



Przyrządy i Układy Półprzewodnikowe

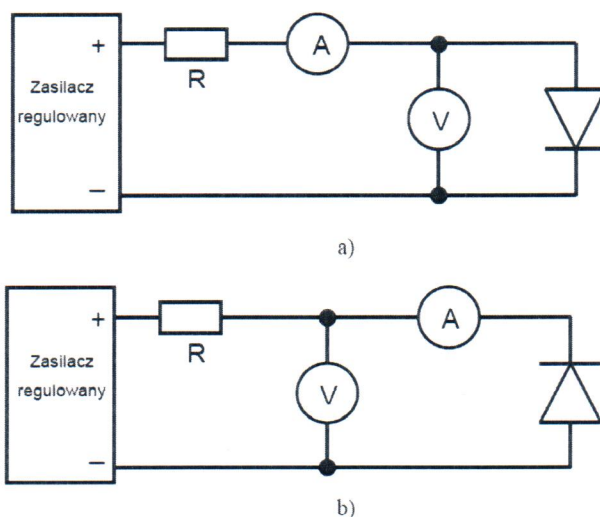
II. DIODA ZENERA

Cel ćwiczenia: Zapoznanie się z zasadą działania diody Zenera, wyznaczenie jej charakterystyki statycznej, napięcia wbudowanego oraz napięcia Zenera.

1. Zasada pomiaru.

1) Metoda „punkt po punkcie”

Najprostszą metodą wyznaczania charakterystyk statycznych diod jest metoda „punkt po punkcie”. Metoda ta jest czasochłonna i nie pozwala na wyznaczanie charakterystyk statycznych w dużym zakresie prądów i napięć, ponieważ dioda nagrzewa się i otrzymywane charakterystyki są nie tylko funkcją jej właściwości elektrycznych, ale również temperatury. Pomiar powinien być więc wykonany możliwie szybko i przy wartościach prądów i napięć znacznie niższych od dopuszczalnych. Zaletą metody jest stosunkowo duża dokładność. Podstawowe układy do wyznaczania charakterystyk statycznych diod metodą „punkt po punkcie” przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schematy układów pomiarowych do wyznaczania charakterystyk statycznych złącza p-n metodą „punkt po punkcie”: a) w zakresie małych oporności diody, b) w zakresie dużych oporności diody.

Dla diod Zenera należy zastosować układ do wyznaczania charakterystyk statycznych dla obydwu kierunków polaryzacji tak jak to przedstawia schemat na Rys. 1a.

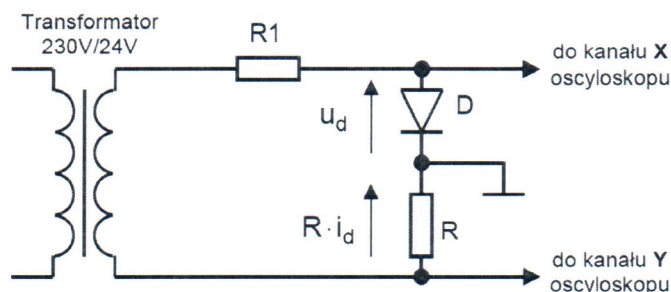
2) Metoda oscyloskopowa

Zaletą metody oscyloskopowej jest możliwość obserwacji charakterystyki prądowo-napięciowej dla obydwu kierunków polaryzacji złącza jednocześnie. Wadą tej metody jest stosunkowo mała dokładność. Na Rys. 2 przedstawiono uproszczony schemat do wyznaczania charakterystyk prądowo-napięciowych diod półprzewodnikowych metodą oscyloskopową. Wyznaczając charakterystyki prądowo-napięciowe metodą oscyloskopową diodę zasila się ze źródła napięcia zmiennego o niskiej częstotliwości. W najprostszym przypadku może ono być obniżone, za pomocą transformatora, napięcie sieci (Rys. 2). Spadek napięcia na diodzie D jest



Przyrządy i Układy Półprzewodnikowe

doprowadzony do wejścia **X** (CH1) oscyloskopu, natomiast spadek napięcia na rezystorze pomiarowym **R** - proporcjonalny do prądu płynącego przez diodę - do wejścia **Y** (CH2). W niektórych oscyloskopach, ze względu na umiejscowienie masy w układzie pomiarowym, można włączyć inwersję kanału **Y**.



