

## Temat: Badanie diod półprzewodnikowych.

### 1. Cel ćwiczenia:

Celem ćwiczenia jest poznanie budowy, zasad działania i właściwości diod prostowniczych i diod Zenera.

### 2. Wprowadzenie:

Właściwości elektryczne i chemiczne pierwiastków zależą od liczby elektronów znajdujących się na powłokach zewnętrznych atomów (walencyjnych). Atomy z czterema elektronami na ostatniej powłoce wchodzi do grupy pierwiastków wykazujących własności półprzewodnictwa. Półprzewodnik stawia opór przepływowi prądu pośredni między tym, który obserwuje się w przewodniku, a tym, który charakteryzuje izolator. Półprzewodniki różnią się od przewodników tym, że mają ujemny współczynnik temperatury „ $\alpha$ ” tzn. że wraz ze wzrostem temperatury rezystancja półprzewodnika maleje.

Wzór na zależność rezystancji od temperatury jest następujący:

$$R_g = R_0 [ 1 + \alpha ( T_g - T_0 ) ]$$

dla przewodników  $\alpha > 0$   $T \nearrow$  to  $R_g \nearrow$

dla półprzewodników  $\alpha < 0$   $T \nearrow$  to  $R_g \searrow$

Powszechnie stosowanymi półprzewodnikowymi materiałami są krzem i german, a ich domieszki są pierwiastkami z (III) i (V) grupy układu Mendelejewa.

Półprzewodniki dzielimy na:

- a) samoistne
- b) niesamoistne (typu „p” i typu „n”)

#### **ad. a)**

Czyste półprzewodniki o budowie monokrystalicznej, idealnej, nazywamy półprzewodnikami samoistnymi. W półprzewodnikach prąd elektryczny wywołany jest ruchem elektronów swobodnych i dziur. W przypadku doprowadzenia do półprzewodnika samoistnego napięcia, elektrony w paśmie przewodnictwa tworzą **prąd elektronowy**. Ruch elektronów w paśmie walencyjnym polegający na wypełnianiu dziur możemy traktować jako ruch ładunków dodatnich i nazywamy go **prądem dziurowym**. Wypadkowy prąd jest sumą prądu elektronowego i dziurowego, jest to bardzo mały prąd rzędu  $\mu\text{A}$ .

#### **ad. b)**

Rezystancja czystych materiałów półprzewodnikowych jest o wiele za duża, aby taki materiał mógł przewodzić prąd w zakresie od (mA) do (A). W związku z tym rezystancja półprzewodników musi być zmniejszona przez **domieszkowanie**. Domieszkowanie jest to precyzyjne dodawanie zanieczyszczeń (III) lub (V) wartościowych do półprzewodnika.

Rozróżniamy dwa rodzaje domieszek:

**-donorowa**, która wnosi elektrony **typu „n”** (negative)- piąta grupa pierwiastków układu Mendelejewa.

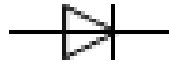
-**akceptorowa**, która wnosi dziury **typu „p”** (positive) – trzecia grupa pierwiastków układu Mendelejewa.

W zależności od rodzaju domieszki rozróżniamy dwa rodzaje półprzewodników niesamoistnych:

1. **typu „n”**, w którym ilość elektronów jest dużo większa niż ilość dziur.
2. **typu „p”**, w którym ilość dziur jest dużo większa niż ilość elektronów.

**Diodą półprzewodnikową** nazywamy element wykonany z półprzewodnika zawierający jedno złącze „p-n” z dwiema końcówkami wyprowadzeń. Jest to element pasywny, nieliniowy.

**Złączeniem** nazywa się atomowo ścisły styk dwóch półprzewodników, w którym odległości między stykającymi się obszarami są porównywalne z odległościami między atomami.



symbol diody

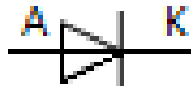
Diody można dzielić różnie w zależności od przyjętych kryteriów.

