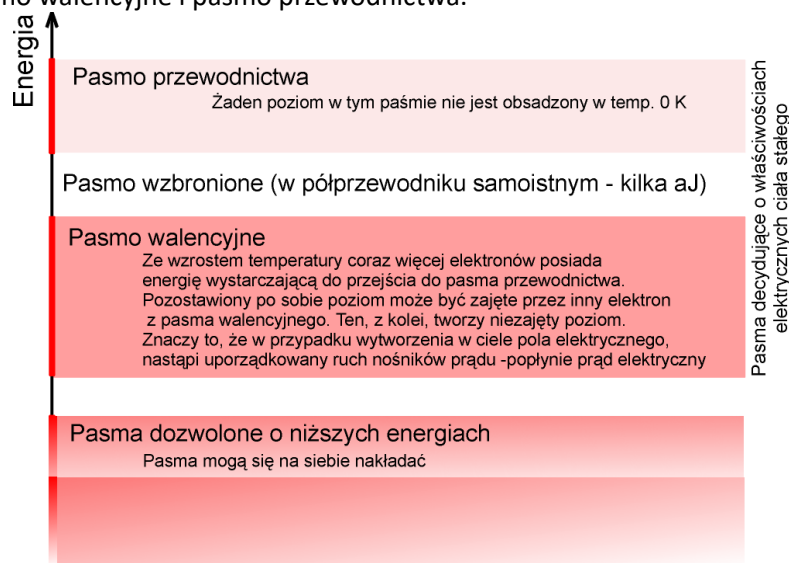


Wprowadzenie teoretyczne

Doświadczenie „TERMISTOR”

Zjawisko przewodzenia w stosunku do półprzewodników jest niemożliwe do wytłumaczenia na bazie fizyki klasycznej (w przeciwieństwie do przewodników, gdzie teoria elektronowa jest wystarczająca).

Do wytłumaczenia zjawiska przewodzenia w półprzewodnikach służy model, zwany „energetyczną strukturą pasmową”. Przedstawia on rozwinięty w pionie diagram dozwolonych energii elektronów w ciele stałym (rysunek poniżej). Od diagramu, a właściwie od przedziałów energii dozwolonych, rysowane są w prawo tzw. pasma dozwolone, w tym pasmo walencyjne i pasmo przewodnictwa.



Użycie grafiki pasm pozwala na wizualizację przejść elektronów pomiędzy poziomami energetycznymi.

Zależność pomiędzy opornością półprzewodnika samoistnego a temperaturą opisuje funkcja:

$$R(T) = A \cdot e^{\frac{\Delta E}{2kT}}$$

w której ΔE jest szerokością przerwy energetycznej pomiędzy pasmem walencyjnym a pasmem przewodnictwa, T - temperaturą w skali bezwzględnej, k - stała Boltzmanna. Parametr A ma wymiar oporności - jest opornością w temperaturze nieskończenie wysokiej.

Powyższe równanie jest równoważne postaci obustronnie zlogarytmowanej: $\ln(R) = \ln(A) + \frac{\Delta E}{2kT}$, którą

można przedstawić jako: $2k \cdot \ln(R) = \Delta E \cdot \frac{1}{T} + 2k \cdot \ln(A)$.

Teoria półprzewodników niesamoistnych jest bardziej złożona, ponieważ wewnątrz pasma wzbronionego pojawiają się wąskie strefy poziomów donorowych albo akceptorowych.

„TERMISTOR”

Pytania do przygotowania:

1. Co to jest termistor?
2. Jakie są rodzaje termistorów i czym się charakteryzują?
3. Co to jest izolator?
4. Co to jest przewodnik?
5. Narysuj zależność rezystancji od temperatury dla przewodnika?
6. Narysuj zależność rezystancji od temperatury dla termistora NTC?
7. Szerokość przerwy energetycznej jest większa dla izolatora czy termistora?
8. W jakich jednostkach podaje się wartość szerokość przerwy energetycznej?
9. Podaj sposób przeliczenia J na eV.
10. Podaj sposób przeliczenia eV na J.
11. Podaj sposób przeliczenia temperatury podanej w °C na K.
12. Jak jest zbudowany atom?
13. Jaki ładunek ma elektron?
14. Co to jest pasmo wzbronione?
15. Podać zastosowanie termistorów.

Przebieg ćwiczenia:

1. Włączyć termometr elektroniczny oraz omomierz.
2. Za zgodą prowadzącego, podłączyć do zasilania płaszcz grzewczy, uruchomić mieszadło i ustawić docelową temperaturę grzania.
3. Spisywać pomiary temperatury i rezystancji, w równych odstępach temperatury, nie przekraczając wartości 45°C.
4. Po zgromadzeniu dziesięciu wartości temperatury oraz dziesięciu wartości rezystancji należy odłączyć płaszcz grzewczy od zasilania.
5. Po zakończonych pomiarach uporządkować stanowisko.
6. Wykonać obliczenia zgodnie z instrukcją i sporządzić wykres próbny w arkuszu kalkulacyjnym. W obliczeniach pamiętać o używaniu jednostek podstawowych układu SI dla wszystkich wyników.
7. Sporządzić protokół z pomiarów i niepewności pomiarowych.

UWAGA:

- Nie przekraczać temperatury 45°C, ze względu na działanie par glikolu wykorzystywanego w ćwiczeniu do ogrzewania termistora.
- Wartość temperatury należy odczytywać z termometru – nie z wyświetlacza płaszcza grzewczego.

