IM–13

Badanie efektu Halla w germanie typu p i wyznaczanie przerwy energetycznej w germanie niedomieszkowanym

1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zbadanie efektu Halla w metalach na przykładzie miedzi i cynku oraz w półprzewodnikach na przykładzie germanu (domieszkowanego nośnikami typu n i typu p) w zależności od natężenia prądu, pola magnetycznego oraz temperatury, a także wyznaczenie przerwy energetycznej w niedomieszkowanym germanie. Na podstawie danych pomiarowych wyznaczone zostaną wielkości takie jak stała Halla, rodzaj nośników, a także ich koncentracja i ruchliwość.

2 Wstęp teoretyczny - zagadnienia do przygotowania

1. Pasmowa teoria przewodnictwa ciał stałych
   - Energetyczny model pasmowy dla metali, półprzewodników i izolatorów
   - Pojęcie przerwy wzbronionej
   - Zależność przewodności materiałów od temperatury (z naciskiem na półprzewodniki - wzór)
2. Efekt Halla:
   - Fizyczne podstawy efektu
   - Podstawowe równania
   - Teoretyczne podstawy pomiaru - jak, znając wartość stałej Halla i jej znak, wyznaczyć koncentrację ładunków i ich ruchliwość
3. Zależność napięcia Halla od temperatury dla półprzewodników typu p i n
   - Należy z podstawowych wzorów na U_H i R_H wyprowadzić zależność $U_H(T)$ (aby zacząć, przydatne będą materiały od Leyboldta [3])
   - Ile parametrów można wyznaczyć przy dopasowaniu wyprowadzonej zależności?

Materiały przydatne do przygotowań:

[1] C. Kittel, *Wstęp do fizyki ciała stałego*

[2] Materiały do ćwiczenia od PHYWE (dostępne na stronie)

[3] Materiały do analogicznego ćwiczenia od Leybolda (fragmenty również dostępne na stronie).

3 Zestaw doświadczalny i przebieg pomiarów

3.1 Pomiar w celu wyznaczenia przerwy energetycznej w niedomieszkowanym germanie

Za pomocą dostępnych urządzeń zadaniem Studenta(ki) będzie złożenie zestawu do pomiaru przerwy energetycznej w niedomieszkowanym germanie (w oparciu o wiedzę własną i dostępne materiały). Cały pomiar jest skomputeryzowany (program Measure).
Uwaga: płytki germanowe należy wymieniać z wyczuciem, najlepiej pod okiem Prowadzącego.
Należy wykonać pomiar zależności napięcia na płytce germanowej od temperatury przy stałym podawanym prądzie zarówno w przypadku grzania, jak i chłodzenia próbki.

3.2 Badanie efektu Halla w półprzewodnikach

Za pomocą dostępnych urządzeń zadaniem Studenta(ki) będzie złożenie układu pomiarowego (w oparciu o wiedzę własną wspomaganą materiałami do ćwiczenia) do badaniu efektu Halla w dostępnych płytkach półprzewodnika (domieszkowany german typu p).
Uwaga: należy zwrócić uwagę na kompensację napięcia Halla - przed rozpoczęciem pomiarów należy upewnić się, że przy stałym prądzie i $B = 0$ $U_H = 0$.
Pomiary, które należy wykonać dla każdej z płytek:

1. Pomiar napięcia Halla w zależności od przyłożonego pola magnetycznego przy stałym natężeniu prądu (dla kilku wartości I)
2. Pomiar napięcia Halla w zależności od natężenia prądu elektrycznego przy ustalonym polu magnetycznym (również dla kilku wartości B)
3. Pomiar napięcia Halla w zależności od temperatury dla ustalonych wartościach natężenia prądu elektrycznego oraz pola magnetycznego. Należy wykonać pomiary zarówno przy grzaniu, jak i przy chłodzeniu.

4 Wymagania co do sprawozdania

1. **Wstęp teoretyczny** - we wstępie należy pokrótce opisać wszystkie zagadnienia teoretyczne, z których Student(ka) korzystał(a) przy tworzeniu sprawozdania.
   Uwaga: bardzo ważne jest, aby we wstępie znalazły się wszystkie wzory, z których korzystało się przy dopasowaniach.
2. **Opis układu pomiarowego** - w przypadku każdego z pomiarów należy opisać swój układ pomiarowy (można zrobić zdjęcie lub narysować schemat).
3. **Opracowanie danych pomiarowych**
   - Badanie efektu Halla w metalach: do danch pomiarowych należy dopasować zależność na napięcia Halla od zmienianej wielkości. Na podstawie wyznaczonych parametrów należy określić wartość stałej Halla, jej znak, a przez to rodzaj, koncentrację i ruchliwość nośników.
   - Przerwa energetyczna w niedomieszkowanym germanie: należy dopasować odpowiednią zależność do zmierzonego napięcia na płytce od temperatury i z parametrów dopasowania wyznaczyć przerwę energetyczną w germanie.
   - Do danych pomiarowych należy dopasować uprzednio wyprowadzoną zależność $U_H(T)$. Parametry z dopasowania należy odnieść do wielkości fizycznych - stosunku ruchliwości jednego rodzaju nośników do drugich, stałej N_0 występującej w wyrażeniu na efektywną gęstość stanów, oraz przerwy energetycznej.
     Uwaga: w razie trudności z dopasowaniem można wstawić uprzednio wyznaczoną wartość przerwy energetycznej.

   Uwaga: proszę o staranne wyliczenie niepewności pomiarowych i odpowiednie zaokrąglenie wyników do dwóch miejsc znaczących wyznaczonych niepewności.
4. **Dyskusja wyników i podsumowanie**: w jednym miejscu należy zebrać wszystkie wyznaczone parametry i, w miarę możliwości, porównać je z wartościami tablicowymi i napisać kilka zdan wniosków.
5. Mile widziana jest **Bibliografia**.

Dodatek - wymiary płytek

Płytka	grubość	długość × szerokość
Cu	18 mm	35 mm × 25 mm
Zn	25 μm	35 mm × 25 mm
Ge, p-Ge & n-Ge	1 mm	20 mm × 10 mm