

Detektory fotonowe cz. 1

WPROWADZENIE

$$I_{ph} = \eta \frac{qP}{hv} \quad \text{Fotoprąd}$$

Czułość widmowa

$$R = \frac{\eta q}{hv} = \frac{\eta \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,626 \cdot 10^{-34} \frac{c}{\lambda}} = 0,807 \eta \lambda \quad \text{długość fali w } [\mu\text{m}]$$

Wydajność kwantowa

$$\eta = \frac{N_{el}}{N_{ph}}$$

Energia fotonów

$$1 \text{ [J]} = 5,034 \cdot 10^{15} \lambda[\text{nm}] \text{ fotonów}$$

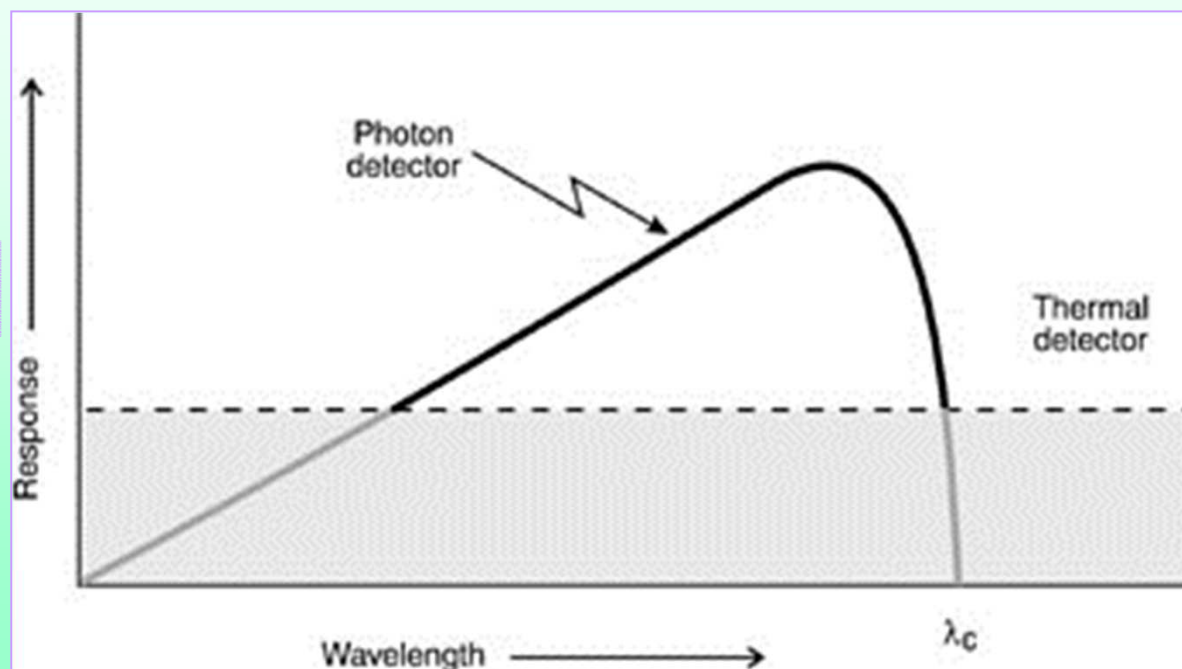
Długość fali odcięcia

$$\lambda[\text{nm}] = \frac{hc}{E_g[\text{J}]} = \frac{1238}{E_g[\text{eV}]}$$

Podstawowe parametry

$$h \approx 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}$$

$$c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$



Detektory fotonowe - zadania

Treść zadania 1

Przyjmijmy, że $3 \cdot 10^{11}$ fotonów promieniowania o długości fali $0,85 \mu\text{m}$ pada na fotodiode i wywołuje na jej zaciskach pojawienie się ładunku o wartości $1,6 \cdot 10^{-8} \text{C}$.

Określić wydajność kwantową, oraz czułość fotodiody na tej długości fali.