### 1.0 podział diod ze względu na materiał:

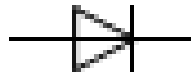
- krzemowe
- germanowe

### b) podział diod ze względu na ich cechy funkcjonalne :

- diody prostownicze



- diody uniwersalne



- diody stabilizacyjne



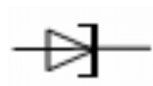
- dioda Schottky



- diody impulsowe



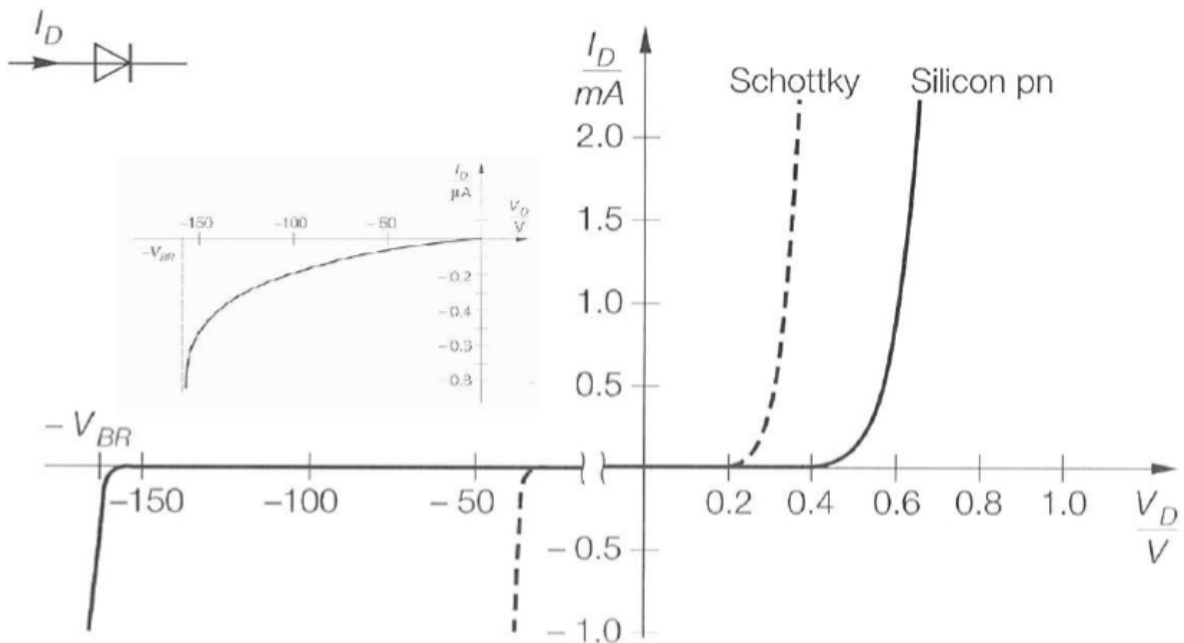
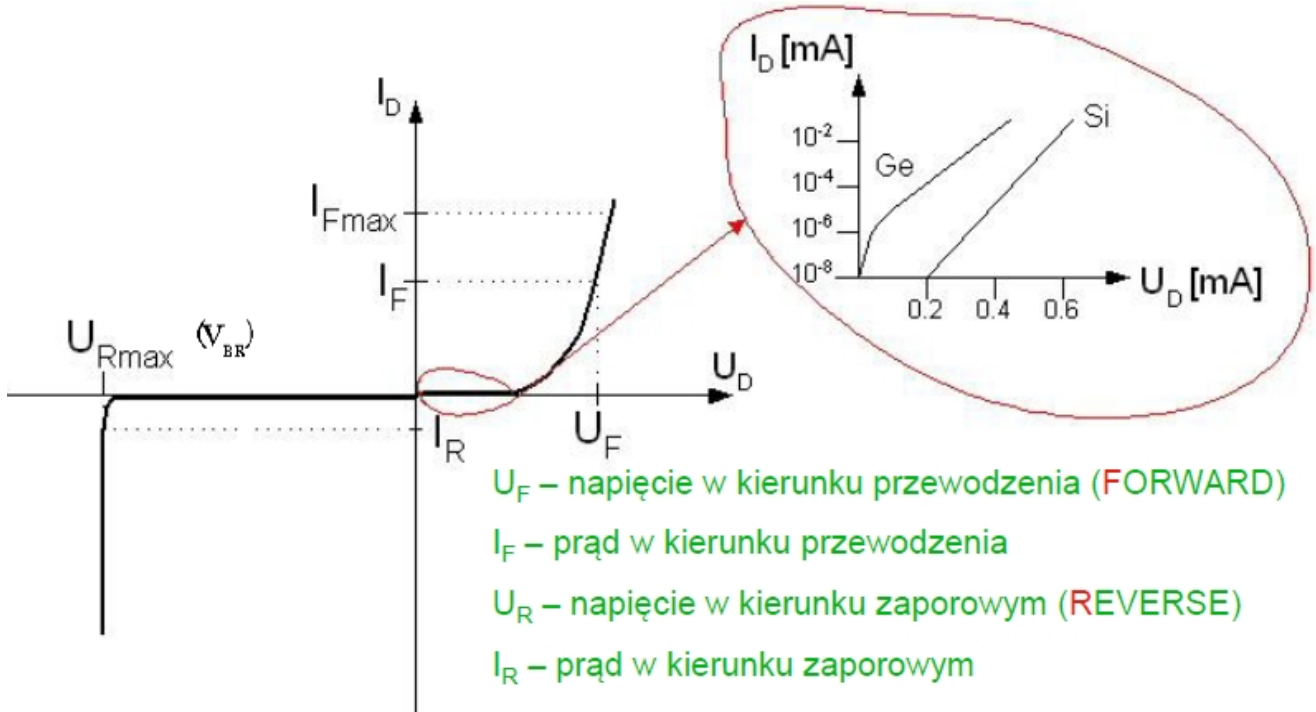
- diody tunelowe



