Wyznaczanie szerokości przerwy energetycznej półprzewodnika metodą termiczną

Przewodniki to materiały bardzo dobrze przewodzące prąd elektryczny. Izolatory, zwane także dielektrykami, to grupa materiałów nieprzewodzących lub bardzo słabo przewodzących prąd elektryczny. Cechy półprzewodników sprawiają, że te nie należą do przewodników ani do izolatorów. Materiał ten posiada na ogół małą liczbę elektronów przewodnictwa co można łatwo zmienić w procesie zwanym domieszkowaniem. Domieszkowanie polega na wprowadzaniu do materiału półprzewodnikowego obcych atomów, nazywanych domieszkami, które mogę dostarczyć swobodnych elektronów. Przerwa energetyczna, nazywana też pasmem zabronionym, jest jednym z kluczowych parametrów, jakimi opisuje się półprzewodnik, a dokładniej jego strukturę energetyczną. Definiuje ona minimalną energię, jaką należy dostarczyć do materiału, aby wzbudzić elektron. Wzbudzenie to może być termiczne bądź elektryczne. W naszym przypadku była ona badana przy pomocy termistora. Jest to podzespół elektroniczny, który na zmianę temperatury swojej struktury reaguje adekwatną zmianą rezystancji.

## Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie szerokości przerwy energetycznej materiału półprzewodnikowego.

## Układ pomiarowy

W układzie pomiarowym materiał ten jest obecny w elemencie elektronicznym zwanym termistorem. Stanowisko 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.

## Zadanie 1

Na podstawie otrzymanych wyników pomiarów sporządzono wykres zależności oporu od temperatury .

Obraz zawierający wykres

Opis wygenerowany automatycznie

Obraz zawierający wykres

Opis wygenerowany automatycznie

## Zadanie 2

Obliczono niepewności pomiarowe dla temperatur i oporności.

Pomiar temperatury i jej niepewność były otrzymane z odczytu woltomierza pomnożonego przez .

Rozdzielczość jest równa w zakresie do oraz w zakresie do .

Obliczone wartości niepewności pomiarowych temperatury i rezystancji są bardzo niewielkie, dlatego nie zostały one przedstawione w formie słupków na wykresie. Pokazane są one jednak w poniższej tabeli.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 23,47 | 0,11 | 0,04 | 0,21 | 57 | 0,35 | 0,02 | 0,09 |
| 26 | 0,12 | 0,03 | 0,19 | 54 | 0,33 | 0,02 | 0,10 |
| 28,88 | 0,13 | 0,03 | 0,17 | 51 | 0,32 | 0,02 | 0,10 |
| 31,5 | 0,14 | 0,03 | 0,16 | 48 | 0,31 | 0,02 | 0,11 |
| 34,4 | 0,15 | 0,03 | 0,15 | 45 | 0,30 | 0,02 | 0,12 |
| 37,61 | 0,16 | 0,03 | 0,14 | 42 | 0,29 | 0,03 | 0,12 |
| 40,5 | 0,28 | 0,03 | 0,13 | 39 | 0,17 | 0,03 | 0,13 |
| 43,2 | 0,29 | 0,02 | 0,12 | 36 | 0,16 | 0,03 | 0,14 |
| 47 | 0,31 | 0,02 | 0,11 | 33 | 0,14 | 0,03 | 0,15 |
| 50,6 | 0,32 | 0,02 | 0,10 | 30 | 0,13 | 0,03 | 0,17 |
| 54,2 | 0,33 | 0,02 | 0,10 | 27 | 0,12 | 0,03 | 0,18 |
| 58,2 | 0,35 | 0,02 | 0,09 | 24 | 0,11 | 0,04 | 0,20 |
| 60 | 0,36 | 0,02 | 0,09 | 23,47 | 0,11 | 0,04 | 0,21 |

## Zadanie 3

Sporządzono wykres zależności logarytmu naturalnego oporności od odwrotności temperatury.

