

## LABORATORIUM

### MATERIAŁOZNAWSTWO ELEKTROTECHNICZNE

#### Ćwiczenie nr 10

### Wyznaczanie temperaturowych zależności prądu wstecznego diod wykonanych z różnych materiałów półprzewodnikowych

Lublin 2025 r.

1



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.  
Utwór dostępny jest na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowe.

## Cel ćwiczenia

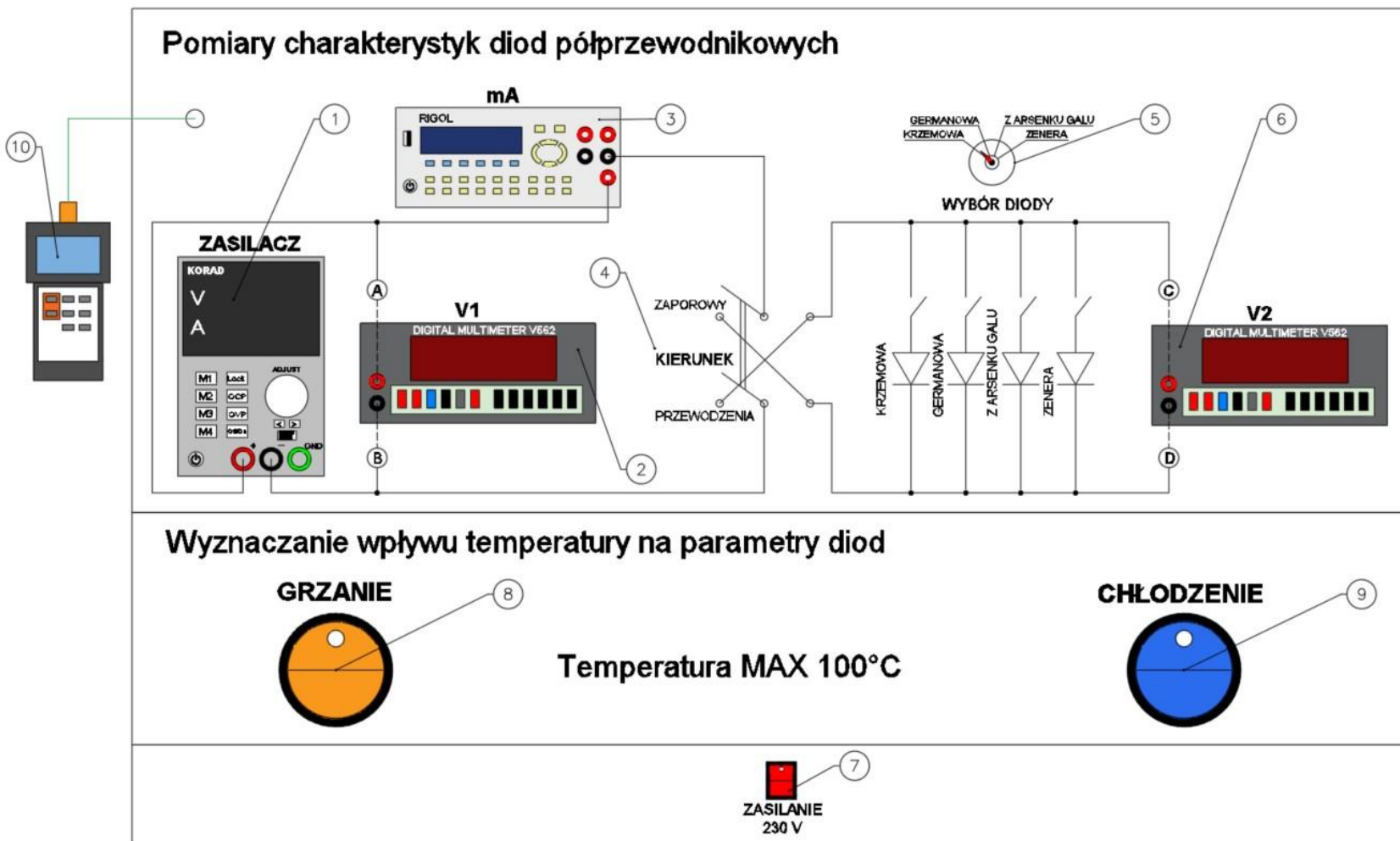
Celem ćwiczenia jest zbadanie i analiza temperaturowych właściwości złączy p - n, wykonanych z różnych materiałów półprzewodnikowych.