- diody pojemnościowe

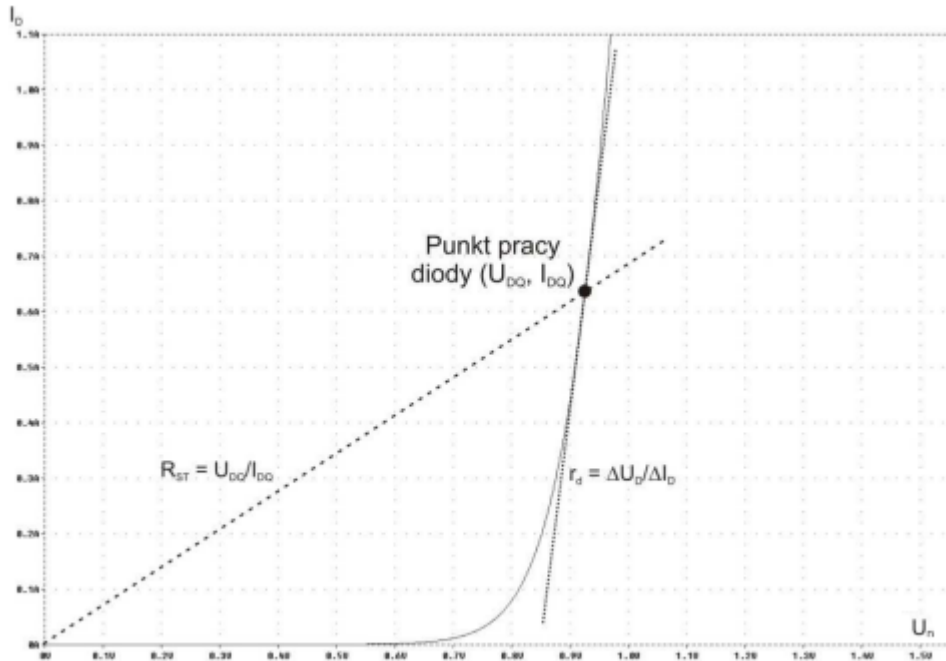


### Charakterystyka statyczna diody prostowniczej

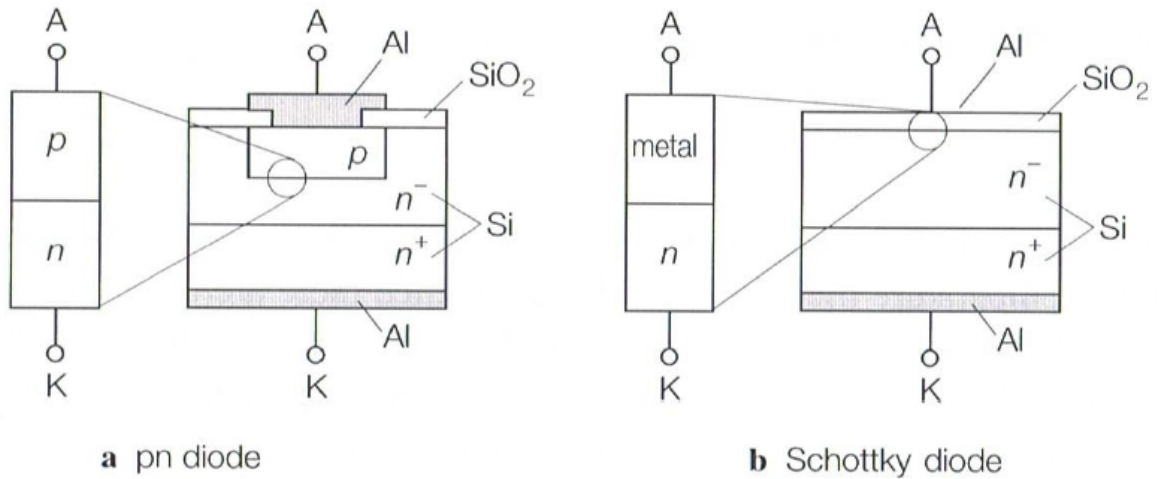


**Dla diod krzemowych przyjmuje się  $U_F = 0,7$  V (0,6- 0,8) V;**  
**Dla diod germanowych napięcie przewodzenia wynosi  $U_F = (0,2 - 0,4)$  V;**  
**Dla diod Schottky napięcie przewodzenia wynosi  $U_F = (0,3 - 0,4)$  V;**

Wyznaczanie graficzne rezystancji statycznej i dynamicznej z charakterystyki diody i innych wykresów.



