

# BADANIE DIOD PÓŁPRZEWODNIKOWYCH

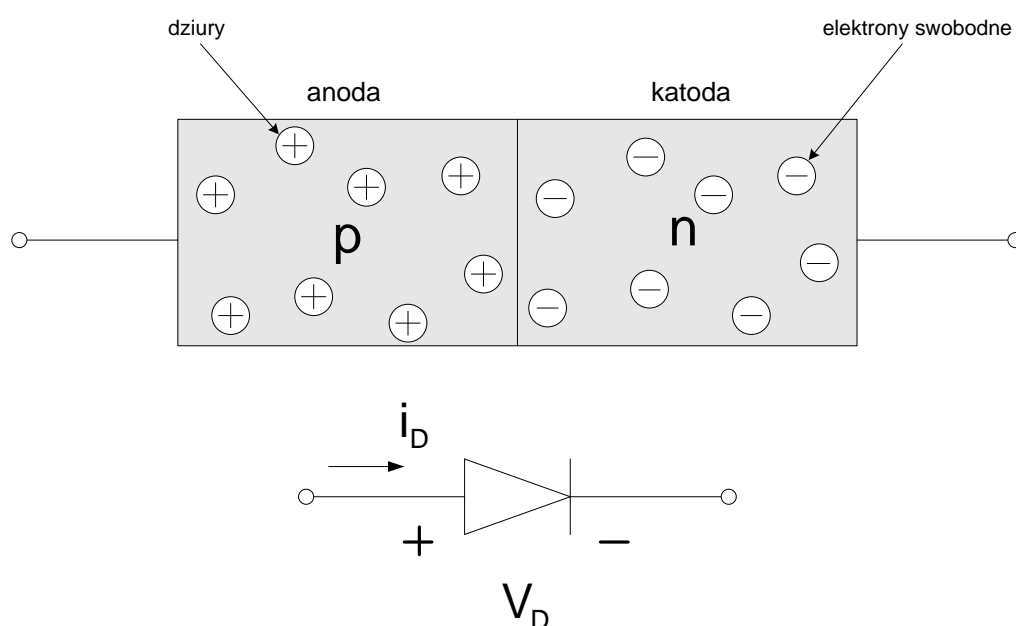
## Cel i ćwiczenia.

Celem ćwiczenia jest:

- zapoznanie się z przebiegiem charakterystyk prądowo-napięciowych diod różnych typów,
- zapoznanie się z metodami aproksymacji charakterystyk,
- poznanie parametrów diod.

## Zagadnienia teoretyczne.

W rezultacie połączenia półprzewodnika typu p z półprzewodnikiem typu n otrzymuje się element który z łatwością pozwala na przepływ ładunków w jednym kierunku, natomiast nie pozwala na przepływ tych ładunków w stronę przeciwną. To jest pierwszy nieliniowy element – rys 2.1.

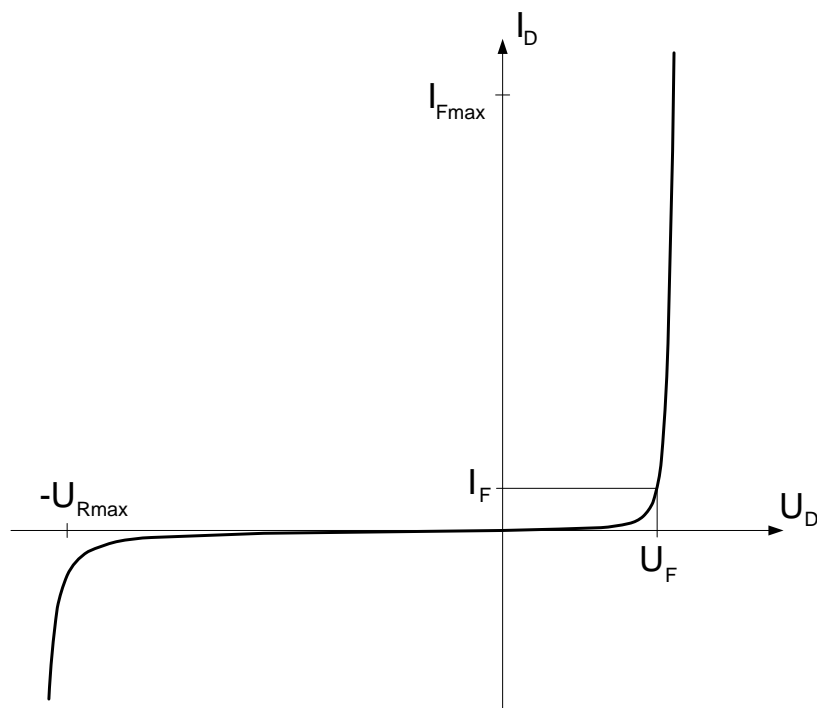


Rys. 2.1 Uproszczony fizyczny model diody oraz jej symbol.