## Zakres ćwiczenia

Parametry temperaturowe półprzewodnikowych złączy p-n wykonanych z różnych materiałów zostaną przeanalizowane poprzez pomiar prądu wstecznego diod półprzewodnikowych krzemowej oraz germanowej przy stałym napięciu dla zmiennej temperatury. Pozwoli to na wykreślenie charakterystyk logarytmicznych prądu wstecznego w funkcji odwrotności temperatury. I na jej podstawie określona zostanie wartość szerokości przerwy energetycznej złącza.

## Stanowisko pomiarowe

W niniejszym ćwiczeniu wykorzystano stanowisko pomiarowe, którego schemat przedstawiono na rysunku 1. Stanowisko to pozwala na wyznaczenie zależności prądu wstecznego diody w funkcji temperatury  $I = f(T_p)$  dla czterech rodzajów diod półprzewodnikowych: krzemowej, germanowej, z arsenku galu oraz diody Zenera. Badane próbki umieszczone są w probówce wypełnionej olejem. Do probówki doprowadzona jest termopara sprzężona z cyfrowym miernikiem temperatury pozwalająca na pomiar temperatury wewnątrz układu. Układ pomiarowy jest podgrzewany przez wbudowaną grzałkę ponadto w celu przyspieszenia procesu chłodzenia próbek stanowisko jest w układ chłodzenia składający się z wentylatorów.



Rysunek 1. Widok płyty czołowej stanowiska laboratoryjnego do pomiaru charakterystyk diod półprzewodnikowych z uwzględnieniem przełączników, wykorzystywanych podczas pomiarów

Oznaczenia do rysunku 1:

- 1 – miejsce przyłączenia zasilacza prądu stałego,
- 2 – miejsce przyłączenia woltomierza V1, mierzącego napięcie przy włączeniu diody w kierunku zaporowym,
- 3 – miejsce przyłączenia miliamperomierza, mierzącego prąd przepływający przez diodę,
- 4 – przełącznik kierunku pracy diody (przewodzenia / zaporowy),
- 5 – przełącznik wyboru diody,
- 6 – miejsce przyłączenia woltomierza V2, mierzącego napięcie przy włączeniu diody w kierunku przewodzenia,
- 7 – wyłącznik główny stanowiska,
- 8 – wyłącznik układu grzania diod,
- 9 – wyłącznik układu chłodzenia diod,
- 10 – miernik temperatury.

### **Wykaz urządzeń i aparatury**

- Stanowisko do badań diod półprzewodnikowych,
- Zasilacz KORAD KA3005P,
- Mutimetr RIGOL DM3058,
- Woltomierz MERATRONIK V562,
- Termometr cyfrowy LUTRON TM-906A

## **Wykonanie ćwiczenia**

### **Badanie wpływu temperatury na właściwości diod półprzewodnikowych**

W celu wykonania badania prądu wstecznego w funkcji temperatury należy:

- podłączyć stanowisko laboratoryjne do gniazda zasilającego i włączyć zasilanie przyciskiem (7) na przedniej ścianie stanowiska,
- w miejscu (1), oznaczonym na rysunku 1, podłączyć zasilacz laboratoryjny KORAD KA3005P,
- przełącznikiem (4) ustawić kierunek pracy diody na zaporowy,

4



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.  
Utwór dostępny jest na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowe.