„TERMISTOR”

Student 1: Wyznaczanie szerokości pasma wzbronionego w półprzewodniku (termistorze)

Student 2: Sprawdzanie zależności rezystancji termistora od temperatury

Baza teoretyczna:

Zależność oporności termistora od temperatury wyraża następujące równanie:

$$R(T) = A \cdot e^{\frac{\Delta E}{2kT}}$$

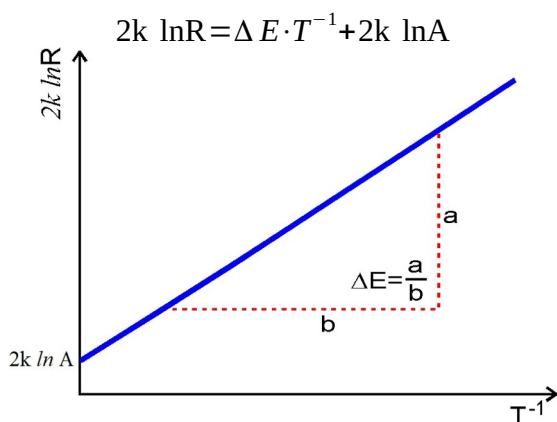
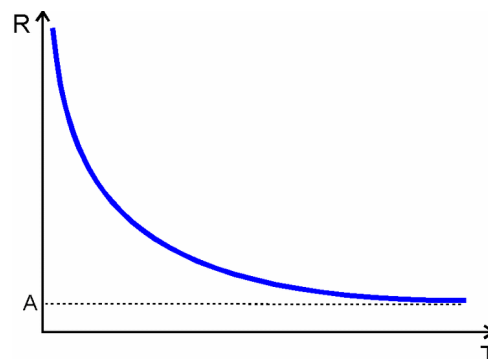
w którym:

ΔE – szerokość przerwy energetycznej

T – temperatura w skali bezwzględnej

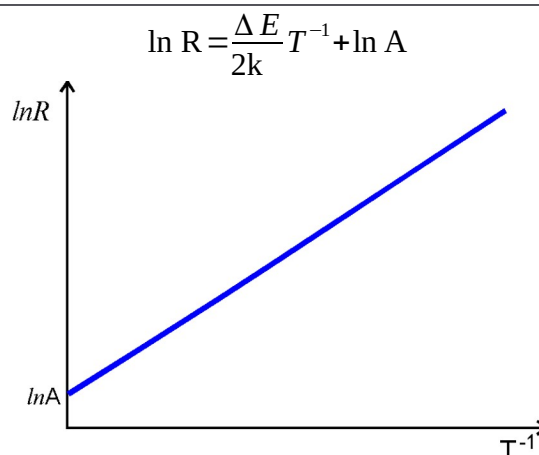
k – stała Boltzmanna ($1,380658 \cdot 10^{-23}$ J/deg)

A – stała materiałowa półprzewodnika oznaczająca asymptotyczną oporność w nieskończeniu wysokiej temperaturze



Zatem, w celu wyznaczenia szerokość pasma wzbronionego należy:

- przeprowadzić pomiary zależności rezystancji termistora od temperatury,
- sporządzić wykres zależności $2k \cdot \ln(R)$ od T^{-1}
- odczytać na nim szerokość pasma wzbronionego, którą jest współczynnik kierunkowy.



Zatem, aby sprawdzić teoretyczną zależność rezystancji termistora od temperatury należy:

- wykonać pomiary rezystancji od temperatury,
- sporządzić wykres zależności $\ln(R)$ od T^{-1}
- zanalizować jego liniowość

„TERMISTOR”

Student 1: Wyznaczanie szerokości pasma wzbronionego w półprzewodniku (termistorze)

1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T_c	[°C]										
R	[kΩ]										

$$\Delta T = \dots$$

$$\Delta R = \dots$$

2. Obliczenia (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 3)

$$T_k = T_c + 273 = \dots$$

$$\frac{1}{T_K} = \dots$$

$$\Delta \frac{1}{T_K} = \left| \frac{1}{T_K} - \frac{1}{T_K + \Delta T} \right| = \dots$$

$$2k \cdot \ln R = \dots$$

$$\Delta(2k \ln R) = 2k \cdot |\ln R - \ln(R + \Delta R)| = \dots$$

3. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\frac{1}{T_K}$	[K ⁻¹]										
$2k \ln R$	[...]										
$\Delta \frac{1}{T_K}$	[...]										
$\Delta(2k \ln R)$	[...]										

4. Wykres

+ obliczenie ΔE (nachylenie prostej „najlepszego dopasowania”)

+ obliczenie $\Delta E'$ (nachylenie prostej odchylonej)

+ obliczenie dokładności metody jako $|\Delta E - \Delta E'|$

5. Podsumowanie

Wyznaczona wartość szerokości przerwy energetycznej wynosi ...

Dokładność metody: ...

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.

„TERMISTOR”

Student 2: Sprawdzanie zależności rezystancji termistora od temperatury

1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T_c	[°C]										
R	[kΩ]										

$$\Delta T = \dots$$

$$\Delta R = \dots$$

2. Obliczenia (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 3)

$$T_k = T_c + 273 = \dots$$

$$\frac{1}{T_K} = \dots$$

$$\Delta \frac{1}{T_K} = \left| \frac{1}{T_K} - \frac{1}{T_K + \Delta T} \right| = \dots$$

$$\ln R = \dots$$

$$\Delta(\ln R) = |\ln R - \ln(R + \Delta R)| = \dots$$

3. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\frac{1}{T_K}$	[K ⁻¹]										
lnR	[...]										
$\Delta \frac{1}{T_K}$	[...]										
$\Delta(\ln R)$	[...]										

4. Wykres

5. Podsumowanie

Ponieważ na wykresie ... można poprowadzić prostą przechodzącą przez wszystkie prostokąty niepewności pomiarowych, nie ma podstaw do stwierdzenia odstępstwa od ...

Ewentualnie: Odstępstwo od liniowości w zakresie ... może wynikać z

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.