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



Budowa diody, a) p-n, b) diody Schottky-iego.

Podstawowy wzór na prąd diody

$$I = I_R \left[ \exp \left( \frac{U_{AK}}{m \phi_T} \right) - 1 \right]$$

Uproszczenia dla diod małej i średniej mocy:  $m=1$  i pomijamy we wzorze „1”, wtedy:

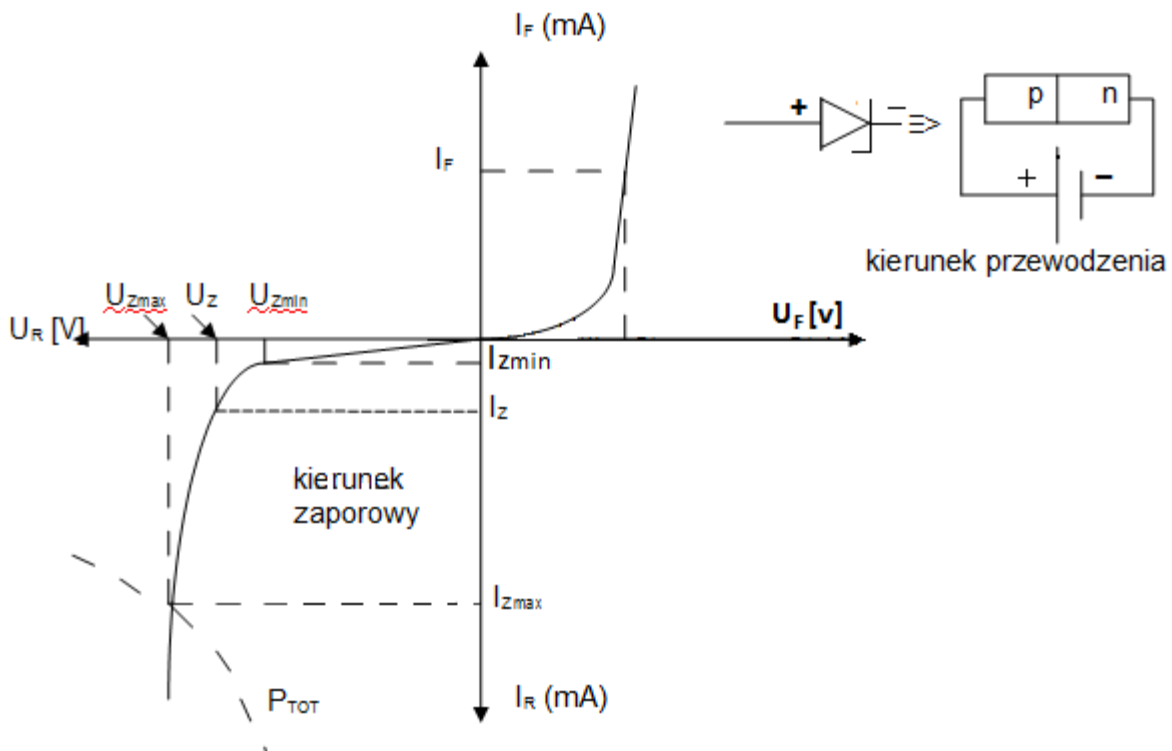
$$I = I_R \exp\left(\frac{U_{AK}}{\phi_T}\right)$$

gdzie  $\phi_T = 26 \text{ mV}$  dla temperatury pokojowej (  $25^\circ \text{ C}$  )  $\phi_T = kT/q$ .