- miliamperomierz należy podłączyć zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 1. Na płycie czołowej amperomierza należy wcisnąć pomiar prądu stałego (I z kreską) oraz ustawić zakres automatyczny (przycisk AUTO),
- przełącznikiem (5) dokonać wyboru diody do pomiaru. Wybór danego rodzaju diody sygnalizowany jest zapaleniem się lampki obok nazwy elementu, którego charakterystykę będziemy wyznaczać,
- podłączyć czujnik temperatury do termopary wyprowadzonej ze stanowiska, a następnie go włączyć i ustawić rozdzielczość wyświetlanej temperatury do części dziesiętnych stopni Celsjusza,
- na zasilaczu laboratoryjnym ustawić ograniczenie prądowe na 1 A, naciskając przycisk **M3**, na dolnym wyświetlaczu zasilacza pojawi się wartość 1 A oraz zapali się dioda kontrolna,
- ustawić napięcie 3V na zasilaczu laboratoryjnym, a następnie przyciskiem Off/On uruchomić pracę zasilacza, powinna zaświecić się dioda na wyświetlaczu w pozycji (OUT),
- włącznikiem (8) uruchomić grzałkę i uważnie obserwować wskazania miernika temperatury,
- w momencie, gdy temperatura układu osiągnie wartość **85°C wyłączyć grzałkę**, bezwładność cieplna układu spowoduje osiągnięcie temperatury próbek nieznacznie powyżej 100°C i zacznie spadać,
- gdy temperatura opadając osiągnie wartość 100°C rozpocząć pomiar odczytując wartość prądu wstecznego diod z amperomierza,
- wykonać pomiary w zakresie temperatur od 100°C do 25°C zgodnie z tabelą 1. Punkty pomiarowe ułożone są naprzemiennie co 2,5°C co umożliwia jednoczesny pomiar zarówno diody krzemowej jak i germanowej, w trakcie pomiarów przełączać przełącznikiem (5) pomiędzy diodą krzemową i germanową,
- gdy temperatura spadnie poniżej 80°C należy włączyć chłodzenie przyciskiem (9),
- wyniki zanotować w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki pomiarów diod półprzewodnikowych z krzemu i germany w kierunku zaporowym dla różnych temperatur.

U <sub>2</sub>	Krzem				German			
	t <sub>p</sub>	T <sub>pk</sub>	I	I <sub>a</sub>	t <sub>p</sub>	T <sub>pk</sub>	I	I <sub>a</sub>
	°C	K	μA	A	°C	K	μA	A
3V	100				97,5			
	95				92,5			
	90				87,5			
	85				82,5			
	80				77,5			
	75				72,5			
	70				67,5			
	65				62,5			
	60				57,5			
	55				52,5			
	50				47,5			
	45				42,5			
	40				37,5			
	35				32,5			
	30				27,5			
	25				25,5			

