

Ćwiczenie 5

Efekt Halla

Ćwiczenie wraz z instrukcją i konspektem opracował M.Czapkiewicz

Cel ćwiczenia

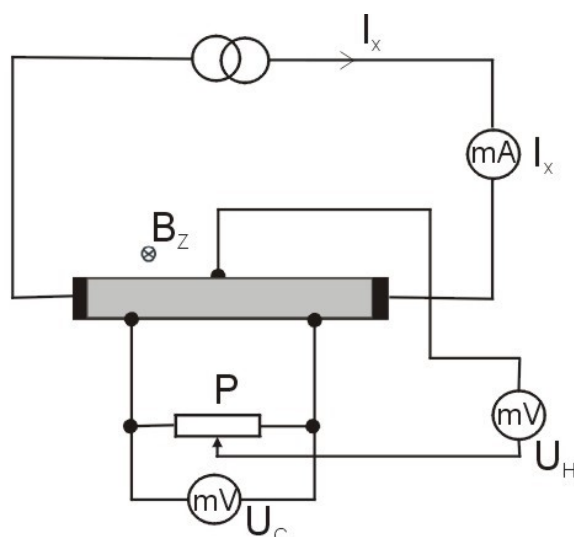
Wyznaczenie ruchliwości nośników prądu i ich koncentracji w półprzewodnikach przy pomocy efektu Halla.

Wymagane wiadomości teoretyczne

Zjawisko Halla, stała Halla, zasada działania elektromagnesu, zależności między gęstością prądu i przewodnością właściwą a ruchliwością nośników, metoda stałoprądowa pomiaru ruchliwości nośników, zastosowania hallotronów.

Wyposażenie stanowiska

Elektromagnes z zamontowaną próbką, moduł pomiarowy, multimetry cyfrowe, stanowisko komputerowe. Schemat ideowy stanowiska przedstawiono na Rys.1.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego.

Zagadnienia do przedyskutowania:

- Na czym polega efekt Halla?
- Od jakich zewnętrznych czynników zależy napięcie Halla?
- Od jakich stałych materiałowych zależy napięcie Halla? Dlaczego hallotrony są zazwyczaj produkowane z półprzewodników?
- Jakie są praktyczne zastosowania hallotronów?

Wykonanie ćwiczenia

- Włączyć do sieci moduł pomiarowy oraz mierniki.
- Ustawić wartość $I_x = 10$ mA na module pomiarowym przy pomocy dolnego pokrętła (I_x jest prądem próbki w zakresie od -20 do 20 mA, przełącznik służy do zmiany polaryzacji prądu).
- Podłączyć mierniki wartości U_H i U_C według schematu z Rys. 1.

4. Włączyć komputer, uruchomić program *Calc* pakietu *Open Office*.
5. Przy wyłączonym zasilaczu elektromagnesu wyzerować napięcie U_H potencjometrem **P**.
6. Włączyć elektromagnes – R2D2 - (pokrętło transformatora zasilającego elektromagnes musi być ustawione w pozycji zero!).
7. Ustawić za pomocą pokrętła transformatora **zadaną przez prowadzącego** wartość prądu płynącego przez uzwojenia elektromagnesu (w zakresie od 1 do 4 A). Odczytać z krzywej cechowania elektromagnesu, wartość indukcji magnetycznej B_z – Rys. 3.
8. Zmierzyć wartości napięć U_C i U_H , dla prądów I_x z zakresu $-20 \text{ mA} < I_x < 20 \text{ mA}$ z podanym przez prowadzącego krokiem. Zmierzone wartości wpisać w programie *Calc* w kolumnach: I_x , U_C , U_H .
9. Po wykonaniu pomiarów wyzerować prąd w elektromagnesie a następnie go wyłączyć.

Zagadnienia do przedyskutowania:

- a) Jak działa elektromagnes, jakie prawo fizyczne jest wykorzystywane do opisu wytwarzania pola magnetycznego?
- b) Co to jest potencjometr? Do czego służy potencjometr *P* w badanym układzie?
- c) Ze wzoru na siłę Lorentza określić w którą stronę będą odchylane nośniki ładunku na Rys. 1, w przypadku gdy są to 1) dziury, 2) elektrony?
- d) Co powoduje powstanie spadku napięcia U_c ?