Elektrony swobodne dążą do rekombinacji ze swobodnymi elektronami...

Gdy podłączyć zewnętrzne napięcie które ułatwia tą rekombinację (napięcie przewodzenia  $V_D > 0$ ) nośniki ładunków będą przepływały swobodnie.

Przy zewnętrznym napięciu które będzie przeciwdziałać rekombinacji (napięcie wsteczne  $V_D < 0$ ) przepływ nośników ładunków będzie ograniczony do zera.



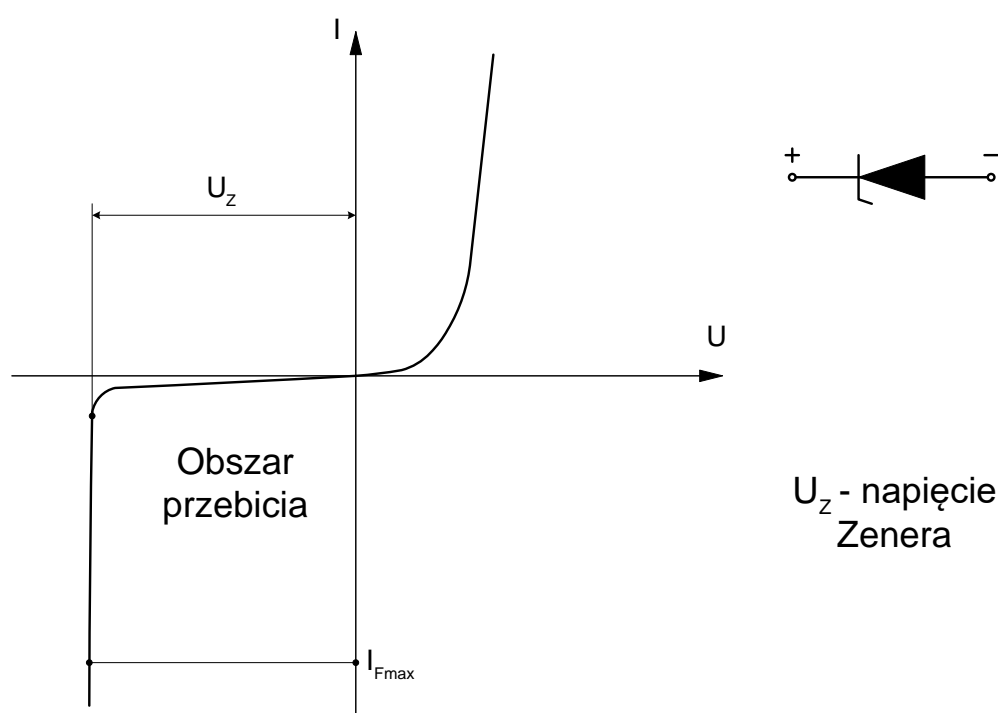
Rys 2.2 Charakterystyka prądowo-napięciowa diody.

Do grupy dopuszczalnych parametrów granicznych należą:

- prąd znamionowy w kierunku przewodzenia  $I_{F(AV)M}$  (jest to maksymalny średni prąd przewodzenia, czyli dopuszczalna wartość prądu stałego, który może płynąć przez diodę w kierunku przewodzenia),
- szczytowe napięcie wsteczne pracy  $U_{RWM}$  (jest to wartość określona podczas pracy diody w układzie prostownika jednofazowego, jednopółkowego, z obciążeniem rezystancyjnym, gdy  $f = 50 \text{ Hz}$ ),
- powtarzalny szczytowy prąd przewodzenia  $I_{FRM}$  (jest to dopuszczalny prąd szczytowy, jaki może popłynąć przez diodę, co okres przebiegu prostowanego, bez groźby jej zniszczenia),
- powtarzalne szczytowe napięcie wsteczne  $U_{RRM}$  (jest to wartość napięcia, jakie może pojawić się na diodzie, nawet na krótko, pod groźbą zniszczenia diody),
- niepowtarzalny szczytowy prąd przewodzenia  $I_{FSM}$  (jest to wartość prądu, której nie można przekroczyć, nawet na krótko, pod groźbą zniszczenia diody),
- niepowtarzalne szczytowe napięcie wsteczne  $U_{RSM}$  (jest to wartość napięcia, której nie można przekroczyć, nawet na krótko, pod groźbą zniszczenia diody),
- dopuszczalna moc wydzielana w diodzie  $P_{totM}$  (parametr ten jest ściśle związany z maksymalną dopuszczalną temperaturą złącza):
  - dla diod germanowych  
 $T_j = 75^\circ \text{C}$
  - dla diod krzemowych  
 $T_j = 75^\circ \text{C}$

