

DETEKTORY SVETLA (FOTODETEKTORY)

Pre optoelektronické systémy zo všeobecného hľadiska možno v podstate ako detektor svetla (fotodetektor) použiť jeden z týchto typov:

Tepelné detektory

- Termoelektrické detektory
- Bolometre
- Pneumatické detektory
- Pyroelektrické detektory

Fotonické detektory

- Fotoemisívne detektory (využívajúce vonkajšiu fotoemisiu)
 - Vákuové fotodetektory
 - Fotonásobiče
- Detektory využívajúce vnútornú fotoemisiu
 - a) *Objemové fotodetektory*
 - fotovodivostné detektory
 - b) *Polovodičové fotodetektory s priechodom*
 - fotodióda PN (PN – PD – PN Photodiode)
 - fotodióda PIN (PIN – PD⁻ Positive Intrinsic Negative Photodiode)
 - lavínová fotodióda (APD – Avalanche Photodiode)
 - fototranzistor
 - fotodióda so Schottkyho bariérou
 - c) *Nábojovo viazané štruktúry (CCD – Charge Coupled Devices)*

Tepelné detektory využívajú energetické (tepelné) účinky detekovaného žiarenia. Fotonické detektory využívajú jav vonkajšej a vnútornej fotoemisie. Vonkajšia fotoemisia je typická pre fotonásobiče a vnútorná pre rôzne polovodičové fotodetektory. Vnútorná fotoemisia môže nastať vo vlastných aj nevlastných polovodičoch. Na rýchlu odozvu spolu s efektívnou absorpciou fotónov je preferovaná vnútorná fotoemisia vo vlastných polovodičoch.

Nároky na vlastnosti fotodetektorov sú určené požiadavkami na úroveň prenosovej charakteristiky celého optického komunikačného systému. Na fotodetektory OVKS kladieme tieto hlavné požiadavky:

Vysoká citlivosť na pracovnej vlnovej dĺžke ($\sim 0,85\mu\text{m}$, $\sim 1,3\mu\text{m}$ a $\sim 1,5\mu\text{m}$).

Malé skreslenie detekovaného signálu (pre detekciu analógových signálov sa vyžaduje linearita prenosovej charakteristiky fotodetektora v širokom pásme).

Veľká elektrická odozva na prijatý optický signál (t.j. musí byť vysoká kvantová účinnosť fotodetektora).

Krátka doba nábehu impulzu a zodpovedajúca šírka pásma (pre mnohovidové systémy stovky MHz, pre jednovidové systémy až jednotky GHz).

Vysoká teplotná stabilita prenosových charakteristík. Vzhľadom na to, že prenosové charakteristiky fotodiód (šum, citlivosť, vnútorný zisk) silne závisia od teploty, je potrebné kompenzovať teplotné zmeny týchto charakteristík.

Minimálny šum vnášaný fotodetektorom. Musí byť malý prúd za tmy, zvodový prúd a zvodové vodivosti. Podobne musí byť nízkošumový fyzikálny mechanizmus vnútorného zosilnenia signálu alebo použitý predzosilňovač.

Malé rozmery fotodetektora musia byť vzhľadom na efektívne naviazanie na OV, súčasne musia umožňovať napojenie na nasledujúce elektronické obvody.

Vysoká spoľahlivosť (fotodetektor musí mať životnosť 10^5 až 10^6 hod.)

Nízka cena.

Týmto požiadavkám najlepšie vyhovujú polovodičové fotodiódy bez vnútorného zisku (fotodiódy PIN) a fotodiódy s vnútorným ziskom (lavinové fotodiódy - APD).

PRÍKLADY

Príklad 1 Šírka zakázaného pásma GaAs pri teplote 300K je 1,43eV. Vypočítajte vlnovú dĺžku, na ktorej môže pracovať intrinzický fotodetektor z tohoto polovodiča.

($\lambda_c = \frac{hc}{E_g} = 0,86713 \mu\text{m}$; Fotodetektor z GaAs môže pracovať v oblasti vlnových dĺžok nad

0,87 μm .)

Príklad 2 Ak na fotodetektor dopadne $3 \cdot 10^{11}$ fotónov s vlnovou dĺžkou $0,85 \mu\text{m}$, na kontakte prvku sa zozbiera $1,2 \cdot 10^{11}$ elektrónov. Vypočítajte kvantovú účinnosť a citlivosť fotodetektora pre vlnovú dĺžku $0,85 \mu\text{m}$.

(kvantová účinnosť fotodetektora $\eta = \frac{r_e}{r_p}$; citlivosť fotodetektora je $R = \frac{\eta e \lambda}{hc} = 0,27419426 \text{ AW}^{-1}$)

Príklad 3 Pre polovodičový fotodetektor vypočítajte vlnovú dĺžku dopadajúceho optického žiarenia, pri ktorej sa kvantová účinnosť číselne rovná citlivosti fotodetektora.

(podľa predpokladov $R = \eta$; $1 = \frac{e \lambda}{hc} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{e} = 1,2399967 \mu\text{m}$)

Príklad 4 Polovodičová fotodióda má pri energii dopadajúcich fotónov $1,5 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ kvantovú účinnosť 65%. (a) Vypočítajte vlnovú dĺžku optického žiarenia dopadajúceho na fotodetektor. (b) Vypočítajte požadovaný optický výkon dopadajúci na fotodiódu, aby výstupný prúd bol $2,5 \mu\text{A}$.

((a) $E = \hbar \omega = hf = \frac{hc}{\lambda}$ $\lambda = 1,32 \mu\text{m}$, t.j. fotodióda pracuje pri vlnovej dĺžke optického žiarenia $1,32 \mu\text{m}$ (b) $P_0 = \frac{I_p}{R} = 3,6012676 \mu\text{W}$, t.j. požadovaný optický výkon dopadajúci na fotodiódu je $3,6 \mu\text{W}$.)

Príklad 5 Nech fotodióda PIN na vlnovej dĺžke $0,8 \mu\text{m}$ generuje priemerne jeden pár elektrón-diera na tri dopadajúce fotóny. Za predpokladu, že všetky generované elektróny sú zozbierané na kontakte prvku, vypočítajte: (a) kvantovú účinnosť fotodiódy, (b) maximálnu možnú šírku zakázaného pásma, (c) strednú hodnotu fotoprúdu, ak dopadajúci optický výkon je 10^{-7} W .

((a) $\eta = \frac{n_e}{n_p} = \frac{r_e}{r_p} = \frac{1}{3} = 33,3\%$ (b) $E_g(\text{max}) = hf = 24,8309 \cdot 10^{-20} \text{ J} = 1,54999 \text{ eV}$ (c)

$I_p = \frac{\eta P_0 e}{hf} = 21,5054 \text{ nA}$)