

# ĆWICZENIE 1

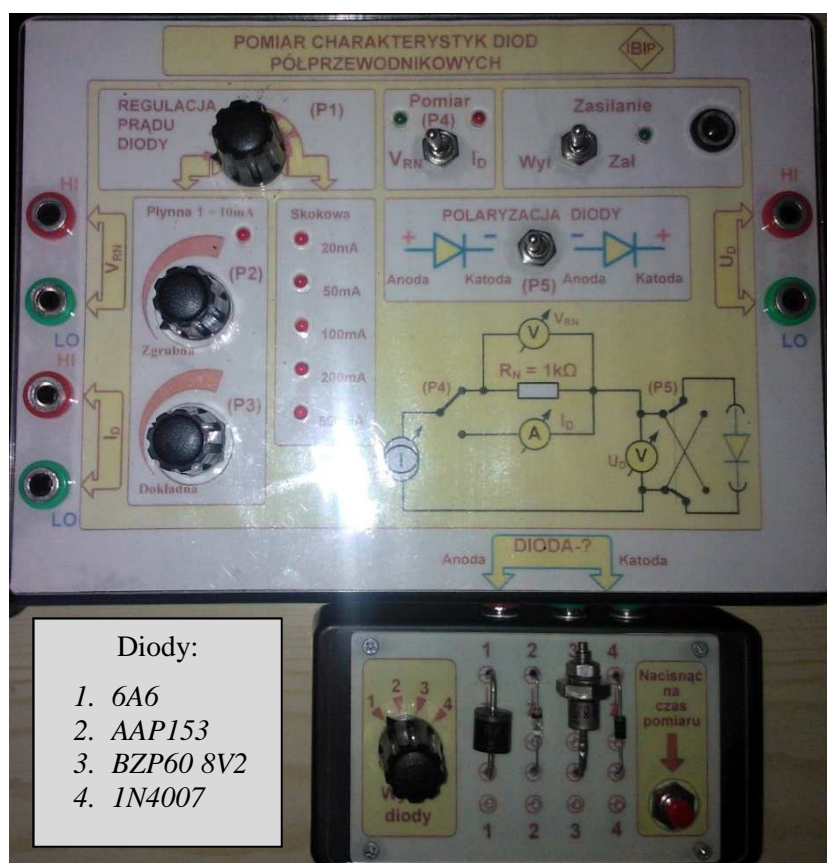
## Badanie właściwości diod półprzewodnikowych

### I. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest praktyczne poznanie właściwości diod półprzewodnikowych. Wykreślanie charakterystyk napięciowo – prądowych oraz wyznaczenie podstawowych parametrów diod półprzewodnikowych. Utrwalenie pojęć: rezystancja statyczna, rezystancja dynamiczna.

### II. Układ pomiarowy

Wszystkie pomiary należy wykonać z wykorzystaniem makiety: „Pomiar charakterystyk diod półprzewodnikowych” przedstawionej na rysunku poniżej.



Rys. 1. Makieta „Pomiar charakterystyk diod półprzewodnikowych”

Do wejścia zasilającego należy podłączyć końcówkę zasilacza niestabilizowanego 15V/ 500 mA. Pomiar napięcia na diodzie odbywa się poprzez podłączenie woltomierza do końcówek oznaczonych jako „ $U_D$ ”. W zależności od wartości prądu płynącego w obwodzie, jego pomiar odbywa się bezpośrednio przez podłączenie amperomierza do końcówek „ $I_D$ ” – dla średnich i dużych prądów, bądź metodą pośrednią (dla małych prądów) przez pomiar spadku napięcia na rezystorze  $R_N$ , należy podłączyć woltomierz do wyjścia „ $V_{RN}$ ”.

### III. Przebieg ćwiczenia

1. Pomiar charakterystyki prądowo – napięciowej diody w liniowym układzie współrzędnych
  - a) podłączyć przyrządy pomiarowe oraz zasilanie zgodnie z informacjami zawartymi w poprzednim punkcie,
  - b) do układu podłączyć badaną diodę,
  - c) załączyć zasilanie,
  - d) wykreślić charakterystykę w kierunku przewodzenia (ustawić stosownie przełącznik P5), nie przekraczać dopuszczalnego prądu w kierunku przewodzenia  $I_{FMAX}$  (parametr podany przez producenta diody w nocie aplikacyjnej); skokową zmianę prądu uzyskuje się przełącznikiem (P1), płynną przełącznikami (P2 i P3).
  - e) wykreślić charakterystykę w kierunku zaporowym (zmienić położenie P5) analogicznie jak w punkcie (d)
  - f) pomiary nanieść na wykres,
  - g) wybrać 5 punktów na charakterystyce a następnie określić wartości rezystancji statycznej  $R_{st}$  i dynamicznej  $r_d$  diody,
  - h) na podstawie danych z poprzedniego punktu wykreślić charakterystykę  $R_{st}$  i  $r_d$  w zależności od natężenia prądu
  - i) punkty 1.b – 1.h powtórzyć dla pozostałych diod.
  
