C_{IS} C_{HI, min}}{C_{IS} + C_{HI, min}}; \quad C_{HI, min}$ mit $w_{RL, max}$

Isolatorkapazität: $C_{IS} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{IS} A}{x_{IS}}$

Halbleiterkapazität: $C_{HI} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{HI}}{w_{RL}}$

Anreicherung: $C_{HI} \rightarrow \infty \Rightarrow C = C_{IS}$

Flachband

ideal: $w_{RL} = 0 \Rightarrow C_{HI} \rightarrow \infty \Rightarrow C = C_{IS}$

real: $w_{RL} = L_D = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{HI} qN}{qN} U_T}$

$\rightarrow C_{FB, real} = \left(\sqrt{\frac{U_T}{\varepsilon_0 \varepsilon_{HI} qN}} + \frac{x_{IS}}{\varepsilon_0 \varepsilon_{IS}} \right)^{-1}$

Verarmung & schw. Inversion: $0 \leq |\phi_S| \leq |2\phi_B|$

$C_{HI} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{HI}}{w_{RL}} = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{HI} qN}{2|\phi_S|}}$

starke Inversion

hohe Freq.: $C_{HI, min} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{HI}}{w_{RL, max}} = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{HI} qN}{4|\phi_B|}}$

niedr. Freq.: $C_{HI} \rightarrow \infty \Rightarrow C = C_{IS}$

n-Kanal / p-Halbleiter

Bereich	Beschreibung	U _G
		p-HL n-HL
Akkumulation	Anhäufung von Majoritätsladungsträgern an Halbleiter-Isolator Grenzfläche	$< U_{FB} > U_{FB}$
Flachbandfall	Ladungsträgerkonzentrationen an Halbleiter-Isolator Grenzfläche sind identisch mit denen im Volumen	$U_{FB} \quad U_{FB}$
Verarmung	Majoritätsladungsträgerkonzentration an Halbleiter-Isolator Grenzfläche ist geringer als im Volumen	$> U_{FB} < U_{FB}$
schwache Inversion	Minoritätsladungsträgerkonzentrationen an Halbleiter-Isolator-Grenzfläche ist größer als die der Majoritäten an der Halbleiter-Isolator-Grenzfläche	$> U_{FB} < U_{FB}$
starke Inversion	Minoritätsladungsträgerkonzentration an Halbleiter-Isolator Grenzfläche ist größer als die der Majoritäten im Volumen des Halbleiters	$> U_{FB} < U_{FB}$

MOS-Transistor

Kanalwiderstand

$R_C = \rho \frac{L}{x_c W} = \frac{L}{\mu_n |Q_n| W}$

$Q_n = -(U_G - U_{th}) C_{IS}$

Drainstrom

	n-Kanal	p-Kanal
linearer Bereich	$0 \leq U_D \ll U_G - U_{th}$	$0 \geq U_D \gg U_G - U_{th}$
	$\beta(U_G - U_{th}) U_D$	$-\beta(U_G - U_{th}) U_D$
Triodenbereich	$0 \leq U_D \leq U_G - U_{th}$	$0 \geq U_D \geq U_G - U_{th}$
	$\beta \left((U_G - U_{th}) U_D - \frac{U_D^2}{2} \right)$	$-\beta \left((U_G - U_{th}) U_D - \frac{U_D^2}{2} \right)$
Sättigungsbereich	$0 \leq U_G - U_{th} \leq U_D$	$0 \geq U_G - U_{th} \geq U_D$
	$\frac{\beta}{2} (U_G - U_{th})^2$	$-\frac{\beta}{2} (U_G - U_{th})^2$

Unterschwellenstrom

$I_D = \frac{\beta x_c q U_T n_i^2}{C_{IS} N_A} \exp\left(\frac{\phi_S}{U_T}\right) (1 - \exp(-\frac{U_D}{U_T}))$

