



### III. Badanie charakterystyki spektralnej nietermicznych źródeł promieniowania elektromagnetycznego

Cel ćwiczenia: Wyznaczenie charakterystyki spektralnej diod elektroluminescencyjnych przy pomocy detektora fotonowego

#### Opis stanowiska:

Detektory fotonowe: fotodiody Si, Ge, InGaAs

Diody elektroluminescencyjne na zakres widzialny i na podczerwień.

Woltomierze: METEX , V640 lub cyfrowy V544; amperomierz METEX lub V623

Monochromator siatkowy na zakres widzialny prom. e.m.

Monochromator siatkowy na zakres podczerwony prom. e.m.

#### Wstęp teoretyczny.

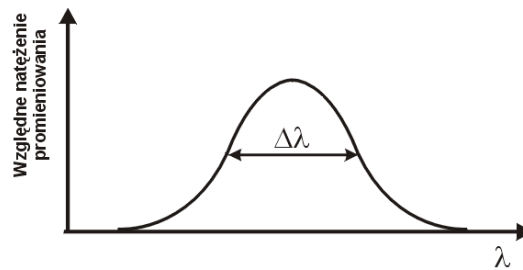
Długość fali promieniowania emitowanego przez diodę półprzewodnikową w skutek rekombinacji par elektron – dziura wyraża się wzorem:

$$\lambda = \frac{hc}{E_G} \quad (1)$$

gdzie  $E_G$  jest szerokością przerwy wzbronionej półprzewodnika. Zatem aby oszacować  $E_G$  należy wyznaczyć długość fali odpowiadającej maksymalnej zdolności emisyjnej diody. Należy zdawać sobie sprawę z faktu, iż w praktyce dioda elektroluminescencyjna (ang. Light Emitting Diode, LED) emituje światło w pewnym zakresie spektralnym, a nie jedynie światło o długości fali odpowiadającej maksimum zdolności emisyjnej. Wartość tego przedziału charakteryzuje wielkość zwana *szerokością połówkową* spektrum diody. Szerokość połówkowa to parametr, który charakteryzuje linię widmową. Jest to przedział długości fal, dla którego natężenie linii widmowej jest większe od połowy maksymalnego natężenia. W przypadku LED szerokość połówkowa zawiera się w przedziale 40 -190 nm (w przypadku laserów jest to przedział od 0.00001 do 10 nm). Na rys. 1 przedstawiono profil linii widmowej wraz z zaznaczoną szerokością połówkową  $\Delta\lambda$ .



## Detekcja promieniowania elektromagnetycznego

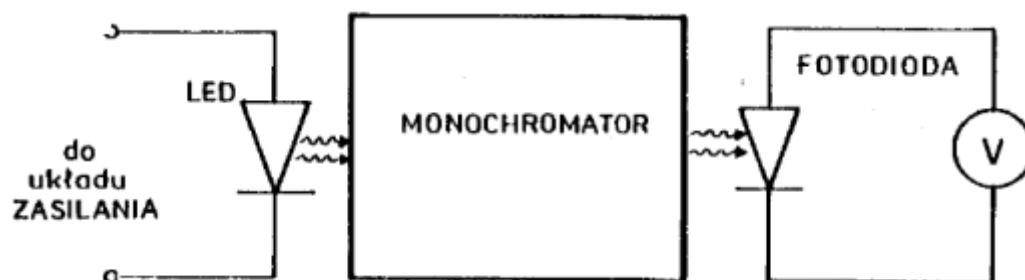


Rys.1. Przykładowy profil linii widmowej.