Przebieg charakterystyki  $R = f(U)$  diody stanowi podstawę konstrukcji układu, który pozwala na prawidłowy pomiar charakterystyki statycznej prądowo-napięciowej diody prostowniczej.

Do poszczególne kategorii diod należą diody Zenera. Diody Zenera są krzemowymi diodami warstwowymi o ściśle określonych napięciach przebicia. Mogą one pracować w sposób ciągły w stanie przebicia przy ograniczeniu prądu za pomocą szeregowo włączonych oporników. W stanie przebicia spadek napięcia na diodzie przy zmianie prądu w szerokich granicach pozostaje stały. Wartość napięcia przebicia zależy rezystywności użytego krzemu. Przebieg charakterystyki napięciowo-prądowej diody Zenera i jej symbol przedstawiono na rys. 2.3. Moc diody Zenera którą podaje się obok jej symbolu dotyczy stanu przebicia. Jest to mianowicie iloczyn prądu znamionowego i napięcia Zenera.



Rys 2.3 Charakterystyka napięciowo-prądowa diody Zenera i jej symbol

Dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia posiada rezystancję bardzo małą. Stąd do pomiaru charakterystyki prądowo-napięciowej w kierunku przewodzenia wykorzystuje się tzw. układ dokładnego pomiaru napięcia (rys.3.1). W układzie tym woltomierz wskazuje dokładnie napięcie występujące na badanej diodzie. Natomiast amperomierz wskazuje sumę prądów: płynącego przez badaną diodę i przez woltomierz. Ponieważ rezystancja diody spolaryzowanej w kierunku przewodzenia jest pomijalnie mała w stosunku do rezystancji woltomierza, więc prąd płynący przez woltomierz jest pomijalnie mały w stosunku do prądu płynącego przez diodę. Stąd można uznać, że amperomierz wskazuje prąd płynący przez badana diodę.

Ze względu na znaczną rezystancję diody przy polaryzacji wstecznej, do pomiaru charakterystyki prądowo-napięciowej w kierunku wstecznym wykorzystuje się tzw. układ dokładnego pomiaru prądu (rys 3.2). W układzie tym amperomierz mierzy dokładnie prąd, który przepływa przez badaną diodę, zaś woltomierz – sumę spadków napięć na amperomierzu i na badanej diodzie. Ponieważ rezystancja wewnętrzna amperomierza jest pomijalnie mała w stosunku do rezystancji diody spolaryzowanej wstecznie, to jest pomijalnie mały również spadek napięcia na amperomierzu, w stosunku do spadku napięcia na diodzie.

Pomiary charakterystyk statycznych diod prostowniczych za pomocą woltomierza i amperomierza mają następujące wady: pomiary są długotrwałe, podczas pomiarów element badany nagrzewa się, więc zdjęta w ten sposób charakterystyka nie jest charakterystyką elementu badanego w jednej określonej temperaturze, nie można również przekroczyć mocy znamionowej elementu pod groźbą jego zniszczenia.

Układy są zasilane z zasilaczy stabilizowanych napięcia stałego, umożliwiających nastawianie żądanej wartości napięcia i zaprogramowanie dowolnej wartości prądu, wynikającego z katalogowych parametrów granicznych diody (zasilacze z automatycznie przełączaną stabilizacją napięcia lub prądu). Zabezpiecza to badane diody i zasilacz przed uszkodzeniem. Do pomiaru wartości napięcia i prądu mogą służyć przyrządy magnetoelektryczne: amperomierz, mikroamperomierz i woltomierz (mierniki uniwersalne). Można stosować także mierniki elektroniczne analogowe lub cyfrowe napięcia i prądu stałego (multimetry).

