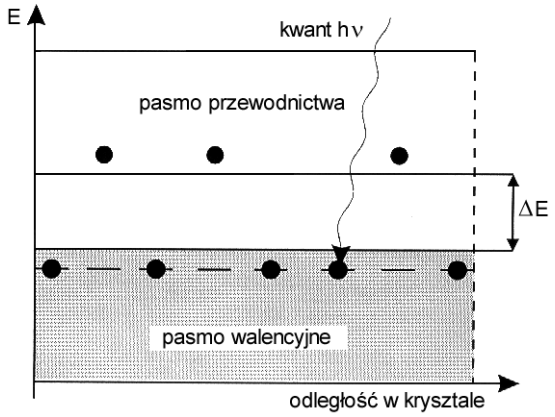
Ćwiczenie 55

WYZNACZANIE CHARAKTERYSTYK FOTOOPORÓW

55.1. Wiadomości ogólne

Fotooporami nazywamy elementy, których opór elektryczny zmienia się pod wpływem oświetlenia. Właściwość ta jest cechą charakterystyczną dla półprzewodników i dielektryków. Zjawisko zmiany oporu elektrycznego pod wpływem padającego światła nosi nazwę efektu fotoelektrycznego wewnętrznego. Zmniejszenie oporu elektrycznego półprzewodnika pod wpływem światła spowodowane jest wzrostem liczby swobodnych elektronów, mogących brać udział w procesie przepływu prądu. Mówimy wówczas, że zwiększyło się przewodnictwo właściwe materiału, z którego zbudowany jest fotoopór.



Rys. 55.1

Efekt generacji swobodnych elektronów pod wpływem światła można wytłumaczyć, stosując pasmowy model ciała stałego. Szczegółowy opis tego modelu można znaleźć w ćw. 24. Na rys. 55.1 przedstawiono schematycznie układ pasm dla typowego półprzewodnika samoistnego, tzn. takiego, który nie zawiera wprowadzonych celowo domieszek (donorów lub akceptorów), a także wolny jest od przypadkowych zanieczyszczeń. Zgodnie z tym modelem w przewodnictwie mogą brać udział tylko takie elektrony, które znajdują się w pasmie przewodnictwa. Są to właśnie elektrony swobodne. Natomiast elektrony znajdujące się w pasmie walencyjnym, w normalnych warunkach nie mogą brać udziału w procesie przewodnictwa. Jednak sytuacja ulega zmianie, gdy kryształ oświetlimy światłem o określonej długości fali. Wówczas, o ile kwant światła ma energię $h\nu$ dostatecznie dużą, tzn. $h\nu > \Delta E$, gdzie ΔE jest tzw. przerwą energetyczną – zachodzi pobudzenie elektronu z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa. Zwiększa się liczba elektronów swobodnych, mogących brać udział w przewodnictwie. Maleje zatem opór fotooporu. Np. dla germanu gwałtowny spadek oporu właściwego zachodzi przy oświetlaniu światłem o długości fali około 1,7 μm. Zgodnie z zależnością $E = h\nu$, odpowiada to energii kwantu 0,72 eV, co stanowi właśnie szerokość przerwy energetycznej ΔE dla germanu.

55.2. Zadania

55.2.1. Wyznaczyć i wykreślić zależność I = f(r) przy U = const. Pomiar przeprowadzić dla trzech wartości napięcia U.

55.2.2. Wyznaczyć i wykreślić zależność I = f(U) przy r = const. Pomiary przeprowadzić dla trzech wartości odległości r.

I – natężenie prądu płynącego przez fotoopór,

r – odległość źródła światła od fotooporu,

U – napięcie przyłożone do fotooporu.

55.2.3. Wykreślić charakterystykę oświetleniową I = f(E), korzystając przy wyznaczeniu natężenia oświetlenia E z zależności

$$E_n = E\frac{r^2}{r_n^2} \quad [lx] , \qquad (55.1)$$

gdzie: r_n (n = 1, 2, 3, ..) – kolejne odległości fotooporu od źródła światła i odpowiadające im oświetlenie E_n,
E i r – wartości odniesienia określone przez prowadzącego ćwiczenie.