### Przebieg ćwiczenia:

#### 1. Pomiar charakterystyk spektralnych LED

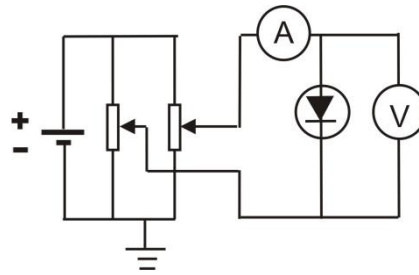
- Zestawić układ wg. schematu przedstawionego na rys.2, stosując jako źródło światła LED. Schemat układu zasilającego LED przedstawia rys. 3. Jako detektor fotonowy zastosować fotodiode krzemową (dla LED z zakresu widzialnego) lub detektory: Ge lub InGaAs (dla LED z zakresu podczerwieni). Wybrać układ z odpowiednim monochromatorem na określony zakres spektralny.
- Spolaryzować LED największym możliwym napięciem, tak, aby jej zdolność emisyjna była maksymalna.
- Zmierzyć charakterystyki spektralne wybranych LED, tzn. zmierzyć zależność fotoprądu fotodiody ustawionej naprzeciwko szczeliny wyjściowej monochromatora w funkcji długości fali co 5nm. Pomiarów wykonać w następujący sposób: ustawić długość fali, przy której napięcie na fotodiodzie jest największe. Odczytać tę długość fali  $\lambda_{\max}$ . Zmieniając długość fali w stronę fal krótszych, znaleźć taką długość fali  $\lambda_1$ , przy której prąd fotodiody spadnie do 10% wartości maksymalnej. Podzielić zakres długości fal  $\Delta\lambda = \lambda_{\max} - \lambda_1$  na 8 części i dla każdej wartości  $\lambda$  zmierzyć prąd fotodiody. W ten sam sposób powtórzyć pomiary zmieniając długość fali w stronę fal dłuższych.



Rys.2. Układ do pomiaru charakterystyk spektralnych diod elektroluminescencyjnych



## Detekcja promieniowania elektromagnetycznego



Rys.3. Układ zasilający diody LED, służący również do pomiaru charakterystyk I-V.

- Dla długości fali odpowiadającej maksimum zdolności emisyjnej badanej LED (czyli maksimum prądu fotodiody) zmierzyć zależność prądu fotodiody w funkcji prądu zasilającego LED.

### Opracowanie wyników:

Ad 1.

- Narysować charakterystyki spektralne LED tzn. zależność prądu fotodiody w funkcji długości fali. Na wykresach uwzględnić niepewności pomiarowe fotoprądu i długości fali korzystając ze wzoru na niepewność odpowiedniego miernika  $u(I) = \frac{\text{dokładność pomiaru prądu}}{\sqrt{3}}$  oraz  $u(\lambda) = \frac{\text{dokładność monochromatora}}{\sqrt{3}}$ . Przyjąć dokładność monochromatora 5nm.
- Na podstawie tych charakterystyk określić wartość energii wzbronionej półprzewodnika, z którego wykonano badaną diodę korzystając z zależności  $E_g = hc/\lambda_{max}$ , gdzie  $h$  – stała Plancka,  $c$  – prędkość światła w próżni,  $\lambda_{max}$  - długość fali odpowiadająca maksimum zdolności emisyjnej LED. Wyznaczyć niepewność  $u(E_g)$  korzystając z różniczki zupełnej.
- Wyznaczyć szerokość połówkową spektrum diody i porównać z danymi katalogowymi. Wyznaczyć niepewność szerokości połówkowej  $u(\Delta\lambda) = 2u(\lambda)$ .
- Sprawdzić, czy szerokość połówkowa widma emisyjnego diody  $\Delta\lambda$  jest proporcjonalna do  $\lambda_{max}$ .
- Policzyc monochromatyczność diod, czyli stosunek  $\Delta\lambda/\lambda_{max}$ .
- Narysować zależność prądu fotodiody w funkcji prądu zasilającego LED. Obliczyć niepewności ze wzorów  $u(I) = \frac{\text{dokładność pomiaru prądu}}{\sqrt{3}}$  i  $u(U) =$



## Detekcja promieniowania elektromagnetycznego

$\frac{\text{dokładność pomiaru napięcia}}{\sqrt{3}}$ , korzystając z odpowiednich formuł dla użytych mierników. Zaznaczyć niepewności na wykresie.

- We wnioskach uzasadnić otrzymane wyniki.

Literatura:

*Wstęp teoretyczny do ćw. 5.*

*Wykłady: 10 „Źródła i detektory”.*

### Pytania kontrolne

1. Złącze p-n. Charakterystyka prądowo-napięciowa.
2. Emisja spontaniczna i wymuszona.
3. Zasada działania diody elektroluminescencyjnej.