



**ĆWICZENIE
44a**

**POMIAR ZALEŻNOŚCI OPORU METALI
I PÓŁPRZEWODNIKÓW OD TEMPERATURY**

Instrukcja wykonawcza

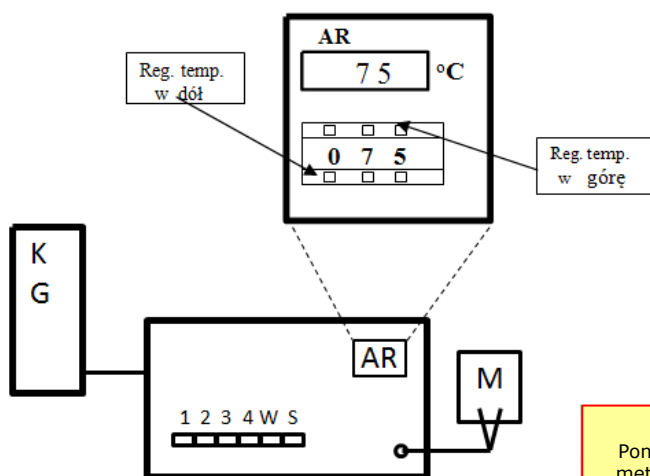
1. Wykaz przyrządów

1. Komora pomiarowa K zawierająca: badane próbki (metalowe i półprzewodnikowe), grzejnik G i wentylator
2. Jednostka sterująca zawierająca: wyłącznik sieciowy S, regulator temperatury AR, przełączniki 1, 2, 3, 4 podłączające wybraną próbkę do miernika oporu M, wyłącznik wentylatora W
3. Miernik oporu M

2. Cel ćwiczenia

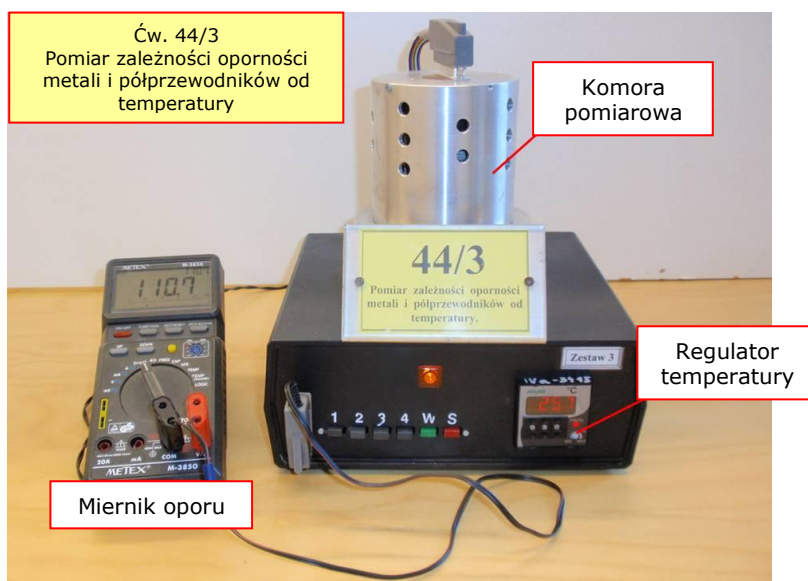
Pomiar oporu elektrycznego metalu i półprzewodnika w funkcji temperatury oraz wyznaczenie temperaturowego współczynnika oporu (rezystancji) metalu i szerokości pasma wzbronionego półprzewodnika (tzw. przerwy wzbronionej).

3. Schemat układu pomiarowego



- M - mierniki oporu
- K - komora pomiarowa
- G - grzejnik
- AR - regulator temperatury
- S - wyłącznik sieciowy
- W - wyłącznik wentylatora
- 1, 2, 3, 4 - klawisze podłączające do miernika oporu jedną z czterech próbek

Rys. 1. Schemat układu pomiarowego.



Rys.2. Stanowisko pomiarowe.

4. Przebieg pomiarów

1. Podłączyć miernik M do wyjścia badanych próbek.
2. Na regulatorze temperatury ustawić wartość mniejszą od temperatury pokojowej, np. 15°C.
3. Włączyć zasilanie urządzenia S (sprawdzić czy wentylator W jest wyłączony). Odczytać temperaturę próbek oraz ich opory. Następnie podwyższać stopniowo temperaturę, np. co ok. 5 °C. Po ustabilizowaniu się temperatury odczytywać wskazywane przez mierniki wartości temperatury i oporu próbek. Pomiary wykonać do temperatury ok. **100 °C**.

Może występować drobna różnica między wartościami temperatury: nastawioną, a wskazywaną. **NIE PRZEKRACZAĆ 110 °C !**

4. Schłodzić próbki: regulator temperatury ustawić na 20 °C i włączyć wentylator. Przed opuszczeniem stanowiska pomiarowego wyłączyć wentylator W i zasilanie urządzenia S.

5. Opracowanie wyników

1. Na podstawie wyników pomiarów ustalić które próbki są wykonane z metalu, a które z półprzewodnika. Do dalszej analizy wybrać jedną próbkę metalową i jedną półprzewodnikową.
2. Na podstawie pomiarów narysować wykres zależności: $R_m = f(t)$ dla metalu oraz $\ln R_s = f(1000/T)$ dla półprzewodnika. T oraz t oznaczają temperaturę wyrażoną odpowiednio w Kelwinach i stopniach Celsjusza.
3. Na wykresach dla wybranych punktów pomiarowych zaznaczyć graficznie niepewności pomiarowe wynikające z dokładności użytych przyrządów.