Obraz zawierający wykres

Opis wygenerowany automatycznie Obraz zawierający wykres

Opis wygenerowany automatycznie

## Zadanie 4

Metodą regresji liniowej dopasowano prostą do punktów pomiarowych.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| Prosta dla podczas chłodzenia | 42827 | -11,387 | 12 | 0,039 |
| Prosta dla podczas chłodzenia | 4244 | -10,837 | 11 | 0,038 |
| Prosta dla podczas ogrzewania | 4218 | -11,167 | 11 | 0,038 |
| Prosta dla podczas ogrzewania | 4177 | -10,605 | 12 | 0,040 |

## Zadanie 5

Na podstawie parametrów prostej wyznaczono szerokości przerw energetycznych obu termistorów oraz ich niepewności pomiarowe.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Współczynnik z regresji podczas chłodzenia | 0,7380 | 0,0021 |
| Współczynnik z regresji podczas chłodzenia | 0,7314 | 0,0021 |
| Współczynnik z regresji podczas ogrzewania | 0,7271 | 0,0021 |
| Współczynnik z regresji podczas ogrzewania | 0,7199 | 0,0022 |

## Zadanie 6

Za pomocą średniej ważonej uzyskano przerwę energetyczną i jej niepewności dla każdego z termistorów.

Obraz zawierający wykres

Opis wygenerowany automatycznie

- średnia wartość przerwy energetycznej dla termistora

- średnia wartość przerwy energetycznej dla termistora

## Zadanie 7

Zapisano wyniki w odpowiednim formacie.

## Zadanie 8

Wykonać test zgodności otrzymanych wyników.

Wyniki nie spełniają warunku , dlatego nie są z sobą zgodne.

## Wnioski

Wykres zależności oporu R1 i R2 od temperatury powstał bez żadnych utrudnień. Dodanie do wykresu słupków niepewności nie przyniosłoby oczekiwanych rezultatów gdyż błędy pomiarowe wyszły nam bardzo małe a to oznacza, że słupki nie były by widoczne na wykresie a na pewno nie oddawałyby odpowiednio wartości. Udało nam się również sporządzić wykres zależności logarytmu naturalnego oporności od odwrotności temperatury. Następnie obliczyliśmy i nałożyliśmy na niego prostą regresji. Na podstawie parametrów prostej wyznaczyliśmy szerokość przerw energetycznych obu termistorów (∆E1 i ∆E2), po czym obliczyliśmy do niech niepewności (u(∆E)). Po wykonaniu wszystkich obliczeń musieliśmy tylko zapisać wyniki w odpowiednim formacie oraz podsumować całe ćwiczenie odpowiadając na pytanie „Czy termistory są jednakowe?”. Z naszych obliczeń wynika, że termistory posiadają przerwę energetyczną równą około 0,734 i 0,727 co pozwala nam przypuszczać, że termistory zostały zbudowane z antymonku galu, którego cechuje przerwa energetyczna równa 0,726.

Największą odpowiedzialność za błąd pomiarowy w tym zadaniu zdecydowanie mieliśmy my. Instrukcje do operowania urządzeniem nie były skomplikowane, ale sprzęt był zbyt czuły a czas stabilizacji urządzenia zbyt długi. Jeśli chcielibyśmy wykonywać pomiary dokładnie o 3 stopnie Celsjusza musielibyśmy spędzić w pracowni kilka dodatkowych godzin. Spisywanie pomiarów też nie było idealnie dokładne z naszej strony. Ponieważ urządzenie stabilizowało się bardzo długo a my nie mieliśmy aż tyle czasu zostaliśmy zmuszeni do spisywania wartości skaczących to znaczy liczby pokazywane przez multimetry nie były stałe a co chwilę zmieniały się o parę wartości dziesiętnych. Pomiary podczas chłodzenia były łatwiejsze, choć równie niedokładne. Spisywaliśmy wartości, kiedy temperatura urządzenia ciągle spadała a to oznacza, że kiedy wykonywaliśmy pomiar dla danej temperatury wartości termistorów, które spisywaliśmy mogły nie być idealnie dopasowane. Innymi słowy wartości termistorów mogły nie dotyczyć dokładnie tej temperatury, którą zapisaliśmy.

## Źródła

* Materiały z platformy edukacyjnej,
* https://ep.com.pl/rynek/elektronika-w-praktyce/15395-przerwa-energetyczna-a-parametry-polprzewodnikow
* https://pl.wikipedia.org/wiki/Przerwa\_energetyczna
* https://efizyka.net.pl/przewodniki-polprzewodniki-i-izolatory