

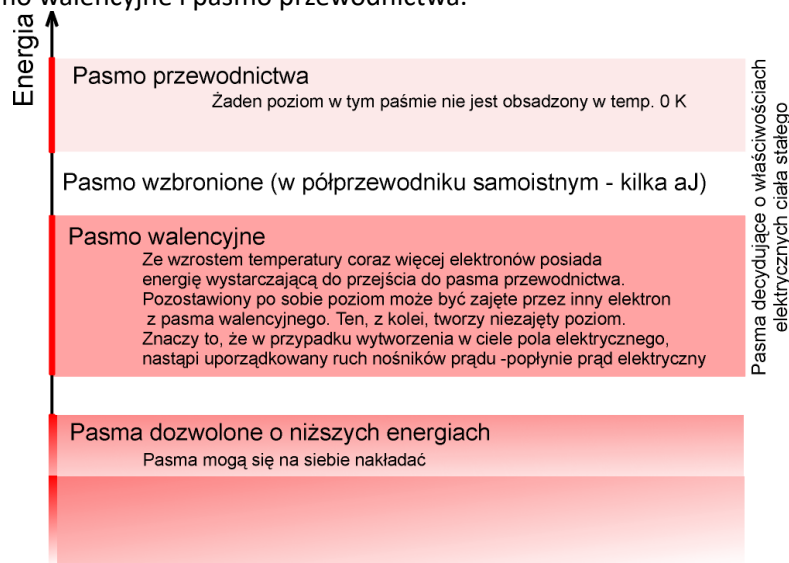


Wprowadzenie teoretyczne

Doświadczenie „T E R M I S T O R”

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 Boltzmana. 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.

Zagadnienia do przygotowania:

- opór elektryczny przewodników i półprzewodników,
- struktura pasmowa półprzewodników,
- zastosowanie półprzewodników,
- przebieg i linearyzacja funkcji eksponencjalnej,
- jednostki energii i ich przeliczanie.

„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:

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

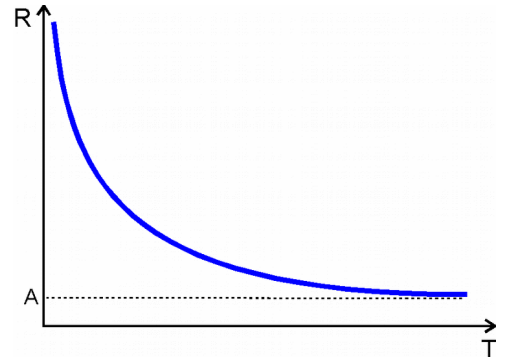
w której

ΔE – szerokość przerwy energetycznej

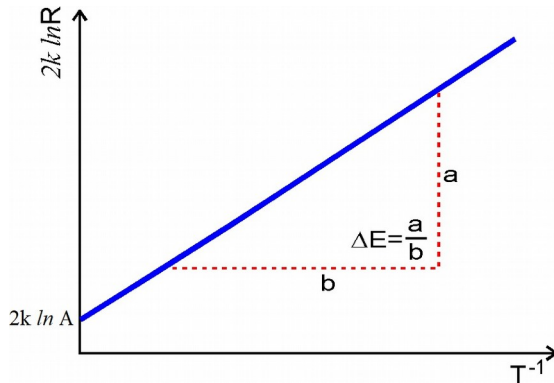
T – temperatura w skali bezwzględnej

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

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



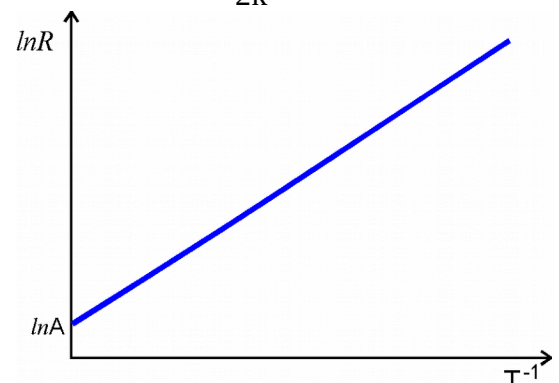
$$2k \ln R = \Delta E \cdot T^{-1} + 2k \ln A$$



Zatem, w celu wyznaczenia szerokości 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.

$$\ln R = \frac{\Delta E}{2k} T^{-1} + \ln A$$



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 przerwy energetycznej

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.