

Ćwiczenie 3

BADANIE OPTYCZNYCH ELEMENTÓW PÓLPRZEWODNIKOWYCH

1. WIADOMOŚCI OGÓLNE

Sygnałem **S** fotoczułego elementu półprzewodnikowego jest zmiana przewodnictwa elektrycznego, natężenia prądu lub napięcia pojawiającego się na jego wyjściu pod wpływem padającego promieniowania. Wielkość sygnału zależy od **gęstości widmowej strumienia promieniowania $\varphi(\lambda)$** oraz od **czułości widmowej fotodetektora $C(\lambda)$** .

Celem określenia $C(\lambda)$ dla danego fotodetektora oświetla się go światłem zbliżonym do monochromatycznego, czyli o małym zakresie długości fal $\Delta\lambda$ położonym w otoczeniu wybranej długości fali λ . Zakres ten powinien być na tyle mały, aby $C(\lambda)$ i $\varphi(\lambda)$ wewnątrz niego były praktycznie stałe. Wówczas związek między sygnałem **S** wygenerowanym w tych warunkach i czułością widmową **C** mamy następujący związek

$$C(\lambda) = \frac{S(\Delta\lambda)}{\varphi(\lambda)\Delta\lambda}. \quad (3.1)$$

Padający na fotodetektor strumień światła o szerokości widmowej $\Delta\lambda$ jest równy

$$\Phi(\Delta\lambda) = \varphi(\lambda) \cdot \Delta\lambda. \quad (3.2)$$

Ostatecznie czułość widmową wyznacza się korzystając ze wzoru

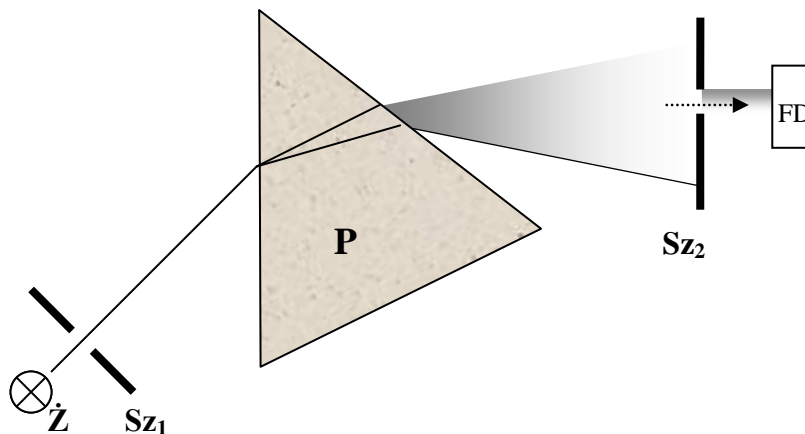
$$C(\lambda) = \frac{S(\Delta\lambda)}{\Phi(\Delta\lambda)}. \quad (3.3)$$

Często używa się pojęcia względnej czułości widmowej $C_w(\lambda)$ jako stosunek $C(\lambda)$ do maksymalnej czułości widmowej C_{\max} , czyli

$$C_w(\lambda) = \frac{C(\lambda)}{C_{\max}}. \quad (3.4)$$

2. ZASADA I PRZEBIEG POMIARU

Źródłem światła o określonej długości fali jest monochromator. Działanie monochromatora oparte jest na zjawisku rozszczepienia światła białego w pryzmacie (Rys.1). Światło z żarówki **Z** przechodzi przez szczelinę **Sz₁**, po czym rozszczepia się w pryzmacie **P**. Szczelina **Sz₂** wycina z wielobarwnej wiązki światła „monochromatyczny” strumień, który następnie trafia do detektora **FD**. Kontrolowany obrót pryzmatu pozwala na płynną zmianę długości fali światła oświetlającego detektor.



Rys.1

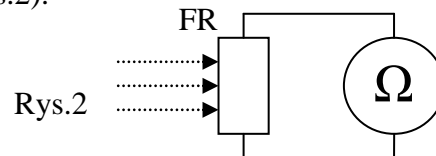
Zależność $\Phi(\lambda)$ układu monochromatora została określona wcześniej za pomocą termoogniwa i opisana zależnością

$$\Phi_i(\Delta\lambda) = \exp[2.5 \cdot 10^{-5}(\lambda - 600)^2] \quad (3.5)$$

gdzie λ jest wyrażone w nm.

2a. Pomiar względnej czułości widmowej fotoopornika.

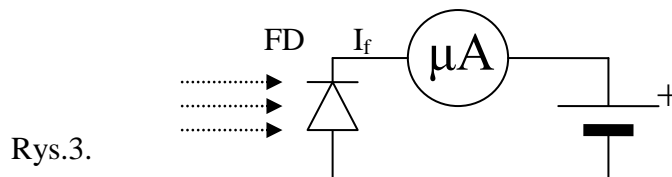
Fotoopornik **FR** jest elementem półprzewodnikowym, w którym generowane są nośniki ładunku przez pochłanianie fotonów. W efekcie oświetlony fotoopornik zmienia swoją przewodność elektryczną σ . Pomiar przewodności wykonujemy mierząc oporność **R** omomierzem Ω i obliczając z zależności $\sigma = 1/R$ (Rys.2).