$I_D = I_{th} \exp\left(\frac{U_G - U_{th}}{n U_T}\right); \quad n = \frac{C_{IS} + C_{HI}}{C_{IS}}$

I_{th} Drainstrom bei $U_G = U_{th}$

Swing: $S = \ln(10) U_T n$

Substratsteuerfaktor: $\gamma = \mp \frac{(p-K)}{(n-K)} \frac{\sqrt{2\varepsilon_0 \varepsilon_{HI} qN}}{C_{IS}}$

$Q_{HI, RL} = \pm \frac{(p-K)}{(n-K)} \sqrt{2\varepsilon_0 \varepsilon_{HI} qN} |2\phi_B - U_B|$

für p/n-Kanal: $N = N_{A/D}$

$U_{th} = U_{FB} + 2\phi_B + \gamma \sqrt{|2\phi_B - U_B|}$

n-Halbleiter

p-Halbleiter

Anreicherung $U_G > 0V, \phi_S > 0V$

Verarmung $U_G < 0V, 0V > \phi_S > \phi_B$

Schwache Inversion $U_G < 0V, \phi_B > \phi_S > 2\phi_B$

Starke Inversion $U_G < 0V, \phi_S \approx 2\phi_B$

Schwache Inversion $U_G > 0V, \phi_B \leq \phi_S < 2\phi_B$

Starke Inversion $U_G > 0V, \phi_S \approx 2\phi_B$

Anreicherung → Verarmung: Flachbandfall, $U_G = U_{FB}$

Verarmung → Schw. Inv.: $\phi_S = \phi_B$, an Grenze $n_0 = p_0 = n_i$

Schwache Inv. → Starke Inv.: $\phi_S = 2\phi_B, U_G = U_{th}$

Leistungselemente

$l = x_{in} - x_{ip}$

pin

Sperrspannung

$U_{Sp} \approx E_{pin} l$

Durchbruchspannung

$U_B \approx E_B l$

Punchthrough: $U_{pt} = 0V$

$\pi n / p \pi n$

Sperrspannung

$U_{Sp} \approx \frac{1}{2} (E_{max} + E_{min}) l$

Durchbruchspannung

$U_B \approx \frac{1}{2} (E_B + E_{min}) l$

Punchthrough

$|U_{pt}| = |U_{Sp}| - E_{min} l$

$l_{\pi/\nu} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 \varepsilon_{HI} (U_{diff} - U_{pt})}{qN_{\pi/\nu}}}$

Optoelektronische Bauelemente

Wellenlänge: $\lambda = \frac{h}{\nu}$

Energie: $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$

Impuls: $p_{Ph} = \frac{h}{\lambda}$

k-Wert: $k_{Ph} = \frac{2\pi}{\lambda}$

Photonenfluss

$\Phi_{Ph}(x, \lambda) = \Phi_{Ph,0}(\lambda) \exp(-\alpha(\lambda)x) \left[\frac{1}{cm^2 \cdot s} \right]$

Generationsrate: $G(x, \lambda) = \alpha(\lambda) \Phi_{Ph}(x, \lambda)$

Photowiderstand: $R(\Phi_{Ph}) = \frac{L}{Wd(\sigma_0 + \Delta\sigma_{Ph})}$

direkter Halbleiter **indirekter Halbleiter**

Allgemeines

Bauteil	Polarität	Steuerung
MOS-Transistor	unipolar	Spannung
Bipolar-Transistor	bipolar	Strom
Thyristor	bipolar	Strom
IGBT	bipolar	Spannung

	m	cm	mm	μm	nm
m	1	10^2	10^3	10^6	10^9
cm	10^{-2}	1	10	10^4	10^7
mm	10^{-3}	10^{-1}	1	10^3	10^6
μm	10^{-6}	10^{-4}	10^{-3}	1	10^3
nm	10^{-9}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-3}	1

Einheiten

$F = \frac{As}{V}$
 $C = As$