

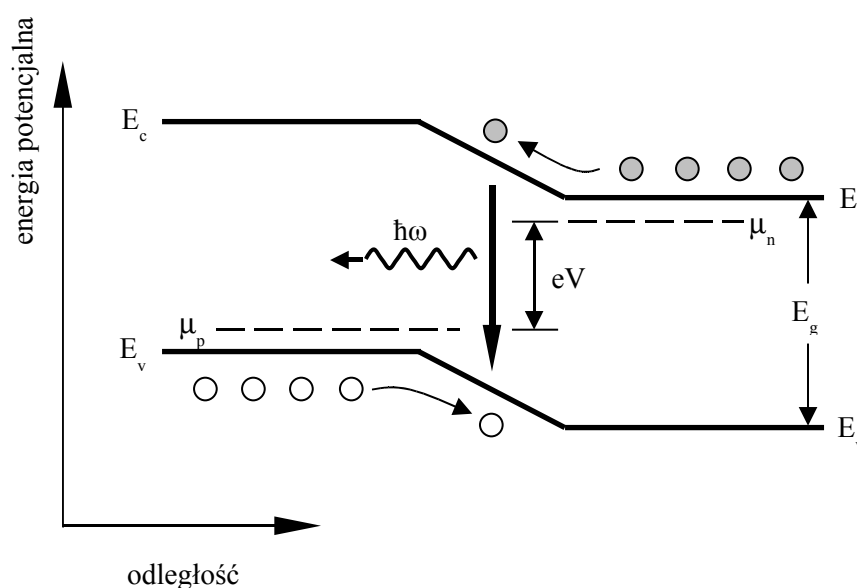
Ćwiczenie laboratoryjne Nr.2

Elektroluminescencja

WSTĘP

Mianem elektroluminescencji określamy zjawisko emisji spontanicznej światła ze spolaryzowanego w przewodzenie złącza p-n. Elementy elektroniczne wykorzystujące to zjawisko nazywamy diodami elektroluminescencyjnymi lub diodami świecącymi LED (light – emitting diode).

Rozważmy złącze p-n spolaryzowane napięciem V , powodującym przesunięcie potencjałów chemicznych μ_n i μ_p o eV (rys.1).



Rys.1 Powstawanie fotonów w wyniku rekombinacji elektron – dziura w złączu p-n.

Elektrony z obszaru typu n wstrzykiwane są do obszaru typu p, a dziury z obszaru typu p do obszaru typu n. Nośniki te anihilują na złączu wysyłając fotony. Z pierwszego, zgrubnego oszacowania wynika, że energia emitowana przez foton jest równa wartości przerwy energetycznej tzn.

$$h\omega = E_g .$$

Wyrażając długość fali w μm a przerwę energetyczną w eV dostajemy

$$\lambda = \frac{1,24}{E_g} .$$

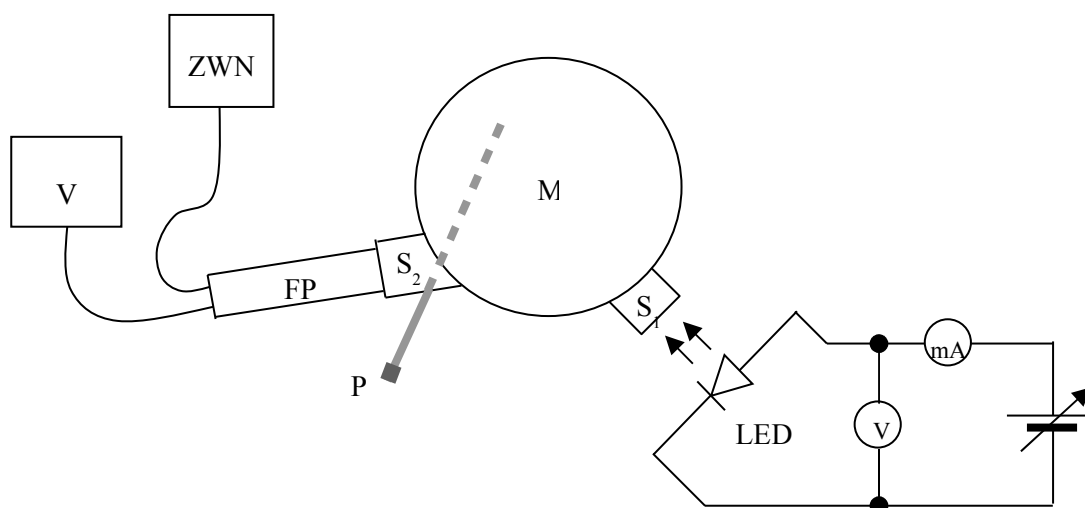
Wynika stąd, że długość emitowanego światła zależy w pierwszym rzędzie od materiału półprzewodnikowego z jakiego wykonana jest dioda. Przykładowo GaAs odpowiada długość fali około $0,9 \mu\text{m}$. Trójskładnikowy $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$ jest zdolny do promieniowania w zakresie $0,62\text{-}0,9 \mu\text{m}$ w zależności od wartości współczynnika x . Promieniowaniu podczerwemu ($1,1\text{-}1,65 \mu\text{m}$)

