

Wydział	Imię i nazwisko 1. 2.		Rok	Grupa	Zespół
PRACOWNIA FIZYCZNA WFiiS AGH	Temat:				Nr ćwiczenia
Data wykonania	Data oddania	Zwrot do popr.	Data oddania	Data zaliczenia	OCENA

Ćwiczenie 125

Stosunek ładunku elektronu do stałej Boltzmanna

Cel ćwiczenia

Wyznaczenie stosunku e/k z pomiarów prądu kolektora w funkcji napięcia baza - emiter, w różnych temperaturach.

Wprowadzenie

Możliwość łatwego wyznaczenia stosunku ładunku elementarnego do stałej Boltzman- na wynika z analizy działania złącza półprzewodnikowego (patrz ćwiczenia nr 123 i 124).

Prąd ładunków większościowych płynących dzięki procesowi dyfuzji w kierunku przeciwnym do zaporowej różnicy potencjałów czyli prąd dyfuzyjny złącza wyraża się wzorem

$$I_{\text{dyf}} = \text{const} \cdot \exp(eU/kT) \quad (1)$$

gdzie U jest zewnętrzną różnicą potencjałów przyłożoną do złącza, zaś T jest temperaturą.

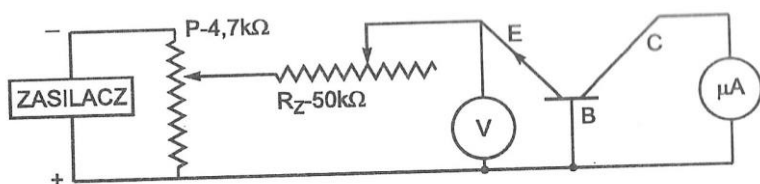
Wydawałoby się, że należy zatem zdjąć charakterystykę dowolnej diody półprzewodnikowej. Taki pomiar jest możliwy, ale uzyskana wartość e/k zawiera błąd systematyczny. Mechanizm dyfuzyjny opisany wzorem (1) jest bowiem głównym, ale nie jedynym składnikiem całkowitego prądu diody. Na prąd ten składają się również prąd wsteczny, prąd powierzchniowy i prąd związany z generacją i rekombinacją nośników w warstwie zaporowej.

Prosty sposób oddzielenia prądu dyfuzyjnego od pozostałych składników „podpowiada” działanie tranzystora. Prąd kolektora pojawia się tu jako wynik dyfuzji nośników z emitera przez wąski obszar bazy do obszaru kolektora. W rezultacie prąd zwarcia kolektora większości tranzystorów krzemowych (dla których prąd wsteczny jest znikomo mały) włączonych w układzie wspólnej bazy jest wykładniczą funkcją napięcia emiter-baza U_{EB} w bardzo szerokim zakresie zmian prądu kolektora I_k

$$I_k = I_0 \exp(eU_{\text{EB}}/kT) \quad (2)$$

Złącze emiter-baza jest wtedy spolaryzowane w kierunku przewodzenia, a kolektor zwiera się z bazą przez miernik prądu (rys. 1.). Zależność prądu zwarcia kolektora od napięcia emiter-baza powinna być zdejmowana

w stałej temperaturze, więc dla każdej temperatury można otrzymać jedną charakterystykę $I_k(eU_{EB})$.



Rys. 1. Schemat obwodu pomiarowego

Dane doświadczalne przedstawia się w formie zależności $\ln I_k$ od napięcia U_{EB} . Przez punkty doświadczalne przeprowadzamy metodą najmniejszych kwadratów prostą. Jej współczynnik nachylenia $e/(kT)$ pozwoli wyznaczyć poszukiwaną wartość ilorazu e/k .

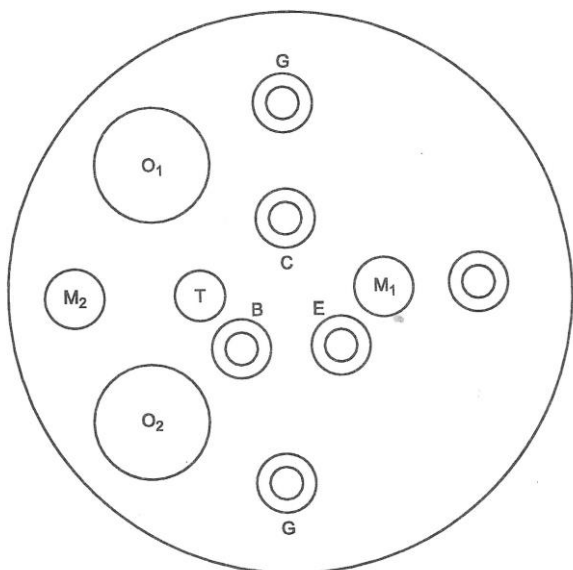
Literatura

1. Podręczniki fizyki ciała stałego (patrz ćw. 122)
2. Streetman G.: *Przyrządy półprzewodnikowe*. Warszawa, PWN 1976

Aparatura

Tranzystor jest umieszczony w specjalnym termostacie przedstawionym na rysunku 2. Składa się on z dwóch koncentrycznych oddzielonych od siebie naczyń. Wewnętrzne naczynie jest kąpielą olejową, w której bezpośrednio jest zanurzony tranzystor (zaciski C, B, E), jak również termometr do pomiaru temperatury i mieszadło. Zewnętrzne naczynie jest napełnione wodą, którą możemy oziębiać, wrzucając kawałeczki lodu, ogrzewać włączając grzałkę lub pozostawiać w temperaturze otoczenia. Naczynie to jest zaopatrzone w mieszadła i grzejnik (zaciski G-G). Obwód pomiarowy składa się z zasilacza regulowanego, potencjometru, woltomierza cyfrowego i mikroamperomierza.