Diody półprzewodnikowe – parametry:

1. prąd przewodzenia  $I_F$  (forward):
  - AV(M) (average) średni, maksymalny
  - RMS (root mean square) – skuteczny,
  - SM (surge maximum) impulsowy maksymalny, niepowtarzalny.
2. Napięcie przewodzenia  $U_F$  (forward);
3. Prąd wsteczny  $I_R$  (reverse);
4. Napięcie wsteczne  $U_R$  (reverse):
  - RMM (repetitive reverse maximum) – maksymalne, powtarzalne
  - SM (surge maximum) –impulsowe maksymalne.
5. Czas powrotu  $t_{rr}$ (recovery time)
6. Szybkość narastania  $U_{rd}UR/dt$
7. Moc
8. Zakres temperatur pracy
9. Rezystancja cieplna

### Charakterystyka statyczna diody Zenera



$U_F$ - napięcie w kierunku przewodzenia  
 $I_F$ - prąd w kierunku przewodzenia  
 $U_R$ - napięcie w kierunku zaporowym  
 $I_R$ - prąd w kierunku zaporowym  
 $U_{TO}$ - napięcie progowe  
 $U_Z$ - napięcie Zenera (stabilizacji)  
 $I_Z$ - prąd wsteczny płynący przez diodę przy napięciu Zenera  
 $P_{TOT}$ - maksymalna moc strat  
 $I_{Z\ max} = P_{TOT}/U_Z$  - max prąd stabilizacji  
 $I_{Z\ min}$ - min prąd stabilizacji  
 $U_{Z\ max}$ - max napięcie Zenera  
 $U_{Z\ min}$ - min napięcie Zenera

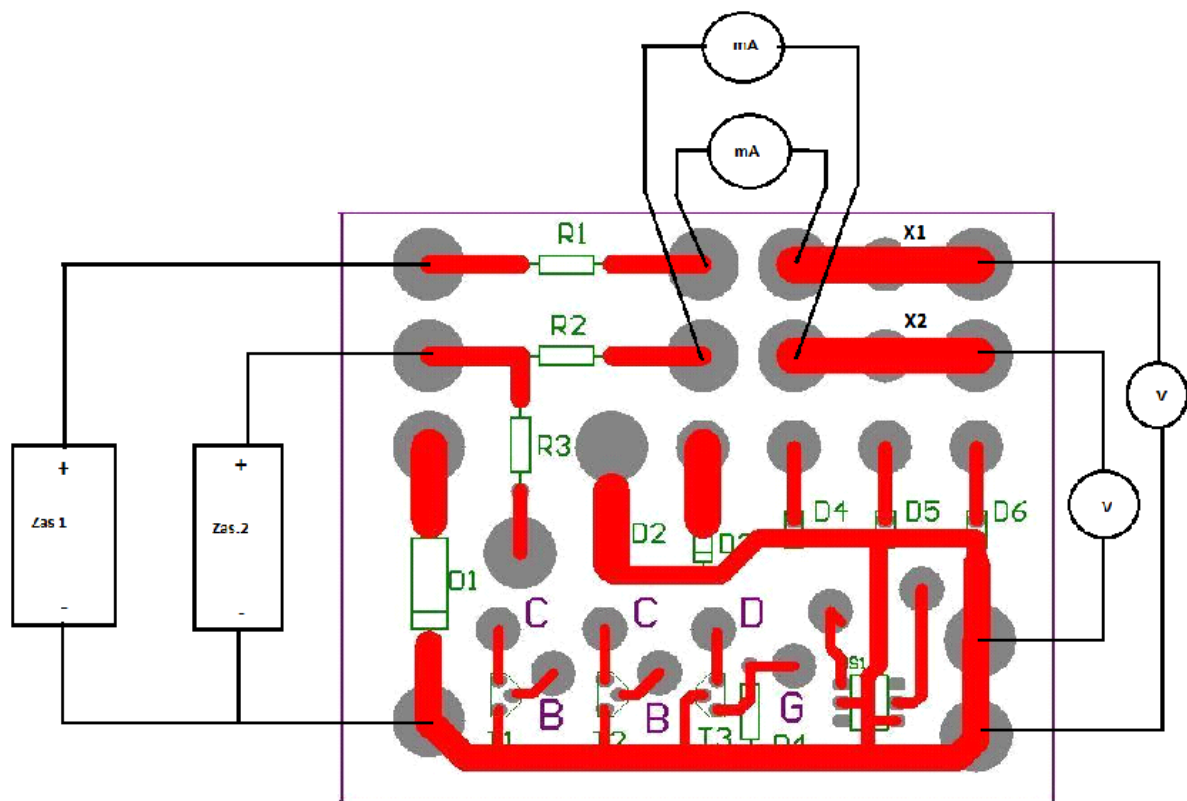
<b>Imię i nazwisko:</b> .....		<b>Klasa:</b> .....	<b>Stanowisko:</b> .....	<b>Nr w dzienniku:</b> .....	<b>KRYTERIA OCENIANIA</b>
Skład grupy: 1. .... 2. .... 3. ....					Do 49% - 1 50 – 60% - 2 61 – 75% - 3 76 – 85% - 4 86 – 95% - 5 > 95% - 6
<b>Temat ćwiczenia: Badanie diody prostowniczej</b>				<b>Data:</b> .....	
Przygotowanie do ćwiczenia	Wykonanie ćwiczenia		Sprawozdanie z ćwiczenia		
Pkt ...../ 4	Pkt ...../ 4		Pkt ...../ 12		
Suma punktów: .....				Procent punktów: .....	
Ocena z przeprowadzonego ćwiczenia: .....				Podpis nauczyciela: .....	