odpowiada stop $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$. Zbudowano też heterostruktury, które emitują światło niebieskie; mają one skład $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N} - \text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się ze zjawiskiem elektroluminescencji poprzez doświadczalne zdjęcie charakterystyk prądowo - napięciowych oraz widm promieniowania wybranych diod elektroluminescencyjnych.

METODA POMIAROWA

Schemat blokowy aparatury do pomiaru rozkładu widmowego natężenia światła elektroluminescencji przedstawia rys. 2. Emitowane przez diodę LED światło pada na monochromator M, gdzie zostaje rozszczepione. Następnie monochromatyczne już światło dociera do fotopowielacza FP zasilanego z zasilacza wysokiego napięcia ZWN. Sygnał anodowy fotopowielacza mierzony jest mikrowoltomierzem napięcia stałego V.



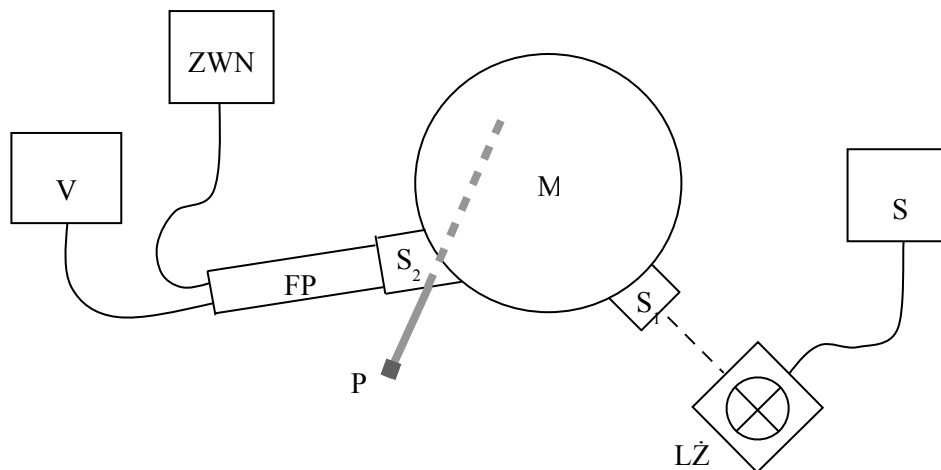
Rys. 2 Schemat blokowy aparatury do pomiaru rozkładu widmowego natężenia światła elektroluminescencji.

Tak mierzony sygnał anodowy nie określa jednak rzeczywistego rozkładu widmowego natężenia światła. Wynika to stąd, że czułość opisanego aparatury nie jest jednakowa dla każdej długości fali. Pomiary rozkładu widmowego powinny być więc poprzedzone cechowaniem układu pomiarowego (rys. 3).

Idea cechowania polega na pomiarze reakcji układu na wzorcowe wymuszenie. W tym konkretnie przypadku jako wzorca używamy lampy żarzeniowej LŻ (T-M 6V 30W – TGL 10 619) w obudowie od kolorymetru SPEKOL zasilanej z magnetycznego stabilizatora napięcia S (MK 6/6). Widmo promieniowania takiej lampy może być traktowane jako widmo promieniowania ciała doskonale czarnego o temperaturze 2854 K. Tabela zdolności emisyjnej ciała doskonale czarnego r_λ znajduje się w dodatku B.

W monochromatorze SPM 2 do zmiany długości wychodzącej fali służy przegubowe pokrętko P. Odczyt długości fali następuje pośrednio z bębna umieszczonego pod monochromatorem. Tabela zależności długości fali od liczby podziałek odczytanej z bębna znajduje się w dodatku A.

Rys. 3 Schemat blokowy układu cechowania aparatury pomiarowej.