Pokazane na rysunku mieszadła M_1 i M_2 służą do mieszania oleju i wody. Temperaturę kąpeli olejowej mierzy się za pomocą termometru rtęciowego. W ćwiczeniu używane są jeszcze: potencjometry oraz woltomierz cyfrowy i mikroamperomierz.



Rys. 2. Termostat -widok z góry. E, B, C - emiter, baza, kolektor tranzystora, T - termometr, 01 02 - otwory do wrzucania lodu, M1 M2 - mieszadła, G - grzejnik

Wykonanie ćwiczenia

Podstawową wersję ćwiczenia stanowią połączone części A+B lub A+C, rozszerzoną A+B+C.

A. Pomiar charakterystyki tranzystora w temperaturze pokojowej

1. Uruchomienie układu elektrycznego:

- zestawić układ według schematu na rysunku 1, nie podłączając emitera,
- włączyć zasilanie woltomierza cyfrowego i oświetlenie skali mikroamperomierza,
- ustawić pokrętkę ciągłej regulacji napięcia zasilacza na zero tak, aby woltomierz wskazywał brak napięcia,
- podłączyć emiter tranzystora.

2. Pomiar charakterystyki w temperaturze pokojowej:

- odczytać temperaturę kąpieli olejowej,
- podnosić powoli napięcie aż do momentu, kiedy mikroamperomierz nastawiony na najczulszy zakres pokaże wyraźny wzrost prądu,
- od tego momentu rozpocząć pomiar charakterystyki: kolejne odczyty wykonywać podnosząc napięcie o $0.02V$ przez regulację napięcia zasilacza i pokrętkiem oporu R_2 .
- zakończyć pomiar dla wartości I_k równej około 1 mA ,
- powtórzyć pomiary dla malejących wartości U_{EB} .

B. Charakterystyka złącza p-n w temperaturze 0°C

1. Przygotowanie pomiaru:

- pobrać z lodówki kostki lodu,
- unieść pokrywę i wrzucić lód, ewentualny nadmiar wody usunąć strzykawką lub gruszką: mieszać wodę i olej w zbiorniku wewnętrznym,
- obserwować wskazania termometru: gdy temperatura spadnie do 0° rozpocząć pomiary.

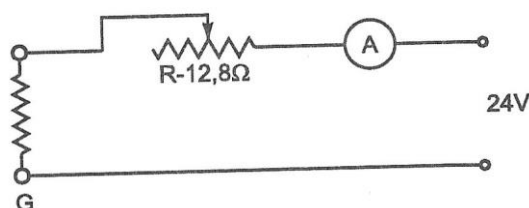
2. Pomiar

Zdjąć charakterystykę złącza jak w przypadku A. Podczas pomiaru zwracać uwagę, by lód nie stopniał całkowicie, gdyż gwarantuje to stałość temperatury.

C. Badanie charakterystyki złącza w podwyższonej temperaturze

1. Czynności przygotowawcze:

- zestawić układ grzania według schematu na rysunku 3: suwak opornicy ustawić na środku,



Rys. 3. Układ zasilania grzejnika termostatu

- b) dla skrócenia czasu ogrzewania ustawić natężenie prądu równe 10A, obserwować termometr, mieszając ciągle kąpiel wodną i olejową,
- c) gdy temperatura osiągnie 35 -40° C, zmniejszyć natężenie prądu do 2-2,5 A (wydziela się wtedy tyle ciepła, ile potrzeba na kompensowanie strat w wyniku rozpraszania).
- d) rozpocząć pomiar, gdy temperatura się ustali.

Opracowanie wyników (dla każdego wariantu **A**, **B** i **C** postępować identycznie):

1. Wykonać wykres $\ln(I_k/I_0) = f(U_{EB} - U_0)$, gdzie lewa i prawa strona tego równania są bezwymiarowe. W tym celu należy wybrać jedną wartość zmierzonego prądu I_k oraz odpowiadającą mu wartość zmierzonego napięcia U_{EB} i oznaczyć je, odpowiednio, przez I_0 oraz U_0 . Następnie należy podzielić pozostałe wartości zmierzonych prądów przez I_0 , a od odpowiadających im napięć odjąć wartość U_0 . Następnie narysować komputerowo wykres $\ln(I_k/I_0) = f(U_{EB} - U_0)$.
2. Metodą najmniejszych kwadratów przeprowadzić prostą przez uzyskane punkty doświadczalne i znaleźć współczynnik nachylenia prostej oraz jej niepewność.
3. Obliczyć stąd stosunek e/k oraz jego niepewność.
4. Obliczyć średnią wartość e/k z wariantów **A**, **B** i **C**, jej niepewność i porównać uzyskany wynik z wartością tablicową dla e/k korzystając z niepewności rozszerzonej.