

DETEKTORY SVETLA (FOTODETEKTORY)

Fotoprúd pre vlastnú absorpciu vytvorený dopadajúcim optickým výkonom P_0

$$I_P = \frac{P_0 e (1-r)}{\hbar \omega} [1 - \exp(-\alpha_0 d)] \quad (1)$$

kde e je náboj elektrónu, r je Fresnelov koeficient odrazu na rozhraní polovodič – vzduch a d je hrúbka absorbčnej oblasti. Kvantová účinnosť

$$\eta = \frac{r_e}{r_p} \quad (2)$$

kde r_p je tok dopadajúcich fotónov (počet fotónov za sekundu) a r_e je zodpovedajúci tok elektrónov (počet elektrónov za sekundu). Citlivosť fotodetektora

$$R = \frac{\eta e}{\hbar \omega} = \frac{\eta e \lambda}{hc} = \frac{I_P}{P_0} \quad (3)$$

e - náboj elektrónu, \hbar - Planckova konštanta, λ - vlnová dĺžka, ω - kruhová frekvencia a c - rýchlosť svetla. Kritická (medzná) vlnová dĺžka

$$\lambda_C = \frac{hc}{E_g} \quad (4)$$

E_g - šírka zakázaného pásma. Multiplikačný faktor

$$M = \frac{I}{I_P} \quad (5)$$

kde I je celkový výstupný prúd APD pre pracovné záverné napätie (t.j. kde nastáva lavínový jav) a I_P je začiatkový alebo primárny fotoprúd (t.j. fotoprúd, keď nastáva multiplikácia). Zisk fototranzistora

$$G_0 \approx \eta h_{SE} = \frac{\hbar \omega I_C}{e P_0} \quad (6)$$

kde η je kvantová účinnosť fotodiódy, tvorenej priechodom báza – kolektor, h_{SE} je prúdové zosilnenie tranzistora v zapojení SE, I_C je prúd kolektora a P_0 je dopadajúci optický výkon. Počet fotogenerovaných nosičov pri dopade optického výkonu P_0 na fotorezistor.

$$N = \frac{\eta P_0}{\hbar \omega} \tau \quad (7)$$

kde η je kvantová účinnosť a τ je čas života nosičov. Fotoprúd fotorezistora

$$I_p = \frac{Ne}{t_t} = \frac{P_0 e}{\hbar \omega} \eta \mu \tau \frac{U}{d^2} \quad (8)$$

kde t_t je čas preletu nosičov cez kanál, μ - pohyblivosť nosičov, d - vzdialenosť kontaktov (dĺžka kanála) a U priložené napätie. Zisk fotorezistora

$$G = \frac{I_p \hbar \omega}{e P_0} = \frac{\tau}{t_t} \quad (9)$$

PRÍKLADY

Príklad 1 Ak sú dané nasledujúce charakteristiky lavínovej fotodiódy: dopadajúci optický výkon pri $1,35\mu\text{m}$ je $0,2\mu\text{W}$; zodpovedajúci výstupný fotoprúd $I=4,5\mu\text{A}$; kvantová účinnosť pri $1,35\mu\text{m}$ je 40%; vypočítajte multiplikačný faktor fotodiódy.

$$\left(R = \frac{\eta e \lambda}{hc}, I_p = R \cdot P_0 ; M = \frac{I}{I_p} = 51,6665 \right)$$

Príklad 2 Fototranzistor má kolektorový prúd 15mA , ak naň dopadá pri vlnovej dĺžke $1,26\mu\text{m}$ optický výkon $125\mu\text{W}$. Vypočítajte: (a) Optický zisk fototranzistora pracujúceho pri týchto podmienkach; (b) zisk fototranzistora v zapojení so spoločným emitorom, ak kvantová účinnosť priechodu báza – kolektor pri vlnovej dĺžke $1,26\mu\text{m}$ je 40%.

$$\left((a) G_0 = \frac{hf I_c}{e P_0} = \frac{hc I_c}{e \lambda P_0} = 118,09492 \quad (b) h_{BE} = \frac{G_0}{\eta} = 295,23732 ; \text{prúdový zisk fototranzistora v} \right)$$

zapojení so spoločným emitorom 295 poskytuje optický zisk 118. Je preto možné, že fototranzistory budú konkurovať APD pri detekcii žiarenia v oblasti vlnových dĺžok väčších ako $1,1\mu\text{m}$.)

Príklad 3 Fototranzistor InGaAsP s heteropriechodom má prúdový zisk v zapojení so spoločným emitorom 170. Fototranzistor pracuje pri vlnovej dĺžke $1,3\mu\text{m}$ a dopadá naň optický výkon $80\mu\text{W}$. Kvantová účinnosť priechodu báza – kolektor je 65%. Vypočítajte kolektorový prúd fototranzistora.

$$\left(\text{opt. zisk fototranzistora } G_0 = \eta h_{BE} = \frac{hf}{e} \cdot \frac{I_c}{P_0} ; I_c = \frac{\eta h_{BE} P_0 e}{hf} = 9,26776\text{mA} \right)$$

Príklad 4 Lavínová fotodióda (APD) s multiplikačným faktorom 20 pracuje pri vlnovej dĺžke $1,5\mu\text{m}$. Vypočítajte kvantovú účinnosť a výstupný fotoprúd z diódy, ak jej citlivosť na uvažovanej vlnovej dĺžke je $0,6\text{AW}^{-1}$ a na fotodiódu dopadá 10^{10} fotónov za sekundu.

$$\text{(a) } \eta = \frac{Rhc}{e\lambda} = 0,5 = 50\% \quad \text{(b) } P_0 = r_p hf = \frac{r_p hc}{\lambda}, \quad I_p = P_0 \cdot R; \quad I = M \cdot I_p = 15,9 \text{ nA}$$