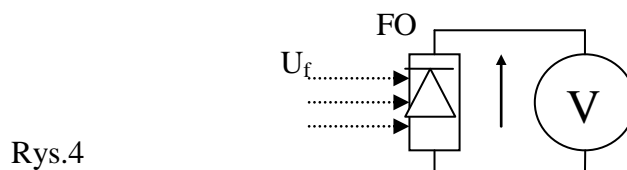
2b. Pomiar względnej czułości widmowej fotodiody i fotoogniwa.

Fotodioda **FD** jest półprzewodnikowym złączem p-n, w którym pochłonięte fotony powodują powstanie dodatkowych elektronów i dziur. Energia fotonów musi być odpowiednio duża aby wygenerować na złączu p-n parę elektron-dziura. Wzbudzony elektron przechodzi do pasma przewodnictwa i przepływa do obszaru **n**. Przejście elektronu powoduje powstanie w paśmie walencyjnym dziury, która kieruje się do obszaru **p**. Fotodioda może pracować na dwa sposoby:

1. jako źródło fotoprądu jeżeli złącze zasilane jest w kierunku zaporowym (Rys.3)



2. jako źródło napięcia jeżeli doprowadzenia diody pozostaną rozwarte (Rys.4).



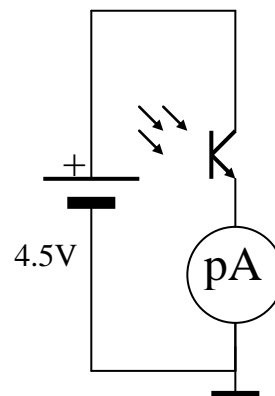
W tym ostatnim przypadku fotodioda pracuje jako ogniwo fotoelektryczne. Działające na tej zasadzie fotoogniwa powszechnie stosowane są w technice (np. zasilanie kalkulatorów, sond kosmicznych, elektrownie słoneczne...).

2c. Pomiar względnej czułości widmowej fototranzystora.

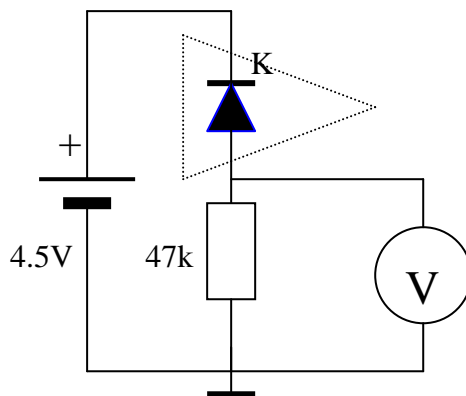
Fototranzystor jest zmodyfikowanym układem tranzystora bipolarnego (emiter-baza-kolektor), w którym pochłonięte fotony powodują powstanie dodatkowych elektronów i dziur na złączu baza-emiter. Praktycznie, zjawisko kreacji pary elektron-dziura jest takie samo jak w fotodiodzie. Czułość fototranzystora jest większa od czułości diody, ponieważ w fototranzystorze fotoprąd jest dodatkowo wzmacniany. Pomiar czułości fototranzystora dokonuje się w układzie pokazanym na rysunku 5.

Uwaga: Pikoamperomierz włączyć, nacisnąć ZCHK i AVG..

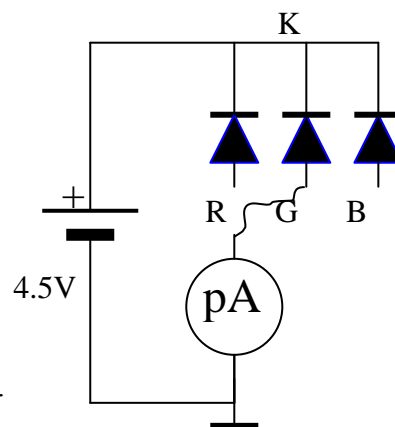
Rys.5



2d. **Badania fotodiody zintegrowanej ze wzmacniaczem operacyjnym S9067-01** wykonujemy w układzie:



2e. **Badania czujnika RGB** przeprowadzić w układzie:



Uwaga: Pikoamperomierz włączyć, nacisnąć ZCHK i AVG.....

3.ZADANIA

1. Zmierzyć zmianę odpowiedniego parametru wybranych przez prowadzącego czujników (rezystancję lub natężenie prądu albo napięcie) w funkcji długości fali, czyli $S(\lambda_i) = S_i$ w zakresie od 400 do 850 nm. Badania przeprowadzić tak aby można było narysować dobry wykres.
2. Wyznaczyć czułość widmową C_i poprzez podzielenie każdego wyniku S_i przez współczynnik korygujący $\Phi_i(\Delta\lambda)$ – wzór 3.5.
3. Unormować wyniki C_i poprzez podzielenie każdego C_i przez C_{max} .
4. Rezultaty badań przedstawić na wspólnym wykresie.

4.ANALIZA NIEPEWNOŚCI POMIARU

Otrzymane wykresy względnej czułości widmowej fotodetektorów mają charakter jakościowy, dlatego analizy niepewności pomiaru nie przeprowadzać.

Czujnik RGB

(Typ. Ta=25 °C)