Diody przeznaczone do badań:

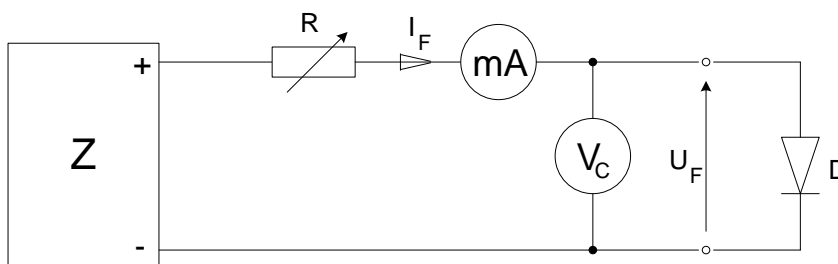
- |                |    |           |
|----------------|----|-----------|
| – prostownicza | D1 | - 1N4001  |
| – Zenera       | D2 | - BZX 55C |

**PRZED PRZYSTĄPIANIEM DO POMIARÓW NALEŻY ZAPOZNAĆ SIĘ Z PARAMETRAMI KATALOGOWYMI DIOD**

## Przebieg ćwiczenia – badania oraz pomiary.

1. Pomiar charakterystyki napięciowo-prądowej w kierunku przewodzenia  $U_F = f(I_F)$ .

Połączyć układ pomiarowy dla kierunku przewodzenia (rys. 1). Zmieniać napięcie zasilające od 0 V do takiej wartości przy której prąd znamionowy osiągnie wartość prądu  $I_F$ . Wyniki umieścić w Tabeli 1. Wykonać 10 pomiarów.



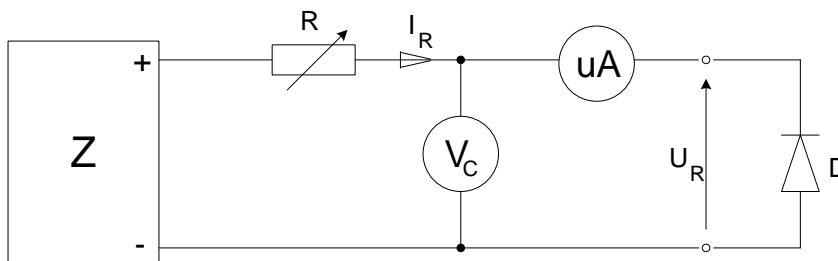
Rys. 1. Układ pomiaru charakterystyki diody w kierunku przewodzenia.

Tabela 1. Wyniki pomiarów charakterystyki przewodzenia.

$U_F$ [V]	$I_F$ [mA]
0	
$U_{F1}$	
$U_{F2}$	
:	

2. Pomiar charakterystyki napięciowo-prądowej w kierunku zaporowym  $U_R = f(I_R)$ .

Połączyć układ pomiarowy dla kierunku zaporowego rys. 2 a następnie zmieniać napięcie zasilające od 0 V do wartości podanej przez prowadzącego. Dla każdej jego wartości odczytać wartość prądu  $I_R$ . Wyniki umieścić w Tabeli 2. Wykonać 10 pomiarów.



Rys. 2. Układ do pomiaru charakterystyki diody w kierunku zaporowym.

Tabela 2. wyniki pomiarów charakterystyki zaporowej (Si – krzem, G - german).

$U_R$ [V]	$I_R$
0	
$U_{R1}$	
$U_{R2}$	
:	

### 3. Obliczanie wybranych statycznych parametrów diod.

#### a. Rezystancja statyczna w kierunku przewodzenia $R_F$ .

Na podstawie pomiarów zawartych w Tabeli 1 obliczyć rezystancję statyczną w kierunku przewodzenia  $R_F$  ze wzoru

$$R_F = \frac{U_F}{I_F}.$$

Wyniki zapisać w tabeli 3. Na ich podstawie wykreślić funkcje  $R_F = f(U_F)$ .

Tabela 3. Rezystancja statyczna w kierunku przewodzenia  $R_F$ .

Dioda	$I_F$ [mA]	$I_{F1}$	$I_{F2}$	$I_{F3}$	$I_{F4}$	$I_{F5}$	$I_{F6}$	...
D...	$R_F$ [ $\Omega$ ]							

#### b. Rezystancja statyczna w kierunku zaporowym $R_R$ .

Na podstawie pomiarów zawartych w Tabeli 2 obliczyć rezystancję statyczną w kierunku zaporowym  $R_R$  ze wzoru

$$R_R = \frac{U_R}{I_R}.$$

Wyniki zapisać w Tabeli 4. Na ich podstawie wykreślić funkcje  $R_R = f(U_R)$ .

Tabela 4. Rezystancja statyczna w kierunku zaporowym  $R_R$ .