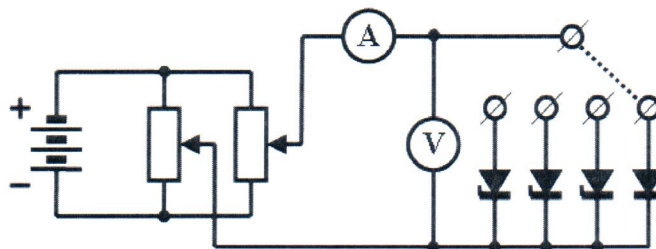
Rys. 2. Schemat układu do pomiaru charakterystyk I - V diody metoda oscyloskopową.

Sumaryczną wartość rezystancji **R** i **R₁** dobieramy w taki sposób, aby prąd płynący w obwodzie był mniejszy od dopuszczalnego prądu badanej diody, zaś wartość rezystora **R** powinna zapewnić łatwe przeliczanie czułości kanału drugiego (CH2) z napięciowej (V/div) na prądową (I/div). Najczęściej $R=1\text{k}\Omega$. Wówczas odczytana wartość napięcia w [V] jest równoważna wartości natężenia prądu wyrażonej w [mA].

2. Zadania do wykonania.

a) Metoda „punkt po punkcie”

- Połączyć układ według schematu przedstawionego na Rys. 3 (**gniazdo czerwone połączyć z wybraną diodą**). Jako amperomierz użyć multimetr BM857 zaś jako woltomierz multimetr BM 811.
- Wykonać pomiary charakterystyk I - V dla wszystkich diod Zenera (nr 2, 3 i 4) zarówno w kierunku przewodzenia jak i zaporowym. Porównać otrzymane krzywe I - V z charakterystyką prądowo-napięciową krzemowej diody prostowniczej, którą umiejscowiono pod nr 1.



Rys. 3. Schemat układu do pomiaru charakterystyk statycznych diod półprzewodnikowych.



Połączyć układ według schematu przedstawionego na Rys. 4b (**gniazdo zielone połączyć z wybraną diodą**).



- Zbudować układ pomiarowy według schematu przedstawionego na Rys. 4b. Gniazda BNC znajdujące się na bocznych ściankach makiety, to wejście X i wyjście Y obwodu z badaną diodą.
- Na wejście X podawany jest z generatora przebieg trójkątny o częstotliwości 1000 Hz i napięciach szczytowych $\pm 2.5\text{V}$ (U_{we}). Należy zaobserwować kształt przebiegu wyjściowego (U_{wy}) dla diody Zenera i porównać go z kształtem przebiegu wyjściowego dla diody prostowniczej. Na ekranie oscyloskopu powinny być widoczne przebiegi podobne do tych przedstawionych na Rys. 5. Zarejestrować obserwowane oscylogramy. Zaznaczyć na oscylogramach jednostki prądu i napięcia, biorąc pod uwagę zakresy czułości obydwu kanałów oscyloskopu.
- Korzystając z oscylogramów przebiegów napięć dla diody Zenera policzyć wartość natężenia prądu płynącego przez diodę I_D w kierunku przewodzenia i zaporowym, pamiętając, że $I_D = U_{wy}/R$, $U_D = U_{WE} - U_{WY}$





Przyrządy i Układy Półprzewodnikowe

3. Opracowanie wyników.

Na podstawie zmierzonych charakterystyk należy:

a) Wykreślić zmierzoną charakterystykę $I-V$ w kierunku przewodzenia i zaporowym dla diody Zenera, zmierzoną metodą „punkt po punkcie”. Następnie obliczyć i zaznaczyć na wykresach niepewności pomiaru dla prądu $u(I) = \frac{\text{dokładność pomiaru prądu}}{\sqrt{3}}$ i napięcia $u(U) = \frac{\text{dokładność pomiaru napięcia}}{\sqrt{3}}$, korzystając z formuł podanych w instrukcjach do multimetrów.

b) Wyznaczyć potencjał wbudowany diody prostowniczej i diod Zenera korzystając z części liniowej wykresu $I-V$ (dla dużych napięć w kierunku przewodzenia). Wykorzystać do tego celu regresję liniową. Potencjał wbudowany jest równy:

$$V_{bi} = -\frac{b}{a}, \quad (1)$$

gdzie a i b – współczynniki regresji w równaniu $y = ax + b$.

