



Wydział
Informatyki
i Zarządzania
Politechniki
Wrocławskiej

Laboratorium

Podstaw Elektroniki i Miernictwa

Ćwiczenie 1

Pomiar charakterystyki złącza p-n

Wykonując pomiary **PRZESTRZEGAJ** przepisów BHP związanych z obsługą urządzeń elektrycznych. Wszelkie zauważone uszkodzenia, usterki i nieprawidłowości **NATYCHMIAST ZGŁOŚ** prowadzącemu zajęcia.

Po wykonaniu ćwiczenia **ROZŁĄCZ** układ pomiarowy, **WYŁĄCZ** zasilanie urządzeń, **ODSTAW** urządzenia przestawione z innych stanowisk na ich pierwotne miejsce.

Wrocław 2006

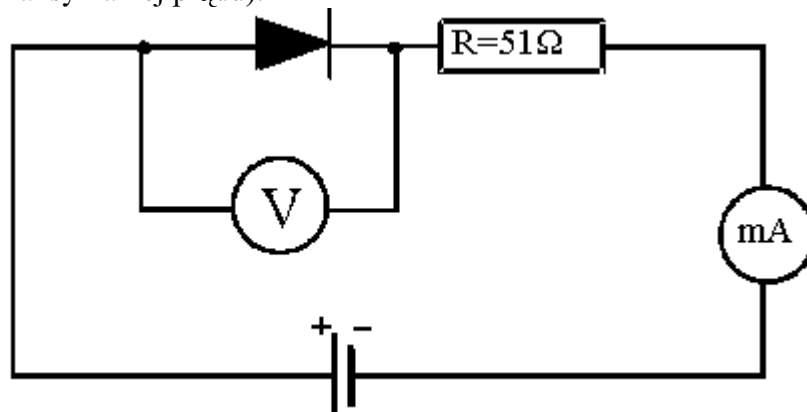
Pomiar charakterystyki złącza p-n

I. Wymagania wstępne

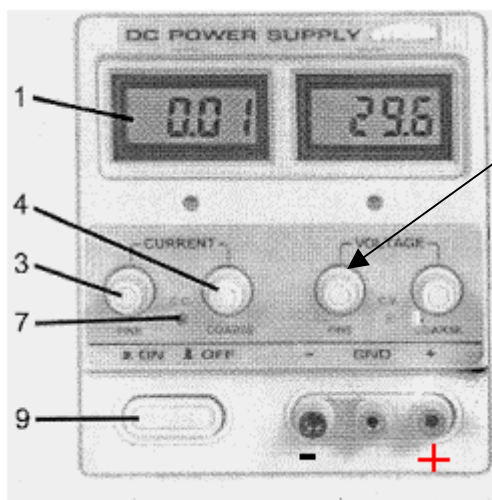
1. Powstanie bariery potencjału w złączu p-n
2. Polaryzacja w kierunku przewodzenia i zaporowym
3. Charakterystyka prądowo-napięciowa idealnego złącza p-n
4. Wzór Schockley'a
5. Rezystancja statyczna i dynamiczna złącza p-n
6. Schemat zastępczy rzeczywistego złącza p-n dla prądu stałego
7. Mechanizmy przebicia złącza p-n

II. Przebieg ćwiczenia

1. Zbudować układ pomiarowy (jak na poniższym rysunku), a następnie zmierzyć i wykreślić charakterystykę prądowo-napięciową diody (nie przekroczyć wartości maksymalnej prądu).

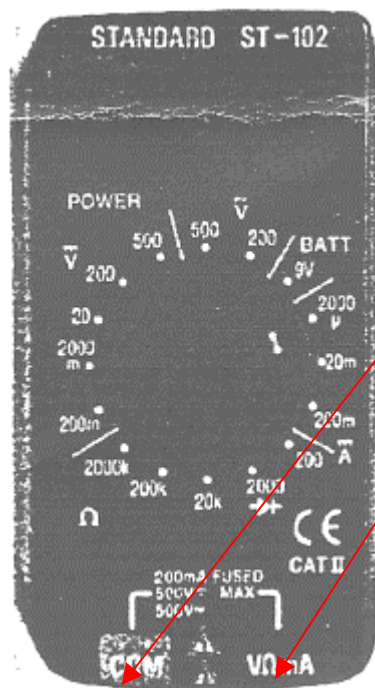


Do zasilania układu wykorzystać zasilacz napięciowy przedstawiony na rys.2

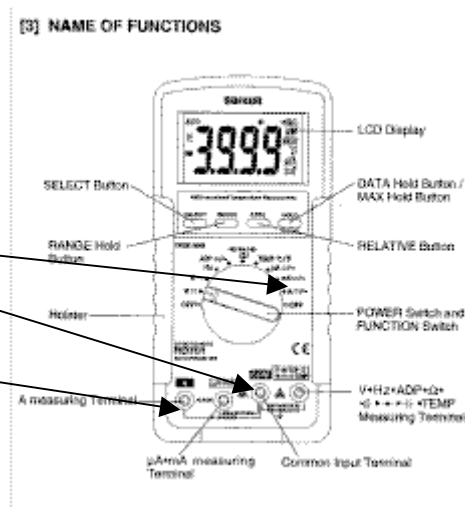


Pokrętle „Fine” **powoli** zwiększać napięcie zasilania notując wskazania woltomierza i amperomierza. Nie przekraczać **natężenia prądu 300mA**.

