

**Zadanie 19    Wyznaczanie charakterystyk fotodetektorów**

Instytut Fizyki UMK

## Zadanie 19 Wyznaczanie charakterystyk fotodetektorów

Zadanie polega na wyznaczeniu charakterystyk - w tym przypadku - **widm czułości** kilku fotodetektorów:

- fotoopornika
- fotodiody
- fototranzystora
- fotoogniwa
- fotopowielacza

Aby to zrobić należy w pierwszej kolejności zdjąć krzywą dyspersji monochromatora, używanego do pomiarów widm. Krzywa ta to zależność następująca: położenie linii znanego źródła (np. rtęci) jako funkcja wskazania na gałce monochromatora. Korzystając z tablic oraz zmierzonych wskazań należy za pośrednictwem np. wielomianu dopasować do kilku zdjętych punktów gładką krzywą i potem tylko ją używać, aby mieć wszelkie pomiary wyrażone np. w nanometrach.

Układ eksperymentalny do wyznaczania widm czułości fotodetektorów jest przedstawiony na Rys.1.

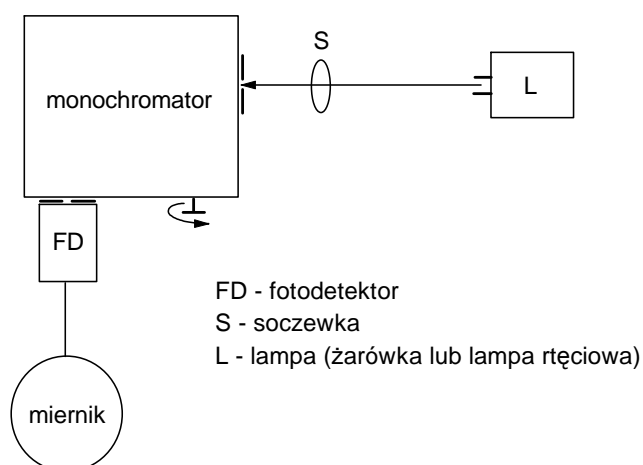
W przypadku zdejmowania krzywej dyspersji w miejscu L znajduje się lampa rtęciowa, gdy zdejmowane są widma czułości fotodetektorów to L oznacza żarówkę o określonej temperaturze włókna. Zasada postępowania przy pomiarach widm czułości fotodetektorów jest następująca:

ponieważ mierzone widmo jest złożeniem trzech widm: widma żarówki, widma transmisji monochromatora i widma czułości fotodetektora, to zmierzone widmo końcowe  $W(\lambda)$  można potraktować jako iloczyn tych widm:

$$W(\lambda) = \dot{Z}(\lambda) \cdot M(\lambda) \cdot FD(\lambda), \quad (1)$$

gdzie  $\dot{Z}$  oznacza widmo żarówki,  $M$  - widmo przepuszczalności (transmisji) monochromatora, zaś  $FD$  - widmo czułości fotodetektora. Zgodnie z zasadami sztuki znak:  $\bullet$  powinien oznaczać tutaj splot funkcji, jednak przy szerokich widmach, takich z jakimi mamy tutaj do czynienia, znak ten oznacza po prostu mnożenie. Jest to zgodne z intuicją: jeżeli monochromator np. nastawiony na 600 nm przepuszcza 80% światła, a dla 500 nm - 50% światła, to jest jasne, że natężenie przy 600 nm musi być pomnożone przez 0.8 a przy 500 nm przez 0.5 i tak dla całego zakresu widmowego (o ile mamy kompletne widmo transmisji monochromatora). Zatem ze wzoru (1) widmo czułości fotodetektora wyraża się prosto jako:

$$FD(\lambda) = \frac{W(\lambda)}{\dot{Z}(\lambda)M(\lambda)}. \quad (2)$$



Rys.1 Schemat układu pomiarowego

Widać stąd, że dla prawidłowego wyznaczenia  $FD$  powinniśmy znać widmo czułości monochromatora i przede wszystkim: widmo żarówki. Widmo żarówki jest niczym innym jak, z dobrym przybliżeniem, widmem ciała doskonale czarnego o znanej temperaturze - a więc rozkładem Plancka w temperaturze  $T$  (wyrażonej w Kelvinach). Widmo transmisji monochromatora powinno być podane w danych fabrycznych monochromatora, jeśli nie jest - nie pozostaje nam nic innego jak potraktować widmo czułości fotodetektora łącznie z monochromatorem:

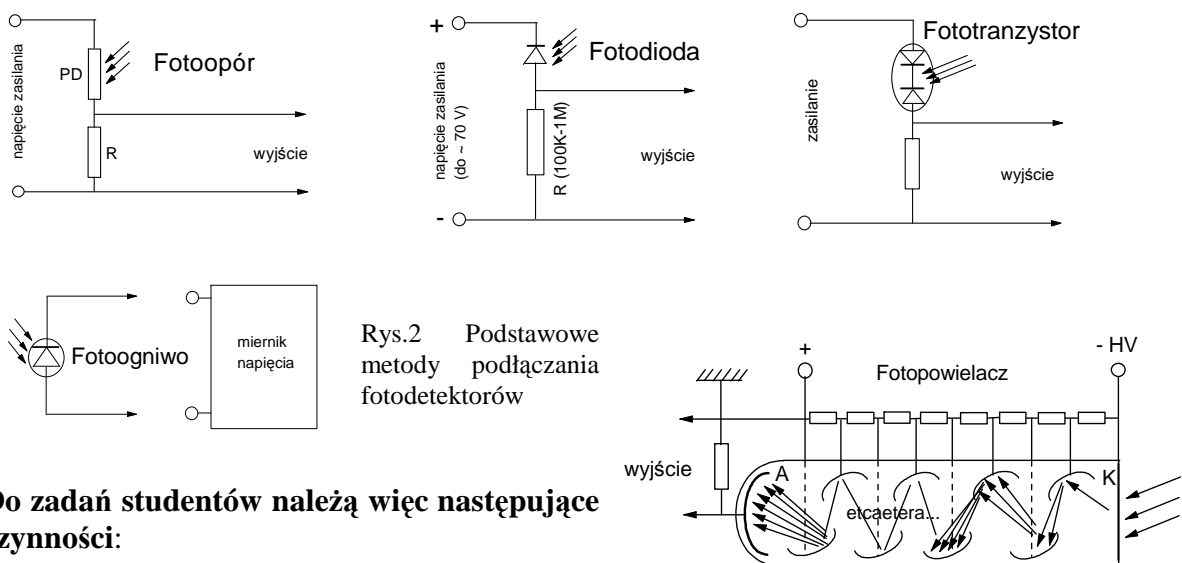
$$FD(\lambda) \bullet M(\lambda) = \frac{W(\lambda)}{\dot{Z}(\lambda)}. \quad (3)$$

Oczywiście, założyliśmy, że  $\dot{Z}(\lambda) \approx P(\lambda, T)$ , gdzie rozkład Plancka jest\* :

$$P(\lambda, T) = \frac{c_1}{\lambda^5} \frac{1}{e^{c_2/\lambda T} - 1},$$

gdzie  $c_1 = 2\pi^2 h^3 c^2$  oraz  $c_2 = hc/k$  są stałymi ( $k$  - stała Boltzmann,  $c$  i  $h$  - wiadomo). Trzeba więc komputerowo wykreować rozkład Plancka w temperaturze żarówki i w takich punktach, które odpowiadają punktom pomiarowym (aby można było potem widma dzielić przez siebie). Wyliczenie widma (2) lub (3) jest naszym wynikiem. W oparciu o te wzory należy też określić błąd pomiaru.

Metody podłączenia poszczególnych fotodetektorów do zasilania przedstawia Rys.2.



**Do zadań studentów należą więc następujące czynności:**

- zmierzenie krzywej dyspersji monochromatora
- zmierzenie widm poszczególnych fotodetektorów
- wygenerowanie teoretycznego widma żarówki (rozkład Plancka)
- na podstawie otrzymanych wyników - określenie widma czułości danego fotodetektora zgodnie ze wzorem (2) lub (3)
- oszacowanie wykonanego błędu w oparciu o wzór (2) lub (3), krzywą dyspersji, szerokość szczelin etc.

\* w oryginalnym sformułowaniu mamy wzór w postaci różniczkowej:  $P(\lambda, T)d\lambda = \frac{c_1}{\lambda^5} \frac{d\lambda}{e^{c_2/\lambda T} - 1}$ , jako, że widno mierzymy poprzez szczelinę o szerokości determinującej zakres:  $d\lambda$

## Uwagi techniczne

Fotoopornik podłączamy do woltomierza (jeśli układ jest taki jak na rys.2) lub do omomierza (bezpośrednio)  $\Rightarrow$  wtedy należy pamiętać, że dostaniemy widmo “wkłęsłe”:  $\rightarrow$

Fotodiode, jako urządzenie z natury pracujące napięciowo (w ustawieniu jak na rys.2) podłączamy do miernika napięcia. To samo w przypadku fototranzystora. Sygnał z fotopowielacza mierzymy miernikiem prądu.

Tematy do przygotowania: w załączeniu.