Dioda	$U_R$ [V]	0	$U_{R1}$	$U_{R2}$	$U_{R3}$	$U_{R4}$	$U_{R5}$	...
D...	$R_R$ [k $\Omega$ ]							

#### c. Rezystancja dynamiczna $R_D$ .

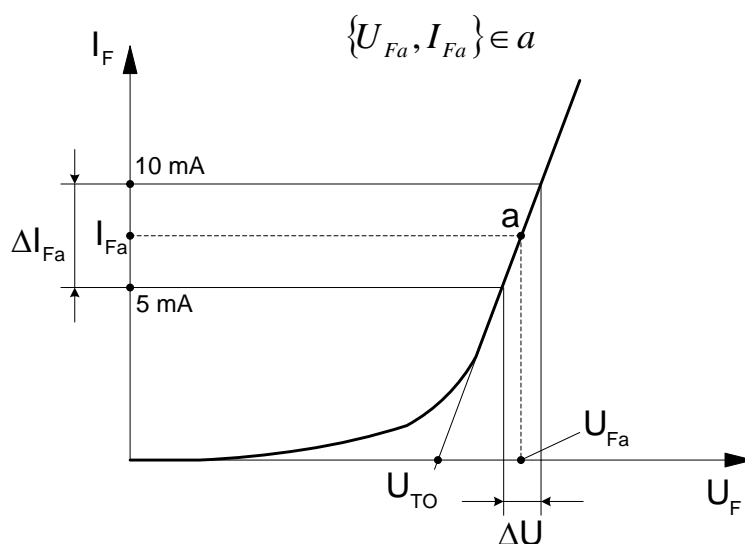
Na podstawie pomiarów zawartych w Tabeli 1. wykreślić charakterystyki napięciowo-prądowe diod w kierunku przewodzenia, wyznaczyć rezystancje dynamiczne  $R_d$  i wartość napięcia progowego  $U_{T0}$ . Na rysunku 3

przedstawiono konstrukcję w wyniku której otrzymuje się wartość rezystancji dynamicznej. Wybrano w tym celu punkt leżący poza zagięciem – punkt a. Punkt ten jest określony współrzędnymi  $U_{Fa}$ ,  $I_{Fa}$ . Należy przyjąć zmianę napięcia  $\Delta U_{Fa} \cong 0,1U_{Fa}$ . Wyznaczyć odpowiadające tym zmianom zmiany prądu  $\Delta I_{Fa}$  i określić rezystancję dynamiczną w tym punkcie, t.j.:

$$R_{da} = \frac{\Delta U_{Fa}}{\Delta I_{Fa}}$$

Rezystancja ta jest współczynnikiem kierunkowym stycznej w tym punkcie.

Wyniki obliczeń zapisać w tabeli 5. Rezystancja dynamiczna  $R_d$  określa nachylenie charakterystyki  $I_F = f(U_F)$  diody względem osi OX w punkcie pracy.



Rys. 3. Graficzna metoda wyznaczania rezystancji dynamicznej  $R_d$  i napięcia progowego  $U_{T0}$ .

Tabela 5. Rezystancja dynamiczna  $R_d$ .

Dioda	D1	D2	D3	D4	D5
$R_d$ [ $\Omega$ ]					

#### d. Napięcie progowe $U_{T0}$ .

Na podstawie charakterystyki  $I_F = f(U_F)$  wyznaczyć graficznie (patrz rys. 3.) napięcie progowe  $U_{T0}$  dla każdej z diod. Napięcie progowe określa w przybliżeniu wartość bariery potencjału złącza półprzewodnikowego diody. Wyniki zapisać w tabeli 6.

Tabela 6. Napięcie progowe  $U_{T0}$ .

Dioda	D1	D2	D3	D4	D5
$U_{T0}$ [V]					



Sprawozdanie powinno zawierać:

- schemat układu pomiarowego,
- dane katalogowe badanych diod,
- wykaz przyrządów pomiarowych,
- wyniki pomiarów zestawione w tabelach,
- obliczenia parametrów diod zapisane w tabelach:
- charakterystyki badanych diod na wspólnym wykresie:
  - $I_F = f(U_F)$  w zakresie przewodzenia,
  - $I_R = f(U_R)$  w zakresie zaporowym,
- charakterystyki rezystancji statycznych badanych diod na wspólnych wykresach:
  - $R_F = f(U_F)$  w zakresie przewodzenia,
  - $R_R = f(U_R)$  w zakresie zaporowym,
- oszacowanie dokładności stosowanych metod pomiarowych.