## Opracowanie wyników

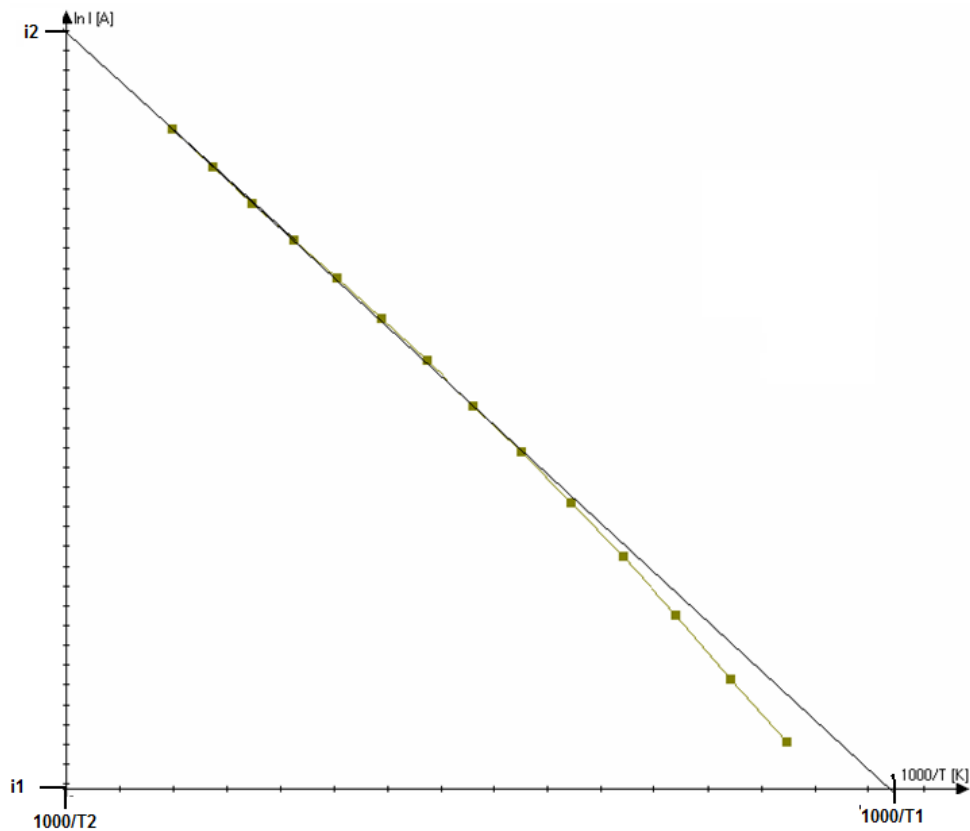
Na podstawie uzyskanych wyników należy wykreślić charakterystyki prądu wstecznego zbadanych diod półprzewodnikowych w postaci  $\ln(I_a) = f(1000/T_{pk})$ . W celu określenia poprawnej wartości przerwy energetycznej temperatury pomiarowe należy przeliczyć na temperaturę w kelwinach (K) zgodnie ze wzorem (1) i umieścić w tabeli 1.

$$T_{pk} = (t_p + 273), K \quad (1)$$

Z wykresu należy wybrać odcinek prostoliniowy o największej stromości i wykreślić przedłużenie tego odcinka. Następnie odczytać wartości  $i_1$  i  $i_2$  oraz  $1000/T_1$  i  $1000/T_2$  będące współrzędnymi punktów przecięć tego przedłużenia z osią OX i OY (patrz. rysunek 2). W celu określenia wartości przerwy energetycznej  $E_G$  należy skorzystać ze wzoru (2):

$$E_G = \frac{\ln \frac{i_1}{i_2} \cdot 2000k}{\frac{1000}{T_1} - \frac{1000}{T_2}} \quad (2)$$

gdzie:  $k$  – stała Boltzmana =  $8,625 \cdot 10^{-5}$  eV/K



Rysunek 2.1 Przykładowy wykres zależności  $\ln(i) = f(1000/T_p)$  wraz z wykreśloną styczną, wyznaczającą wartości  $i_1$ ,  $i_2$  oraz  $1000/T_1$ ,  $1000/T_2$ .

Drugą metodą możliwą do wykorzystania w celu określenia wartości przerwy energetycznej jest wykonanie w arkuszu kalkulacyjnym aproksymacji liniowej prostoliniowego odcinka wykresu  $\ln(I_a) = f(1000/T_{pk})$ , a następnie odczytanie z parametrów tej aproksymacji wartości współczynnika kierunkowego. Należy jednak pamiętać, że wartości prądów są przedstawione w postaci logarytmicznej w związku

z powyższym należy wybrać aproksymację wykładniczą. Wartość przerwy energetycznej obliczamy wtedy ze wzoru (3).

$$E_G = a \cdot 2000k \quad (3)$$

gdzie:  $a$  – wartość współczynnika kierunkowego prostej

## Wykonanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- schematy układów pomiarowych,
- tabele wyników przeprowadzonych pomiarów,
- przykładowe obliczenia
- charakterystyki  $\ln(i) = f(1000/T)$
- wartości przerwy energetycznej  $E_G$
- uwagi i wnioski odnośnie otrzymanych wyników.