## 1. Badanie diod półprzewodnikowych

Celem ćwiczenia jest poznanie podstawowych własności różnego typu diod półprzewodnikowych. Aktualnie najczęściej stosowane są diody:

- prostownicze;
- impulsowe;
- stabilizacyjne;
- LED;
- pojemnościowe.
- 

### 2.0 Zestawienie przyrządów pomiarowych.



- Model do pomiaru parametrów diod półprzewodnikowych;
- Zasilacz regulowany szt. 1;
- Woltomierz lub miernik uniwersalny szt. 1;
- Miliamperomierz lub mierniki uniwersalne z odpowiednimi zakresami szt. 1.

Model pomiarowy do badania diod prostowniczych, Diody Zenera, diod LED (czerwona, zielona, niebieska), transoptora i tranzystorów bipolarnych i unipolarnych.

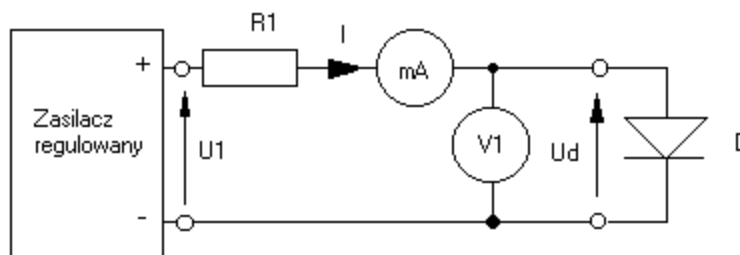
Model pomiarowy do badania diod półprzewodnikowych, transoptora i tranzystorów bipolarnych i unipolarnych.

Punkt X1 po połączeniu z jedną z diod D3 do D6 umożliwia pomiar ich charakterystyki. Łącząc rezystor R3 i mikroamperomierz do pierwszego gniazda X2 i do Bazy T1, a kolektor do X1 mamy badanie tranzystora bipolarnego itd. Tylko diody D1 i D2 na większe prądy powyżej 50 mA podłączyć należy przez rezystor zewnętrzny większej mocy.

### 3.0 Zadania do wykonania

#### 3.1 Wyznaczanie statycznej charakterystyki diody prostowniczej D1 i D2 w kierunku przewodzenia.

Wyznaczanie charakterystyki dokonujemy zgodnie z poniższym schematem.



$$R1 = 100 \Omega.$$

Rys. 1 Schemat układu pomiarowego do badania diody w kierunku przewodzenia.

Wykorzystaj model do pomiaru diod i tranzystorów. Podłącz diodę D2. Do podłączenia wykorzystaj:

- jeden zasilacz;
- jeden woltomierz napięcia stałego;
- jeden miliamperomierz;
- rezystor 100  $\Omega$ .



Wyniki pomiarów notujemy zgodnie z tabelą 1a dla diody D1, oraz tabeli 1b dla diody D2.

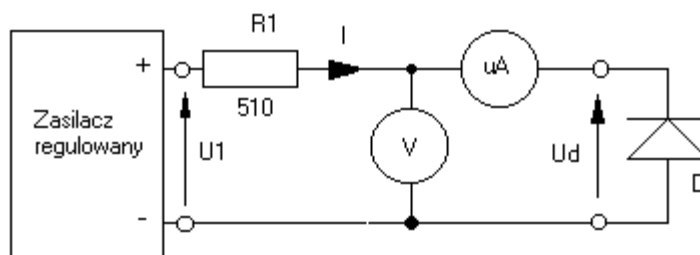
Tabela 1a

U <sub>d</sub> [V]	0.1	0.2										
I [mA]			1	5	10	20	50	100	150	200	250	

Tabela 1b

U <sub>d</sub> [V]	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5								
I [mA]						20	50	100	150	200	300	400	600

### 3.2 Wyznaczanie statycznej charakterystyki diody w kierunku zaporowym



Wyznaczanie charakterystyki dokonujemy zgodnie ze schematem rys. 2. R1 = 510 Ω.