Rozwiązanie

- a) znając wartość wytworzonego ładunku w detektorze i wartość ładunku elementarnego można wyznaczyć liczbę wygenerowanych elektronów

$$N_{\text{el}} = \frac{Q}{e^-} = \frac{1,6 \cdot 10^{-8}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 10^{11}$$

- b) mając ilość padających fotonów i wygenerowanych par elektron-dziura, określa się wydajność kwantową

$$\eta = \frac{N_{\text{el}}}{N_{\text{ph}}} = \frac{10^{11}}{3 \cdot 10^{11}} = 0,33$$

- c) uwzględniając długość fali wykrywanego promieniowania oraz wydajność kwantową detektora wyznacza się jego czułość dla tej długości fali

$$R = 0,807 \cdot \eta \cdot \lambda = 0,807 \cdot 0,33 \cdot 0,85 = 0,23 \left[\frac{\text{A}}{\text{W}} \right]$$

Detektory fotonowe - zadania

Zadanie 1

Wydajność kwantowa fotodiody p-n, dla fotonów promieniowania o energii 10^{-19}J , wynosi 65%. Określić:

- na jakiej długości fali pracuje detektor,
- wyznaczyć moc promieniowania, gdy zarejestrowany prąd na wyjściu fotodiody wyniósł $2,5\mu\text{A}$.

$$\lambda = 1,98 \mu\text{m}$$
$$P = 2,42 \mu\text{W}$$

Zadanie 2

Wydajność kwantowa fotodiody lawinowej APD wynosi 80% na długości fali $0,9\mu\text{m}$. Gdy moc padającego promieniowania wynosi $1,0\mu\text{W}$ powoduje powstanie na jego wyjściu fotoprądu o wartości $11\mu\text{A}$. Wyznaczyć współczynnik powielania lawinowego.

$$M = 19,83$$

Detektory fotonowe - zadania

Zadanie 3

Przyjmijmy, że 800 fotonów o długości fali $1,3\mu\text{m}$ pada na powierzchnię fotodiody typu p-i-n i wytwarza 550 elektronów. Wyznaczyć czułość detektora.

$$R=0,72\text{A/W}$$

Zadanie 4

W fotodiodzie p-i-n jedna para elektron-dziura jest wytwarzana przez dwa padające fotony promieniowania o długości fali $0,8\mu\text{m}$. Zakładając, że wszystkie elektrony są zliczane na wyjściu detektora obliczyć:

- wydajność kwantową,
- maksymalną wartość przerwy energetycznej półprzewodnika dla którego fotodioda będzie mogła jeszcze wykrywać powyższe promieniowanie,
- średnia wartość fotoprądu, gdy moc padającego promieniowania wynosi 10^{-7}W .

$$\begin{aligned}\eta &= 0,5 \\ E &= 1,55\text{eV} \\ I &= 32\text{nA}\end{aligned}$$

Detektory fotonowe - zadania

Zadanie 5

Fotodioda lawinowa APD ze współczynnikiem powielania 20 wykrywa promieniowanie o długości fali $1,5\mu\text{m}$ w czasie 2s. Wyznaczyć wydajność kwantową i prąd wyjściowy, jeśli czułość wynosi $0,6\text{A/W}$ oraz 10^{10} fotonów pada na jej powierzchnię.

$$\eta=0,5$$
$$I=400\text{pA}$$

Zadanie6

Sygnal zmierzony z fotodiody lawinowej APD wynosi $4,9\mu\text{A}$ (po wzmacnieniu). Wiedząc że moc padającego promieniowania o długości fali $1,35\mu\text{m}$ wyniosła $0,2\mu\text{W}$, a wydajność kwantowa 40%, wyznaczyć współczynnik powielania fotodiody.

$$M=56,2$$

Detektory fotonowe - zadania

Zadanie 7

Strumień 10^{11} fotonów na sekundę o energii $1,28 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ pada na powierzchnię fotodiody.

Zakładając czułość prądową detektora na poziomie $0,25 \text{ A/W}$, obliczyć:

- długość fali padającego promieniowania
- wydajność kwantową,
- prąd wyjściowy fotodiody p-i-n,
- prąd wyjściowy fotodiody lawinowej APD dla wzmacnienia 18.

$$\begin{aligned}\lambda &= 1,55 \mu\text{m} \\ n &= 0,16 \\ I &= 51 \text{ pA} \\ I_M &= 920 \text{ pA}\end{aligned}$$