WYKAZ PRZYRZĄDÓW

1.- Monochromator SPM 2; 2- Fotopowielacz EMI 9656R; 3 - Zasilacz wysokiego napięcia ZWN 42 ; 4 - Mikrowoltomierz V 623; 5 - Multimetr V 640; 6 - Multimetr VC-10T ; 7 - Zasilacz P 317; 8 - Lampa żarzeniowa T-M 6V 30W – TGL 10 619 W; 9 – obudowie Magnetyczny stabilizator napięcia MK 6/6; 10 – Statyw; 11 - Badane diody elektroluminescencyjne 5mm

PRZEBIEG ĆWICZENIA

UWAGA Praca z fotopowielaczem wymaga zachowania szczególnej ostrożności ze względu na możliwość uszkodzenia. Parametry dopuszczalne dla fotopowielacza użytego w ćwiczeniu to:

Maksymalne napięcie zasilania: 1100V.

Maksymalne napięcie anodowe (OUT 1): 300mV.

CECHOWANIE UKŁADU POMIAROWEGO

Zestawić układ jak na rysunku 3. Lampę żarzeniową umieścić przed szczeliną wejściową na statywie.

Szczeliny S_1 i S_2 ustawić na 0,3mm.

Zbadać zależność napięcia anodowego U_A od długości fali λ w zakresie 350 - 800nm co 5nm.

Uważać, aby dla $U_A(\lambda)=\max$ nie przekroczyć wartości 300mV.

Wyznaczyć czułość F układu pomiarowego: $F_\lambda = U_A(\lambda)/r_\lambda$.

POMIAR ROZKŁADU WIDMOWEGO ELEKTROLUMINESCENCJI

Zestawić układ jak na rysunku 2.

Zwiększyć (w stosunku do cechowania) wielkość szczeliny wejściowej S_1 .

Zbadać zależność napięcia anodowego U_A od długości fali λ . Uważać, aby dla $U_A(\lambda)=\max$ nie przekroczyć wartości 300mV.

Wyznaczyć zdolność emisyjną r_d diody: $r_d(\lambda)=U_A(\lambda)/F_\lambda$.

Zdjęcie charakterystyki prądowo – napięciowej diody. Wykonać w układzie jak na rysunku 2 (tylko kierunek przewodzenia). Nie przekraczać prądu $I_{d\max}=25\text{mA}$.

Punkty 2 i 3 powtórzyć dla diod wskazanych przez prowadzącego.

OPRACOWANIE WYNIKÓW

Sporządzić wykres znormalizowanej czułości F_λ^N . To znaczy tak dobrać stałą α , aby

$$F_\lambda^N = \alpha F_\lambda \text{ oraz } F_\lambda^N = \max = 1.$$

Na jednym wykresie umieścić znormalizowane krzywe $r_d^N(\lambda)$ zdolności emisyjnej wszystkich badanych diod (normalizacja w sensie pkt. 5.1).

Na jednym wykresie sporządzić charakterystyki $I_d=f(U_d)$ wszystkich badanych diod.

SPRAWOZDANIE Z ĆWICZENIA MUSI ZAWIERAĆ:

1. Krótki teoretyczny opis podstawowych pojęć.
2. Cel prowadzonego badania.
3. Opis doświadczalnej aparatury oraz metody pomiarowej;
4. Wykresy i tabeli wyników pomiarowych;
5. Wnioski – przeprowadzić dyskusję otrzymanych wyników.
6. Spis wykorzystanej literatury.

WYMAGANIA DO KOŁOKWIUM

1. Struktura pasmowa ciał stałych; modele elektronu swobodnego i silnie związanego.
2. Poziomy lokalne defektów: donorów, akceptorów.
3. Złącze metal – półprzewodnik i p-n w równowadze termodynamicznej i w polu elektrycznym – transport ładunku przez złącza.
4. Mechanizm świecenia na złączu p-n.
5. Przejścia optyczne. Interpretacja widm emisyjnych, oscylogramów natężenia świecenia, charakterystyk natężeniowo – napięciowych.
6. Układ pomiarowy: budowa, cechowanie, pomiary.

LITERATURA

1. K.Szalimowa, Fizyka półprzewodników.
2. G.Jepifanow, Fizyczne podstawy mikroelektroniki.
3. J. Pokrowski, Rekombinacja promienista w półprzewodnikach.
4. Ch.Kittel, Wstęp do fizyki ciała stałego.
5. B.Streetman, Przyrządy półprzewodnikowe.
6. M.Herman, Postępy fizyki, 23, 63 (1972).
7. H.Łożykowski, Postępy fizyki 24, 93 (1973).