Rys.2 Widok panelu przedniego zasilacza napięciowego



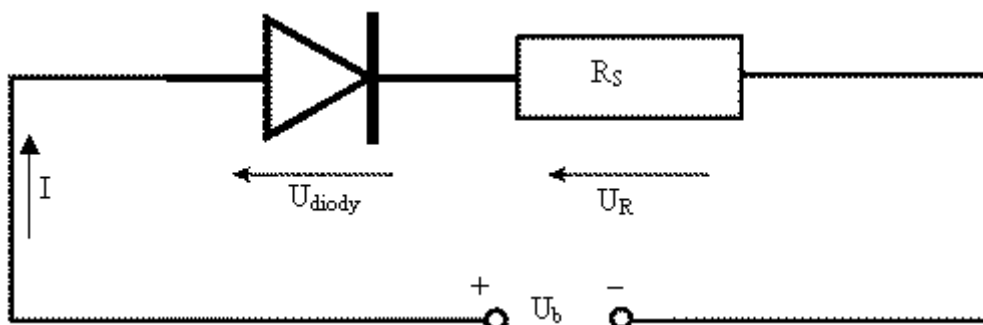
Do pomiaru napięcia na diodzie użyj woltomierza ST-102. Pokrętkę wyboru funkcji ustaw na pozycję $\overline{V}$, wybierając zakres 2000mV. Kable pomiarowe podłącz pod zaciski oznaczone strzałkami jak na rys.3 (COM i V).



Natężenie prądu mierzymy wykorzystując multimetr RD700, ustawiając przełącznik wyboru funkcji na mA. Kable pomiarowe podłączamy do zacisków oznaczonych symbolami „Common Input Terminal” i „mA measuring Terminal”

2. W kilku wybranych punktach pracy na charakterystyce diody, określić wartości jej rezystancji statycznej R_{st} i rezystancji dynamicznej r_d (rys. 6).
3. Wykreślić zależność R_{st} i r_d w zależności od wartości prądu płynącego przez diodę (dla pięciu wartości prądu).
4. Na podstawie wyników pomiaru z pkt.1 wykreślić charakterystykę diody w półlogarytmicznym układzie współrzędnych ($\ln I = f(U)$) i określić wartości rezystancji szeregowej i rezystancji równoległej (o ile będzie to możliwe).

5. Obliczyć trzema metodami (patrz rozdział III.3) natężenie prądu w układzie jak na rys.5 (wartości napięcia zasilania i rezystancji poda prowadzący)



Rys.5. Obwód elektryczny zawierający element nieliniowy

III. Podstawowe wiadomości konieczne do wykonania ćwiczenia.

1. Charakterystyka prądowo-napięciowa złącza p-n

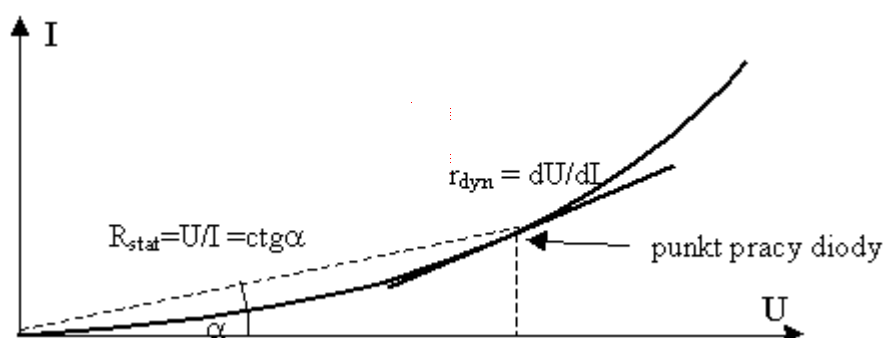
Charakterystyka prądowo-napięciowa idealnego złącza p-n opisana jest wzorem Schockley'a:

$$I = I_s \left[\exp \frac{eU}{kT} - 1 \right]$$

gdzie: I_s – prąd nasycenia, k – stała Boltzmanna, T – temperatura złącza, e – ładunek elektronu.