- 4.a) Metodą regresji liniowej wyznaczyć wraz z niepewnościami współczynniki a i b prostej najlepiej dopasowanej do punktów pomiarowych zależności $R_m = f(t)$ dla metalu. Nanieść tę prostą na wykres.

Porównując równanie wyznaczonej prostej

$$y = a \cdot x + b$$

z równaniem na opór metalu w funkcji temperatury

$$R_m(t) = R_o \cdot \alpha \cdot t + R_o$$

wyznaczyć temperaturowy współczynnik oporu α występujący w równaniu.

Zauważając, że zmienna x odpowiada temperaturze t , z porównania wynika, że

$$a = R_o \cdot \alpha \quad \text{oraz} \quad b = R_o.$$

Stąd otrzymujemy:

$$\alpha = \frac{a}{R_o}, \quad \text{czyli:} \quad \alpha = \frac{a}{b}. \quad (1)$$

Mając uzyskane metodą regresji liniowej współczynniki prostej a i b oraz ich niepewności $u(a)$ i $u(b)$, na podstawie ostatniego równania (1) obliczyć niepewność złożoną $u_c(\alpha)$ temperaturowego współczynnika oporu.

- b) Wiemy, że w zakresie wyższych temperatur w półprzewodniku dominuje przewodnictwo samoistne, a więc opór półprzewodnika opisany jest równaniem:

$$R_s = R_{s,o} \exp \frac{E_g}{2kT}.$$

Po zlogarytmowaniu tego równania otrzymujemy $\ln R_s = \frac{E_g}{2kT} + \ln R_{s,o}$,

co można zapisać w postaci:

$$\ln R_s = 10^{-3} \frac{E_g}{2k} \cdot \frac{1000}{T} + \ln R_{s,o}. \quad (2)$$

Widzimy, że jest to zależność liniowa $\ln R_s$ od $1000/T$.

Metodą regresji liniowej wyznaczyć wraz z niepewnościami współczynniki A i B prostej najlepiej dopasowanej do punktów pomiarowych zależności $\ln R_s = f(1000/T)$ dla półprzewodnika. Nanieść tę prostą na wykres.

Porównując równanie wyznaczonej prostej

$$y = A \cdot x + B$$

z równaniem (2) i zauważając, że $1000/T$ odpowiada zmiennej x wyznaczyć szerokość pasma wzbronionego E_g . Z tego porównania wynika, że:

$$10^{-3} \frac{E_g}{2k} = A$$

Zatem:
$$E_g = 2000 \cdot k \cdot A, \quad (3)$$

gdzie: $k = 1,3806 \cdot 10^{-23}$ J/K - stała Boltzmannna.

Mając uzyskany metodą regresji liniowej współczynnik kierunkowy prostej A i jego niepewność $u(A)$, na podstawie równania (3) obliczyć niepewność $u_c(E_g)$ przerwy wzbronionej (niepewność stałej Boltzmana pomijamy).

4. Wyniki pomiarów i obliczeń wpisać do odpowiednich tabel.

6. Informacje dodatkowe

Szerokość przerwy energetycznej E_g w półprzewodniku wyrazić w dżulach [J] i elektronowoltach [eV].

7. Proponowane tabele (do zatwierdzenia u prowadzącego)

Tabela 1. Wyniki pomiarów temperatury i oporu metalu oraz obliczeń współczynników linii prostej i temperaturowego współczynnika oporu oraz ich niepewności.

l. p.	t	R_m	a	b	α
	$^{\circ}\text{C}$	Ω	$\frac{\Omega}{^{\circ}\text{C}}$	Ω	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
1					
2					
3					
⋮					
n					
ΔX	(1)	(1)			
$u(X)$	(1)	(1)	(2)	(2)	
$u_c(X)$					

(1) Obliczenia Δt , $u(t)$, ΔR_m , $u(R_m)$ przeprowadzić dla jednej wybranej liczby porządkowej l.p.

(2) Niepewności $u(a)$ i $u(b)$ otrzymane metodą regresji liniowej.

Tabela 2. Wyniki pomiarów temperatury i oporu półprzewodnika oraz obliczeń współczynnika kierunkowego prostej i szerokości przerwy wzbronionej oraz ich niepewności.

l. p.	t	$1000/T$	R_S	$\ln R_S$	A	E_g	E_g
	$^{\circ}\text{C}$	$\frac{1}{\text{K}}$	Ω		K	J	eV
1							
2							
3							
⋮							
n							
ΔX	(3)		(3)				
$u(X)$	(3)		(3)		(5)		
$u_c(X)$		(3)		(3) (4)			

(3) Obliczenia Δt , $u(t)$, $u_c(1000/T)$, ΔR_S , $u(R_S)$, $u_c(\ln R_S)$ przeprowadzić dla jednej wybranej liczby porządkowej l.p.

(4) $u_c(\ln R_S) = u(R_S) / R_S$.

(5) Niepewność $u(A)$ otrzymana metodą regresji liniowej.