Rys. 2. Schemat układu pomiarowego do badania diody w kierunku zaporowym.

Wyniki pomiarów notujemy w tabeli 2a dla diody D1, oraz tabeli 2b dla diody D2.

Tabela 2a

U <sub>d</sub> [V]	- 0.5	- 1.0	- 2.0	- 5.0	- 10.0	- 15.0	- 20.0	- 25.0
I [uA]								

Tabela 2b

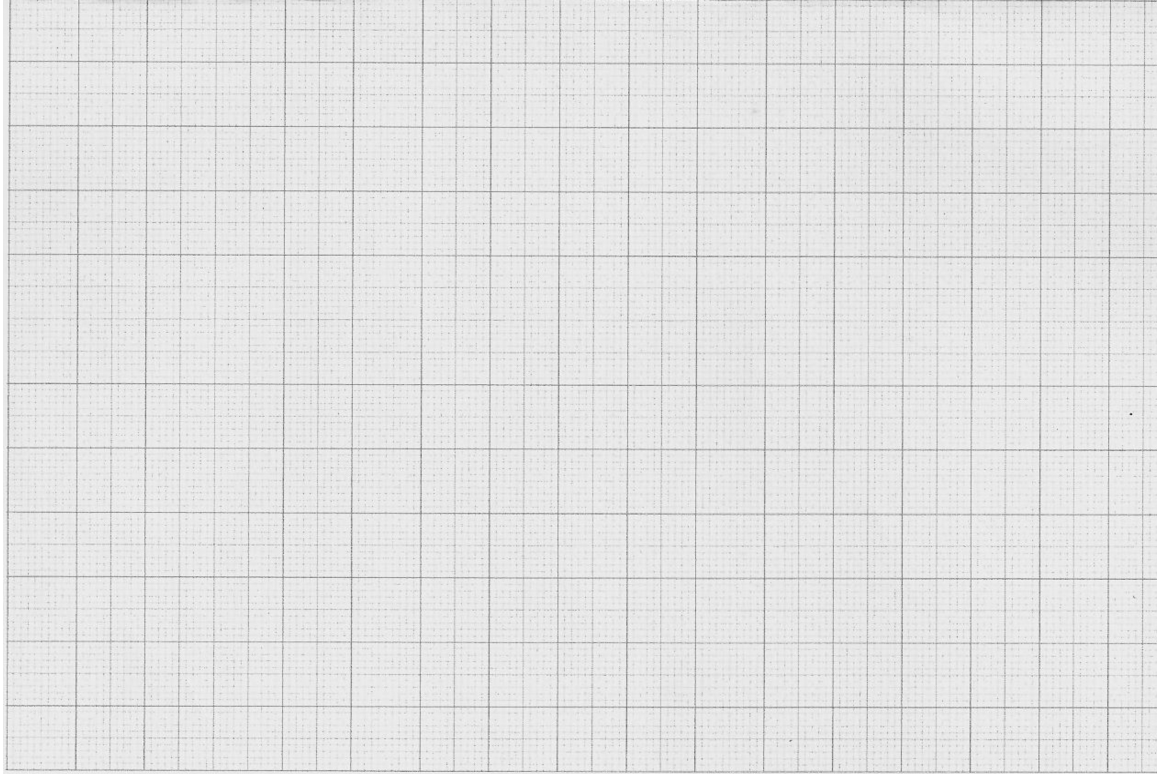
U <sub>d</sub> [V]	- 0.5	- 1.0	- 2.0	- 5.0	- 10.0	- 15.0	- 20.0	- 25.0
I [uA]								

