



## P1-F1. Wyznaczanie szerokości przerwy energetycznej półprzewodnika metodą termiczną (termistor)

### Zagadnienia

*Metale, półprzewodniki, izolatory. Struktura pasmowa ciał stałych. Przewodnictwo elektronowe i dziurowe w półprzewodnikach samoistnych oraz domieszkowanych. Przerwa energetyczna. Prąd elektryczny, rezystancja, przewodność, koncentracja i ruchliwość nośników.*

### 1 Wprowadzenie

Ze względu na przewodnictwo elektryczne, ciała dzieli się na przewodniki, półprzewodniki i izolatory. Przewodnictwo elektryczne materiałów opisuje się za pomocą wielkości  $\sigma$ , zwanej przewodnością elektryczną. Jest to odwrotność oporności właściwej. Przewodność elektryczna materiałów

$$\sigma = Nq\mu \quad (1)$$

zależy od  $N$  – liczby nośników prądu w jednostce objętości materiału (koncentracji nośników),  $q$  – ładunku nośnika i  $\mu$  – ruchliwości nośników.

Związek między przewodnictwem właściwym  $\sigma$  a temperaturą  $T$  półprzewodnika z dobrym przybliżeniem opisuje wzór

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{\Delta E}{2kT}\right), \quad (2)$$

gdzie:

$\sigma_0$  – stała materiałowa o wymiarze elektrycznego przewodnictwa właściwego (jej zależność od temperatury można pominąć wobec wykładniczej zależności sąsiadującego z nią czynnika),

$\Delta E$  – energia aktywacji. W przybliżeniu można przyjąć, że jest to odległość między poziomem domieszkowym a odpowiednim pasmem energetycznym lub szerokość przerwy energetycznej danego półprzewodnika, o czym decyduje zakres temperatur, w którym przeprowadzany jest pomiar przewodnictwa elektrycznego,

$k$  – stała Boltzmanna.

Opór elektryczny półprzewodnika w funkcji temperatury przedstawia zależność

$$R = R_0 \exp\left(\frac{\Delta E}{2kT}\right) \quad (3)$$

Logarytmując zależność (3) otrzymuje się liniową zależność pomiędzy logarytmem naturalnym rezystancji półprzewodnika a energią aktywacji  $\Delta E$

$$\ln R = \ln R_0 + \frac{\Delta E}{2k} \cdot \frac{1}{T} \quad (4)$$

## 2 Układ pomiarowy

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie szerokości przerwy energetycznej materiału półprzewodnikowego. W układzie pomiarowym materiał ten jest obecny w elemencie elektronicznym zwanym termistorem. Stano-  
nowisko pomiarowe składa się z dwóch różnych termistorów, umieszczonych w aluminiowym bloczku. Bloczek aluminiowy jest podgrzewany przy pomocy tranzystora bipolarnego. Natężenie prądu płynącego przez tranzystor regulowane jest przy pomocy potencjometru. Do pomiaru temperatury wykorzystano czujnik temperatury połączony z miernikiem cyfrowym. Oporności termistorów są mierzone za pomocą mierników cyfrowych. Odwrotność oporu termistora jest miarą koncentracji nośników ładunku.

## 3 Pomiary

1. Ustalić z prowadzącym temperaturę graniczną ogrzewania termistorów oraz krok temperaturowy z jakim będą wykonywane pomiary.
2. Zmierzyć oporności termistorów w zastanej temperaturze.

### Ogrzewanie termistorów

3. Ustawić przy pomocy potencjometru żadaną temperaturę.
4. Odczekać aż temperatura bloczka osiągnie zadaną temperaturę.
5. Odczytać oporności obu termistorów.
6. Przeprowadzić podobne pomiary dla wyższych temperatur.

### Chłodzenie termistorów

7. Ustawić przy pomocy potencjometru temperaturę równą zastanej temperaturze.
8. W miarę samorzutnego ochładzania się aluminiowego bloczka notować oporności termistorów z zadanym krokiem temperatury.

## 4 Opracowanie wyników pomiarów

1. Na podstawie otrzymanych wyników pomiarów sporządzić wykres zależności oporu  $R$  od temperatury  $T$  dla obu termistorów, na jednym wykresie.
2. Zaznaczyć na wykresie słupki niepewności dla temperatur i oporności.
3. Sporządzić wykres zależności logarytmu naturalnego oporności od odwrotności temperatury (wyrażonej w kelwinach):

$$\ln R = f(1/T).$$

4. Metodą regresji liniowej dopasować prostą do punktów pomiarowych. Narysować na wykresie prostą regresji.
5. Na podstawie parametrów prostej wyznaczyć szerokość przerwy energetycznych  $\Delta E$  obu termistorów.
6. Korzystając z prawa propagacji niepewności, obliczyć niepewności  $u(\Delta E)$ .
7. Zapisać wyniki w odpowiednim formacie.
8. Wykonać test zgodności otrzymanych wyników. Czy termistory są jednakowe?
9. Skomentować otrzymane wyniki.