2. Pomiar charakterystyki prądowo – napięciowej diody w układzie półlogarytmicznym
  - a) podłączyć przyrządy pomiarowe oraz zasilanie zgodnie z informacjami zawartymi w punkcie I,
  - b) do układu podłączyć badaną diodę,
  - c) przełącznik P5 ustawić tak aby dioda była podłączona w kierunku przewodzenia,
  - d) wykreślić charakterystykę w układzie półlogarytmicznym ( $\log I, U$ ), nie przekraczać  $I_{FMAX}$ , zwrócić uwagę na dokładność pomiaru małych prądów płynących przez diodę – wybrać stosowną metodę pomiaru (przełącznik P4) ,
  - e) na podstawie charakterystyki wyznaczyć  $I_S$  oraz  $R_s, R_r$ ,
  - f) pomiary powtórzyć dla pozostałych diod.

### IV. Podstawowe wiadomości niezbędne do wykonania ćwiczenia

Charakterystyka prądowo – napięciowa :  $I_D=f(U_{AK})$  idealnego złącza p–n jest opisana równaniem Shockley’a:

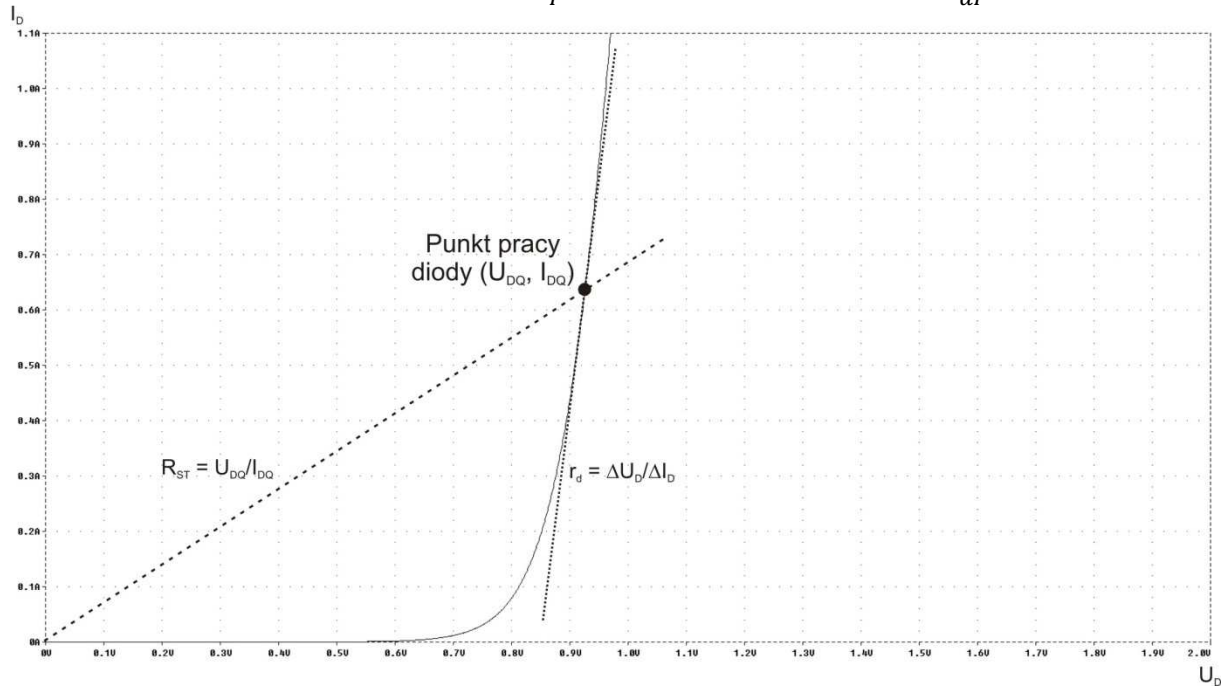
$$I_D = I_S \left( \exp \frac{U_{AK}}{mU_T} - 1 \right), \quad (1)$$

gdzie:  $I_S$  – prąd nasycenia złącza (teoretyczny prąd wsteczny),  $m = 1 \div 2$  – współczynnik korekcyjny (uwzględniający odchyłkę od uproszczonej teorii złącza p-n),  $U_T$  – potencjał elektrokinetyczny:

$$U_T = \frac{kT}{q} = 25,5 \text{ mV}, \quad (2)$$

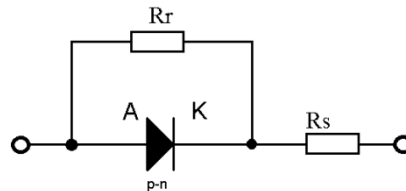
gdzie: k – stała Boltzmana, T – temperatura złącza, q- ładunek elektronu.