#### 6.0 Opracowanie wyników:

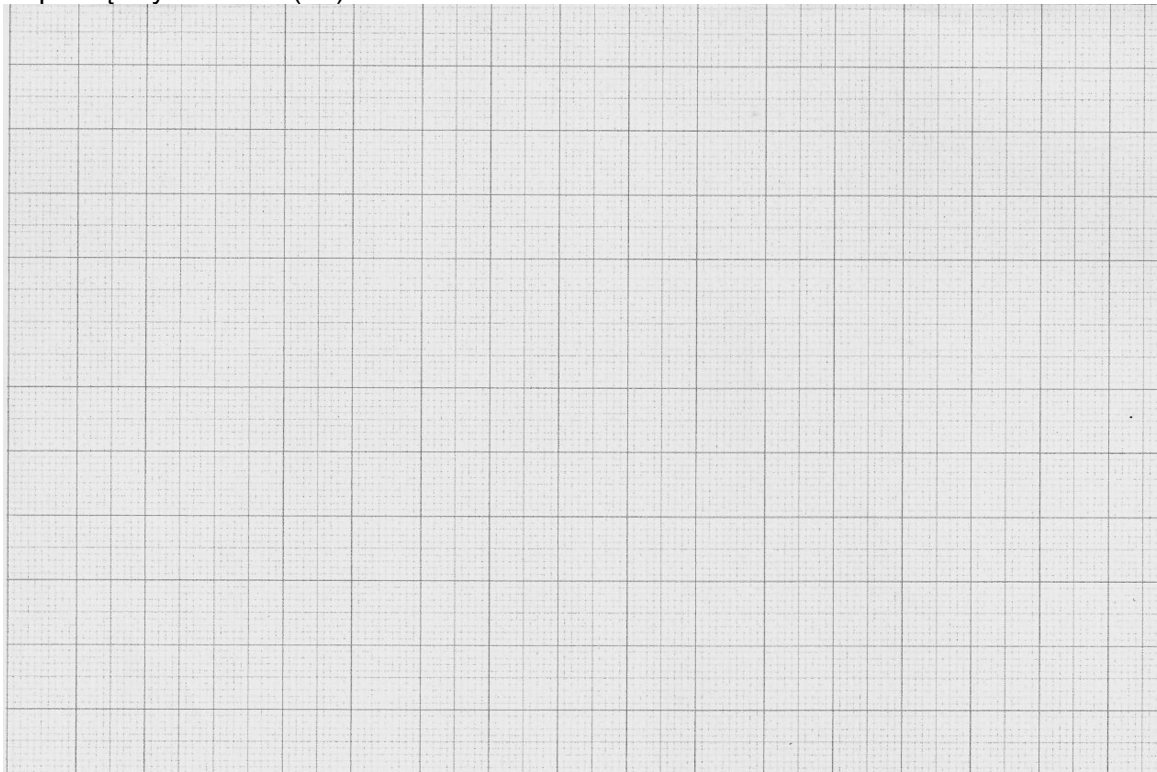
1. Narysować charakterystyki prądowo - napięciowe diód prostowniczych w kierunku przewodzenia ( pierwsza ćwiartka układu współrzędnych) i zaporowym (III ćwiartka układu współrzędnych).
2. Dla każdej diody wyznaczyć rezystancję statyczną diody przy polaryzacji w kierunku przewodzenia na „kolanie charakterystyki” I=10mA i na części liniowej dla prądu I= 150mA.
3. Dla każdej diody wyznaczyć rezystancję dynamiczną przy polaryzacji w kierunku przewodzenia dla zmian prądu od 10 do 50 mA oraz od 100 do 150 mA.
4. Na podstawie charakterystyki diod określić, które diody są krzemowe, a które germanowe.

5. W opracowaniu należy zamieścić przykładowe obliczenia rezystancji statycznej i dynamicznej badanych diod prostowniczych, oraz wnioski wynikające z uzyskanych charakterystyk.

Zależność prądu diody  $I_D$  od napięcia diody  $U_F$   $I_F = f(U_F)$ . Jeden wykres dla obu diód prostowniczych w kierunku przewodzenia.



Charakterystyka diod prostowniczych w kierunku zaporowym. Wykres w III ćwiartce układu współrzędnych.  $I_R = f(U_R)$ .



#### **4. Pytania**

1. Co to jest dioda?
2. Omów podział diod ze względu na ich cechy funkcjonalności.
3. Narysuj pięć symboli znanych Ci diod.
4. Do czego przeznaczone są diody prostownicze?
5. Co to jest prostowanie?
6. Narysuj charakterystykę prądowo - napięciową diody prostowniczej.
7. Co to jest rezystancja statyczna diody?
8. Co to jest rezystancja dynamiczna diody?
9. Jak łączymy diody aby zwiększyć ich obciążalność prądową?
10. Jak łączymy diody aby zwiększyć ich dopuszczalne napięcie wsteczne?
11. Ile wynosi rezystancja diody w kierunku przewodzenia?