Na rys.6 przedstawiono charakterystykę $I=f(U)$ złącza p-n, oraz pokazano interpretację geometryczną rezystancji statycznej $R_{st} = \frac{U}{I}$ i rezystancji dynamicznej $r_{dyn} = \frac{dU}{dI}$.

Rezystancja dynamiczna interpretowana jest jako nachylenie linii stycznej do charakterystyki w danym punkcie pracy diody.

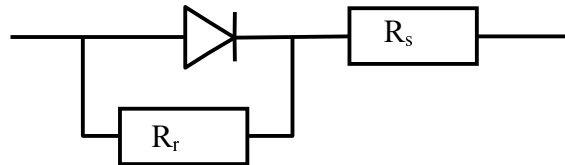


Rys. 6. Charakterystyka $I=f(U)$ złącza p-n

2. Rezystancja szeregowa i rezystancja równoległa (upływu) złącza p-n

Równanie Schockley'a opisuje charakterystykę idealnego złącza p-n, tzn. takiego, w którym pominięto między innymi istnienie rezystancji szeregowej i rezystancji równoległej (upływu).

Na kolejnym rysunku przedstawiono układ zastępczy złącza p-n, na którym uwzględniono istnienie obu rodzajów rezystancji.

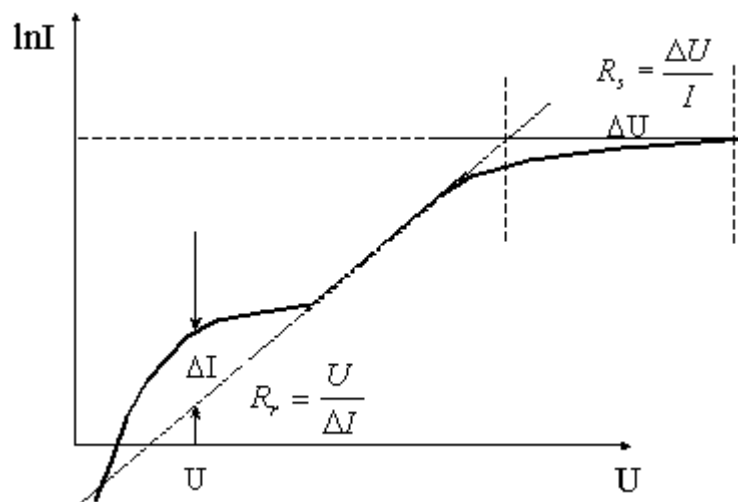


Rys.7 Schemat zastępczy diody rzeczywistej p-n dla prądu stałego

Rezystancja szeregowa R_s – dodatkowa rezystancja połączona szeregowo z diodą idealną, uwzględniająca między innymi rezystancje obszarów półprzewodnika, rezystancje doprowadzeń, itd.

Rezystancja równoległa R_r – rezystancja połączona równolegle z diodą idealną, wynikająca z istnienia upływów po powierzchni diody i, upływów wynikających z istnienia uszkodzeń powierzchni półprzewodników.

Na rysunku 8 przedstawiono charakterystykę diody rzeczywistej narysowaną w pół logarytmicznym układzie współrzędnych.



Rys.8. Charakterystyka diody rzeczywistej w pół logarytmicznym układzie współrzędnych

Charakterystyka diody rzeczywistej wykazuje odchylenie od linii prostej dla dużej wartości natężenia prądu (występuje zauważalny spadek napięcia na rezystancji szeregowej), oraz dla niewielkiej wartości natężenia prądu (przez rezystancję równoległą płynie prąd porównywalny z prądem płynącym przez diodę).

Sposób obliczenia obu wartości rezystancji przedstawiono na rysunku 8.

Do opisu charakterystyki prądowo-napięciowej diody p-n z uwzględnieniem rezystancji szeregowej wykorzystuje się poprawiony wzór Schockley'a:

$$I = I_s \left(\exp \frac{e(U - I \cdot R_s)}{kT} - 1 \right)$$

gdzie: U - napięcie panujące na zaciskach diody rzeczywistej (napięcie zasilania),
 R_s - rezystancja szeregowa, I_s - prąd nasycenia, k - stała Boltzmanna,
 T - temperatura diody w skali bezwzględnej, e - ładunek elektronu.