Na rysunku 2 przedstawiono charakterystykę  $I = f(U)$  złącza  $p-n$ , wraz z geometryczną interpretacją rezystancji statycznej:  $R_{ST} = \frac{U}{I}$  oraz dynamicznej diody:  $r_d = \frac{dU}{dI}$ .



Rys. 2. Charakterystyka prądowo – napięciowa złącza  $p-n$

Schemat zastępczy diody, w odróżnieniu od idealnego złącza  $p-n$ , zawiera dwie rezystancje, przedstawione na rysunku 3.

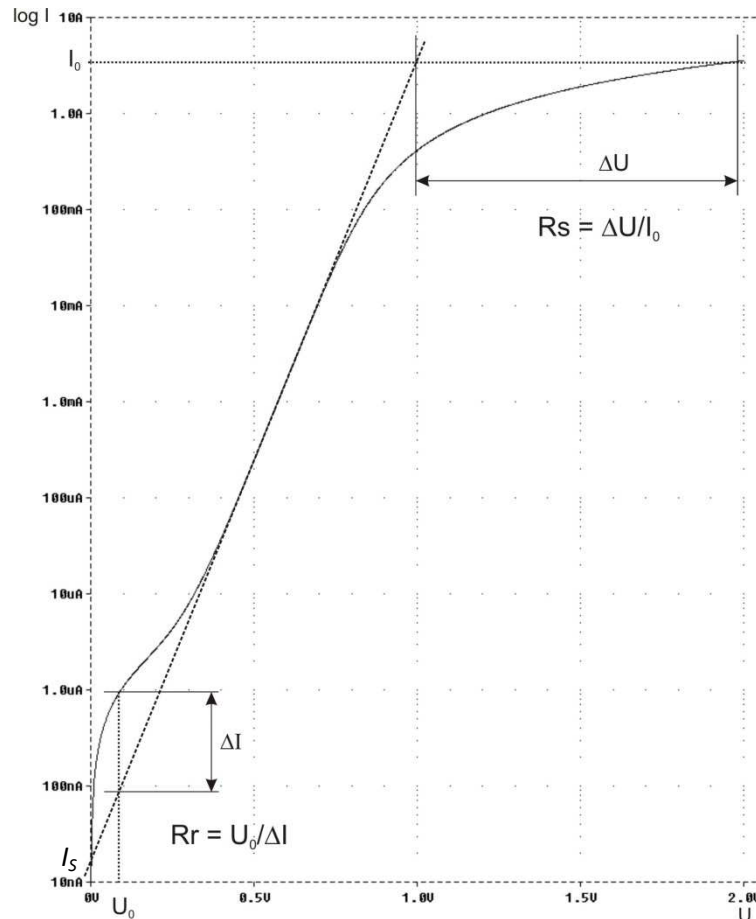


Rys. 3 Stałoprądowy schemat zastępczy rzeczywistej diody

$R_s$  (rezystancja szeregową) – dodatkowa rezystancja połączona szeregowo z idealną diodą, uwzględnia między innymi rezystancję: obszarów neutralnych, doprowadzeń, styku metalu z półprzewodnikiem.

$R_r$  (rezystancja równoległa) – rezystancja połączona równolegle z idealną diodą, wynikająca z istnienia wpływów po powierzchni złącza i wpływów wynikających z uszkodzeń powierzchni półprzewodnika.

Na rysunku 4 przedstawiono charakterystyki  $I = f(U)$ : idealną i rzeczywistą diody w półlogarytmicznym układzie współrzędnych. Charakterystyka rzeczywista wykazuje odchylenie od idealnej w zakresie dużych prądów z powodu istnienia rezystancji szeregowej  $R_s$ , zaś dla małych prądów z powodu rezystancji równoległej  $R_r$ . Przedstawiono również na nim sposób wyznaczenia obu wartości wspomnianych rezystancji.



Rys. 4. Charakterystyka prądowo – napięciowa rzeczywistej diody w układzie półlogarytmicznym

## V. Pytania kontrolne

1. Charakterystyka prądowo – napięciowa złącza p-n, równanie Shockley’ a.
2. Charakterystyka prądowo – napięciowa rzeczywistej diody, schemat zastępczy diody dla prądu stałego, wyznaczanie wartości elementów schematu zastępczego.
3. Materiały półprzewodnikowe stosowane do budowy diod, podstawowe rodzaje diod.
4. Zastosowanie diod półprzewodnikowych.

## Literatura

1. U. Tietze, Ch. Schenk, „Układy półprzewodnikowe”, WNT Warszawa 1996
2. Z. Nosal, J. Baranowski, „Układy elektroniczne cz. I. Układy analogowe liniowe”, WNT Warszawa 1998
3. W. Marciniak, „Przyrządy półprzewodnikowe i układy scalone” WNT Warszawa 1984