

Laboratorium Fizyki Ciała Stałego	<b>4</b>	<b>Badanie oporu w funkcji temperatury (metale, półprzewodniki)</b>	Zespół w składzie:
Wydział:	Kierunek:	Rok:	
Data wykonania:	Data oddania:	Ocena:	

## Cel ćwiczenia

Utrwalenie wiadomości na temat przewodnictwa elektrycznego i struktury pasmowej półprzewodników. Zapoznanie się z zależnością temperaturową oporu elektrycznego dla metali i półprzewodników i charakteryzującymi ją parametrami fizycznymi. Wyznaczenie przerwy energetycznej w półprzewodnikach z pomiaru przewodności.

## Wymagane wiadomości teoretyczne

Opór elektryczny, opór właściwy. Temperaturowa zależność oporu elektrycznego dla metali. Oporność resztkowa. Struktura pasmowa półprzewodnika – pasmo walencyjne i przewodnictwa. Poziomy domieszkowe. Przerwa energetyczna. Temperaturowa zależność oporu elektrycznego dla półprzewodników.

## Literatura

- Karol Krop (red.), *Fizyka Ciała Stałego . Laboratorium*, Skrypt Uczelniany AGH nr 900, <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/skrypty2/0162/>
- C. Kittel, *Wstęp do fizyki ciała stałego*, PWN (wydanie dowolne)

## Instrukcja wykonania ćwiczenia

1. Włączyć multimetry (omomierze) służące do pomiaru oporu elektrycznego wzorcowego opornika platynowego oraz badanych półprzewodników. Multimetry podłączone do termistora oraz próbki InSb ustawić na pomiar rezystancji elektrycznej w stałym, najmniej czułym zakresie pomiarowym 00.000M $\Omega$  przy użyciu klawiszy Hi/Lo.
2. U uruchomić pompę próżniową odpompowującą (szklany) kriostat. Pompa powinna być włączona przez cały czas wykonywania ćwiczenia.
3. Wlać ciekły azot do naczynia Dewara (termosu) i ustawić go pod kriostatem. Odczekać 5 minut w celu odpompowania kriostatu.
4. Ostrożnie zanurzyć kriostat w ciekłym azocie (kręcąc czarnym pokrętkiem przy statywie). Wykonać punkt A opracowania wyników w czasie oczekiwania na ochłodzenie próbki, osiągnięcie przez termometr platynowy oporu niższego od 38 $\Omega$ .
5. Włączyć zasilacz grzałki (przekręcając pokrętko na obudowie zasilacza).
6. Zapisywać (w tabeli punktu B opracowania) opór termometru platynowego co 2 $\Omega$  poniżej 50 $\Omega$  i co 4 $\Omega$  powyżej 50 $\Omega$  i równocześnie (w tej samej temperaturze) opór próbek półprzewodnikowych (InSb oraz termistora). Wraz ze wzrostem temperatury zmiana oporu będzie coraz wolniejsza. Aby zapobiec temu efektowi należy stopniowo wysuwać kriostat z naczynia Dewara z ciekłym azotem.
7. Pomiar prowadzić do osiągnięcia oporu termometru platynowego równego 130 $\Omega$ .
8. Wyłączyć zasilacz grzałki i wysunąć kriostat z ciekłego azotu.
9. Dokończyć opracowanie wyników i podsumować ćwiczenie.
10. Wyłączyć pompę kriostatu.