Opracowanie wyników

1. Przy pomocy programu *Calc* wykreślić zależności $U_H=f(U_C)$; $U_H=f(I_x)$ oraz $I_x=f(U_C)$ na trzech osobnych wykresach (w przypadku więcej niż jednej wartości pola magnetycznego, narysować kilka krzywych na jednym wykresie).
2. Przy pomocy metody regresji liniowej wyznaczyć współczynniki kierunkowe prostych będących wykresami powyższych zależności oraz ich niepewności i wpisać je do tabeli w konspekcie.
3. Obliczyć ruchliwość nośników μ , stałą Halla R_H oraz przewodność właściwą σ w oparciu o zależności podane poniżej i współczynniki wyznaczone w punkcie 2. Wyznaczyć wartości i ich niepewności w jednostkach układu SI.

$$U_H = \mu \frac{B_z \cdot b}{l} U_C$$

$$U_H = R_H \frac{B_z}{h} I_x$$

$$I_x = \sigma \frac{b \cdot h}{l} U_c$$

gdzie:

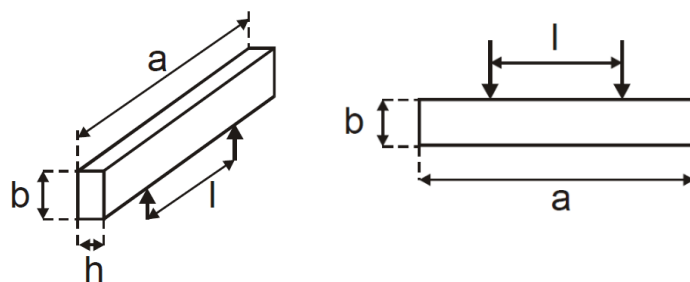
a, b, l, h – wymiary geometryczne próbki:

$$b = (3,7 \pm 0,1) \times 10^{-3} \text{ m},$$

$$l = (11,5 \pm 0,2) \times 10^{-3} \text{ m},$$

$$h = (1,7 \pm 0,1) \times 10^{-3} \text{ m},$$

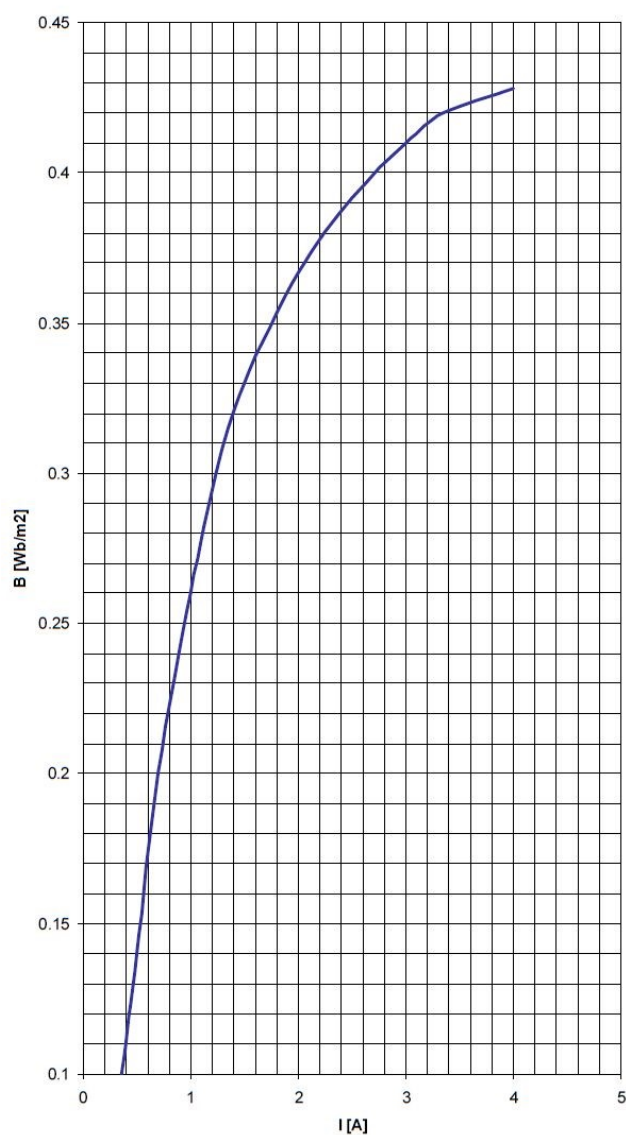
$$a = (22,4 \pm 0,2) \times 10^{-3} \text{ m}.$$



Rys. 2. Wymiary geometryczne próbki

4. Wiedząc, że stała Halla $R_H = \frac{1}{ne}$, wyznaczyć koncentrację n nośników w próbce i wpisać do tabeli 1.

Krzywa cechowania elektromagnesu



Rys. 3. Stała cechowania elektromagnesu.