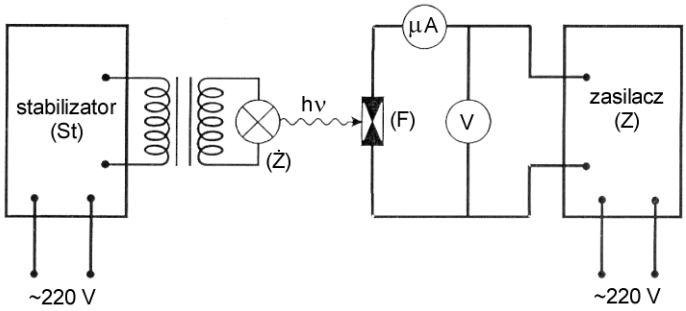
55.2.4. Korzystając z charakterystyki oświetleniowej I = f(E), wyznaczyć czułość fotooporu S (ze wzoru (55.2)) dla wszystkich trzech wartości napięć z punktu 55.2.1.

55.3. Zasada i przebieg pomiarów

Badania właściwości fotooporu można przeprowadzić w układzie pokazanym na rysunku 55.2.

Po podłączeniu fotooporu do układu, ustawiamy żądaną wartość napięcia na zasilaczu prądu stałego (Z). Wartość napięcia wskaże woltomierz (V). W obwodzie popłynie prąd zwany „ciemnym”, który ze względu na znikomą wartość nie będzie zarejestrowany przez mikroamperomierz (μA). Ustalając odpowiednią odległość między źródłem światła (Ż) a fotooporem (F), załączamy źródło światła przez włączenie stabilizatora (St). W wyniku zmniejszenia się oporu pod wpływem oświetlenia w obwodzie pojawia się prąd zwany fotoprądem, co można stwierdzić, odczytując wskazania mikroamperomierza.

Zmieniając odległość między źródłem światła a fotooporem, a więc zmieniając oświetlenie fotooporu, przy stałym napięciu zasilającym, możemy wyznaczyć charakterystykę fotooporu. Odpowiedni przebieg I = f(E) przy U = const. jest przedstawiony na rys. 55.3. Z charakterystyki oświetleniowej wyznaczamy ważny parametr fotooporu, jakim jest czułość S.



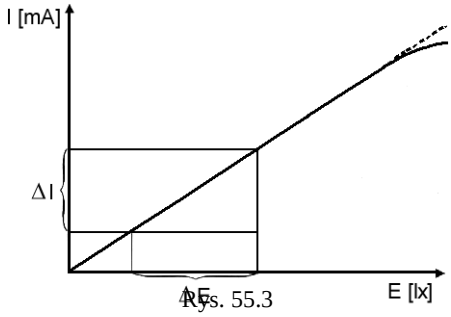
Rys. 55.2

Czułość fotooporu S jest wielkością, której liczbowa wartość wskazuje, jaka zmiana fotoprądu ΔI zachodzi przy jednostkowej zmianie oświetlenia ΔE.

Zgodnie z definicją czułość obliczamy z zależności

$$S = \frac{\Delta I}{\Delta E} \, [\mu A/lx] , \qquad (55.2)$$

przy czym odpowiednie zmiany ΔI i ΔE określamy z prostoliniowego odcinka charakterystyki oświetleniowej I = f(E).



Rys. 55.3

55.4. Ocena niepewności pomiarów

Niepewność pomiarów natężenia oświetlenia wyznaczamy ze wzoru

$$|\Delta E_n| = 2E_n \left|\frac{\Delta r_n}{r_n}\right|, \qquad (55.3)$$

gdzie: Δr_n – szacujemy na podstawie dokładności podziałki ławy optycznej.

Niepewności systematyczne pomiarów natężenia prądu i napięcia ΔI i ΔU określamy na podstawie podziałki i klasy przyrządów (wzór (3) – Wstęp) i na wykresach $I = f(E)$ oraz $I = f(U)$ nanosimy je wokół punktów pomiarowych.

Literatura

[1] Sawieliew I. W.: Kurs fizyki, t. III. Warszawa: PWN 1989.
[2] Szczeniowski S.: Fizyka doświadczalna, cz. V. Warszawa: PWN 1974.
[3] Buszmanow B. N., Chromow J. A.: Fizyka ciała stałego. Warszawa: WNT 1973.