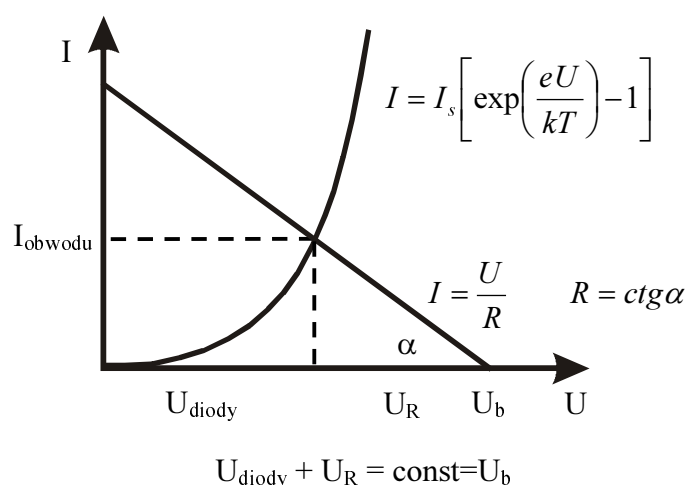
3. Obliczenie natężenia prądu w obwodzie z elementem nieliniowym

Zadanie z punktu II.5 można rozwiązać trzema sposobami:

1. metodą prostej pracy
2. metodą sumowania charakterystyk
3. metodą numeryczną.

Metoda prostej pracy

Rozwiązanie wspomnianego równania tą metoda opiera się na II prawie Kirchoffa, które mówi, że suma napięć w obwodzie zamkniętym (oczku) jest równa zero.

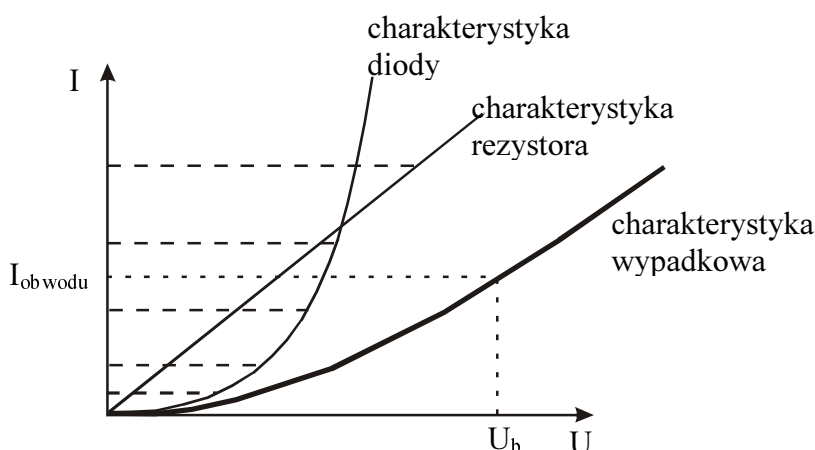


Rys.9 Metoda prostej pracy obliczania prądu w obwodzie z elementem nieliniowym.

Wykreślamy charakterystykę naszego elementu nieliniowego (np. diody), następnie z punktu $U=U_b$ na osi napięcia wykreślamy charakterystykę prądowo-napięciową drugiego elementu obwodu (np. rezystora). Punkt przecięcia się obu charakterystyk wyznacza wartość natężenia prądu płynącego w obwodzie.

Metoda sumowania charakterystyk

Idea tej metody polega na wykreśleniu charakterystyk prądowo napięciowych obu elementów (rys.10) obwodu (diody i rezystora), a następnie na zsumowaniu tych charakterystyk. W naszym przypadku sumowanie następuje „wzdłuż” osi U (połączenie diody i rezystora jest szeregowo co znaczy, że przez oba elementy płynie prąd o tym samym natężeniu). W rezultacie układ został uproszczony do jakby jednego elementu o charakterystyce prądowo-napięciowej będącej sumą charakterystyk obu elementów.



Rys.10. Sumowanie charakterystyk jako metoda obliczania prądu w obwodzie z elementem nieliniowym

Metoda numeryczna

Metoda ta polega na rozwiązaniu układu równań:

$$\left. \begin{aligned} I_{obwodu} &= I_s \left[\exp\left(\frac{eU_{diody}}{kT}\right) - 1 \right] \\ I_{obwodu} &= \frac{U_R}{R} \\ U_{diody} + U_R &= U_b \end{aligned} \right\} \quad \begin{aligned} &\text{gdzie: } I_{obwodu} - \text{szukana wartość prądu płynącego w obwodzie,} \\ &U_{diody} - \text{napięcie na diodzie,} \\ &U_R - \text{napięcie na rezystorze, } U_b - \text{dane napięcie zasilania.} \\ &\text{Wartość wyrażenia } \frac{kT}{e} \text{ wynosi } 0,026V. \end{aligned}$$

.Zadaniem każdej grupy jest napisanie programu rozwiązującego powyższe zadanie (dowolny język programowania).

UWAGA!!!

Wartości U_b , R i I_s prowadzący poda każdej grupie osobno.

Literatura

1. J. Martan, J Zdanowski, „*Skrypt do wykładu Podstawy Elektroniki i Miernictwa*”
Wrocław 2003r.
2. W. Marciniak „*Przyrządy Półprzewodnikowe i układy scalone*”, WNT Warszawa 1984
3. T. Stacewicz, A. Kotlicki, „*Elektronika w laboratorium naukowym*”, PWN Warszawa
1994r.