c) Aby obliczyć niepewność pomiaru potencjału wbudowanego, należy skorzystać z niepewności wynikających z regresji liniowej Δa i Δb :

$$u(V_{bi}) = \sqrt{\left|\frac{b}{a^2}\Delta a\right|^2 + \left|\frac{1}{a}\Delta b\right|^2} \quad (2)$$

d) Oszacować i zaznaczyć na wykresach minimalny prąd wsteczny (I_{min}), przy którym efekt stabilizacji napięcia jest widoczny. Obliczyć $u(I_{min})$ analogicznie do $u(I)$.

e) Określić napięcie progowe U_{ZK} i napięcie Zenera U_Z badanej diody. Obliczyć niepewność $u(U_{ZK})$ oraz $u(U_Z)$ analogicznie do $u(U)$.

f) Wyznaczyć rezystancję statyczną i dynamiczną dla wybranych przez prowadzącego punktów pracy badanej diody, w zakresie od -5 mA do -50 mA, korzystając ze wzorów (3) i (4) (por. z Rys. 6).

$$\text{Rezystancja dynamiczna: } R_z = \frac{\Delta U_z}{\Delta I_z} \quad (3)$$

$$\text{Rezystancja statyczna: } R_s = \frac{U_z}{I_z} \quad (4)$$

Obliczyć niepewności wyznaczonych wartości z poniższych wzorów. Niepewność rezystancji statycznej:

$$u(R_s) = \sqrt{\left(\frac{u(U_z)}{I_z}\right)^2 + \left(\frac{U_z \cdot u(I_z)}{I_z^2}\right)^2}, \quad (5)$$

gdzie $u(U_z)$ i $u(I_z)$ liczymy analogicznie do $u(I)$ i $u(U)$.

Niepewność rezystancji dynamicznej:

$$u(R_z) = \sqrt{\left(\frac{u(\Delta U_z)}{\Delta I_z}\right)^2 + \left(\frac{\Delta U_z \cdot u(\Delta I_z)}{\Delta I_z^2}\right)^2}, \quad (6)$$



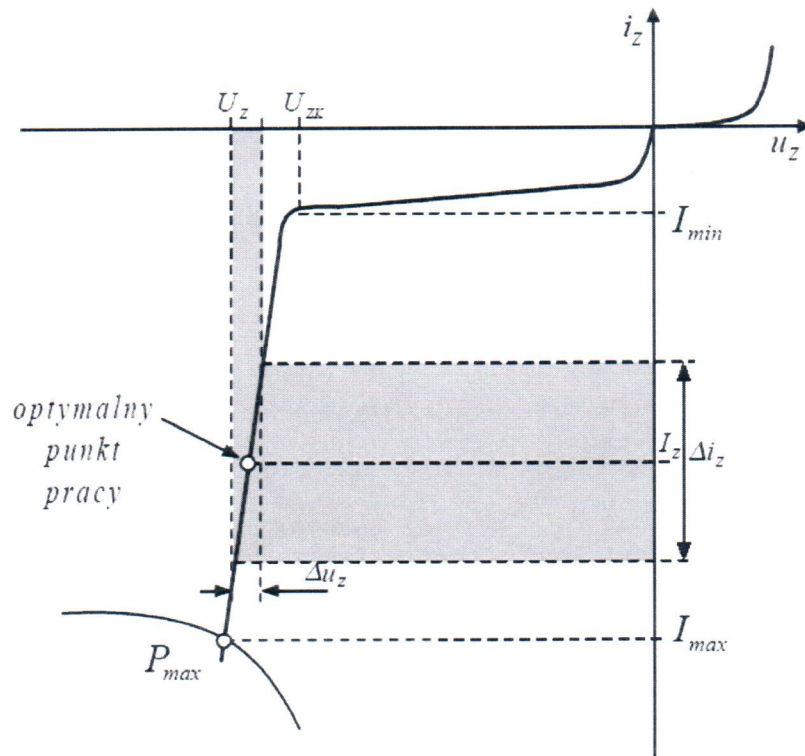
Przyrządy i Układy Półprzewodnikowe

gdzie $u(\Delta U_Z)$ to suma niepewności wartości napięcia na końcach przedziału ΔU_Z :

$$u(\Delta U_Z) = u(U_{min}) + u(U_{max})$$

Niepewność $u(\Delta I_Z)$ liczona jest analogicznie jak $u(\Delta U_Z)$.

g) Dołączyć zarejestrowane oscylogramy.



Rys. 6. Charakterystyka i zakres użytecznej pracy diody stabilizacyjnej.