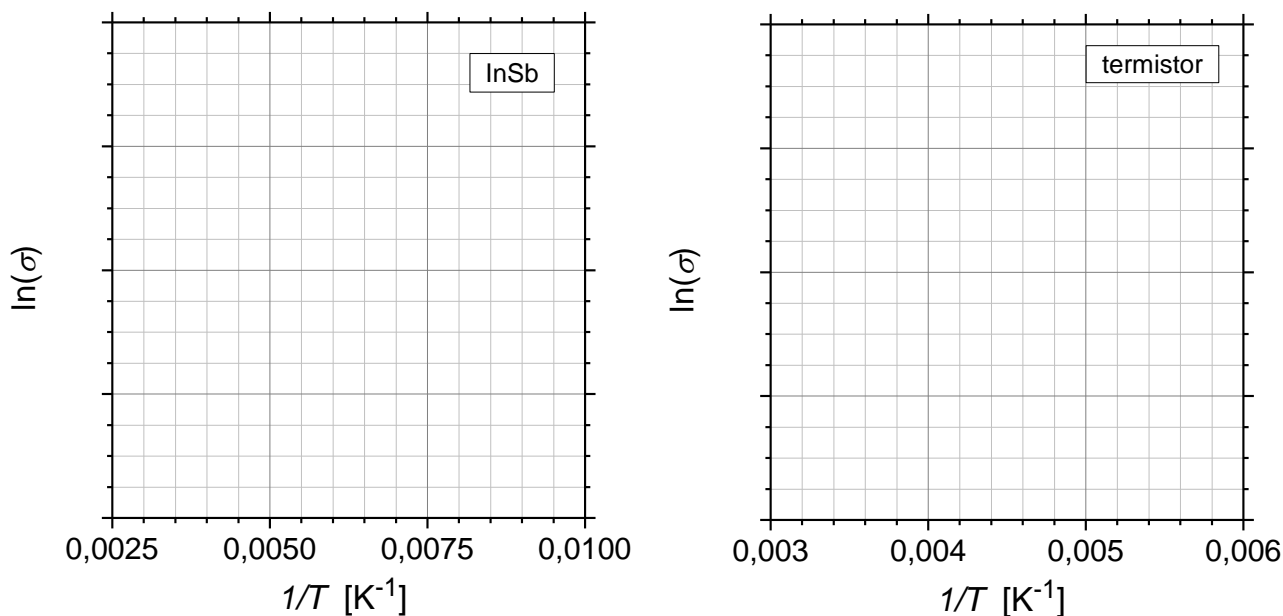
## Wstęp teoretyczny

O długości maksymalnej dwóch stron powinien zostać przygotowany przed zajęciami i zawierać zestawienie informacji z punktu „Wymagane wiadomości teoretyczne”.



$R_{Pt100}$ [Ω]	$R_{InSb}$ [kΩ]	$R_{term.}$ [kΩ]	$T$ [K]	$1/T$ [K <sup>-1</sup> ]	$\sigma_{InSb}$ [Ω <sup>-1</sup> ]	$\ln(\sigma_{InSb})$	$\sigma_{term.}$ [Ω <sup>-1</sup> ]	$\ln(\sigma_{term.})$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

W oparciu o zmierzone dane narysować wykresy przedstawiające zależność logarytmu naturalnego od odwrotności temperatury dla obu badanych materiałów.



Przewodność elektryczna półprzewodników jest proporcjonalna do prawdopodobieństwa wzbudzenia elektronów z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa, które jest proporcjonalne do czynnika Boltzmanna:  $\exp(-\Delta E/k_B T)$ , gdzie  $\Delta E$  jest szerokością przerwy energetycznej.

Wykreślając zależność oporu od temperatury w postaci  $\ln(1/R) = \ln(\sigma) = f(1/T)$ , można zaobserwować charakterystyczne zakresy liniowe. Do każdego z tych zakresów (dwóch dla InSb oraz jednego dla termistora) należy dopasować funkcję prostoliniową. Wyznaczone współczynniki nachylenia prostych,  $A$ , użyć do obliczenia szerokości pasma wzbronionego  $\Delta E_G$  oraz przerwy domieszkowej  $\Delta E_D$  w InSb oraz  $\Delta E_G$  termistora, korzystając z zależności:

$$A = |\Delta E/k_B|.$$

Uzyskane wartości przeliczyć na elektronowolty. Niepewności wyników dla przerw energetycznych oszacować na podstawie niepewności dopasowania linii prostych do danych eksperymentalnych stosując prawo przenoszenia błędów.

$$A_{1,\text{InSb}} = \dots \pm \dots \text{ [K]} \quad \Rightarrow \quad \Delta E_G = \dots \pm \dots \text{ [eV]}$$

$$A_{2,\text{InSb}} = \dots \pm \dots \text{ [K]} \quad \Rightarrow \quad \Delta E_D = \dots \pm \dots \text{ [eV]}$$

$$A_{\text{term}} = \dots \pm \dots \text{ [K]} \quad \Rightarrow \quad \Delta E_{\text{term}} = \dots \pm \dots \text{ [eV]}$$

## Podsumowanie

*Należy zwięźle opisać przebieg ćwiczenia i jego wyniki. Opisać w jaki sposób zostały oszacowane błędy. Porównać uzyskane wyniki z teoretycznymi wartościami przerwy energetycznej i skomentować ewentualne rozbieżności.*