

P2-F2. Badanie zjawiska Halla

Zagadnienia

Efekt Halla. Ruch cząstki naładowanej w polu magnetycznym – siła Lorentz’a. Pole magnetyczne przewodnika z prądem. Pole magnetyczne solenoidu. Wykorzystanie efektu Halla.

1 Wprowadzenie

→ Ruch cząstki naładowanej w polu magnetycznym

→ Efekt Halla

Pod wpływem pola magnetycznego o indukcji B , w sondzie Halla, przez którą płynie prąd sterujący I_S , generuje się napięcie poprzeczne U_Y będące sumą spadków napięć, które są wywołane przez różne efekty towarzyszące zjawisku Halla:

$$U_Y = U_H + U_E + U_N + U_{RL} + U_A,$$

gdzie U_H - napięcie Halla, pojawiające się w układzie przy obecności zewnętrznego pola magnetycznego, U_E - napięcie wywołane efektem Ettingshausena, U_N - napięcie Nernsta, U_{RL} - napięcie Righi - Leduca, U_A - napięcie asymetrii, wynikające z asymetrycznego ustawienia sond napięciowych na badanej próbce.

Jeśli pomiary napięcia poprzecznego przeprowadzić dla czterech możliwych kombinacji kierunku przepływu prądu I_S względem kierunku linii pola magnetycznego (dla tych samych wartości I_S), to można tym sposobem wyeliminować wpływ "pasożytniczych" efektów na wartość napięcia Halla. Dla czterech kolejnych pomiarów można napisać:

$$U_{Y1}(+I_S, +B) = U_H + U_E + U_N + U_{RL} + U_A,$$

$$U_{Y2}(-I_S, +B) = -U_H - U_E + U_N + U_{RL} - U_A,$$

$$U_{Y3}(-I_S, -B) = U_H + U_E - U_N - U_{RL} - U_A,$$

$$U_{Y4}(+I_S, -B) = -U_H - U_E - U_N - U_{RL} + U_A.$$

Dodając powyższe równania stronami, otrzymuje się

$$U_E + U_H = \frac{1}{4}(U_{Y1} - U_{Y2} + U_{Y3} - U_{Y4}).$$

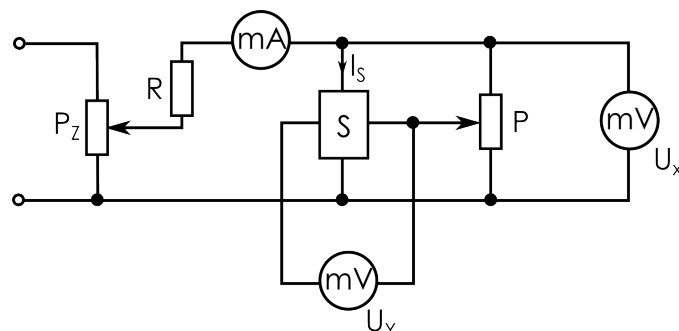
Wzór ten pozwala obliczyć napięcie Halla.

2 Układ pomiarowy

Układ pomiarowy do badania zjawiska Halla jest przedstawiony na rys. 1. Zasadniczą częścią układu jest półprzewodnikowy czujnik Halla S , umieszczony między biegunami elektromagnesu. Wszystkie połączenia elektryczne wyprowadzone są na jedną płytkę i oznaczone w następujący sposób:

I_S - prąd próbki, regulowany potencjometrem P_Z ,

U_Y - napięcie poprzeczne na próbce, powstałe między innymi w wyniku efektu Halla,



Rys. 1: Schemat poglądowy układu pomiarowego badania efektu Halla

U_X – napięcie podłużne na próbce,

P – potencjometr służący do regulacji napięcia poprzecznego, występującego przy zerowym polu magnetycznym.

Iloraz $U_X/I_S = R$ jest oporem podłużnym próbki.

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie wartości stałej Halla R_H i koncentrację ładunku n_0 w półprzewodniku, na bazie którego wykonany jest czujnik Halla.

3 Pomiary

1. Dla dwóch ustalonych wartości prądu próbki $I_S = 12$ i 24 mA mierzyć zależność napięcia podłużnego i poprzecznego w funkcji natężenia prądu elektromagnesu co 0.2 A do 2.4 A. Zerowanie napięcia poprzecznego na początku wykonać przy największej wartości prądu próbki i rozwartym obwodzie elektromagnesu (indukcja pola magnetycznego musi być równa zero).
2. Dla dwóch ustalonych wartości indukcji pola magnetycznego 150 i 300 mT mierzyć napięcie poprzeczne U_Y w funkcji natężenia prądu próbki do wartości 24 mA, co 2 mA.
3. Przy wartości prądu próbki 24 mA i indukcji 300 mT pomierzyć napięcie poprzeczne dla wszystkich kombinacji kierunków obu prądów - cztery kombinacje, czyli cztery pomiary. Kierunki prądów zmieniać przez przełączanie przewodów prądowych. Przed każdym pomiarem zerować napięcie poprzeczne (obwód elektromagnesu rozwarto).

4 Opracowanie wyników pomiarów

1. Wartości prądu elektromagnesu I , przeliczyć na wartości indukcji pola magnetycznego B według tabeli

I , A	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6
B , mT	26	58	88	120	150	175	200	230	255	280	300	320	335

2. Na wspólnym wykresie przedstawić zależności napięcia Halla U_H , w funkcji indukcji pola magnetycznego B , zmierzone dla różnych natężeń prądu próbki I_S .
3. Metodą regresji liniowej dopasować linię prostą do zależności U_H w funkcji indukcji pola magnetycznego B .
4. Zapisać współczynniki prostej w poprawnym formacie wraz z niepewnościami i z jednostkami.

5. Korzystając z równania prostej i ze wzoru na napięcie Halla

$$U_H = R_H \frac{I_S}{d} B, \quad (1)$$

gdzie $d = 8 \cdot 10^{-5} \text{m}$, obliczyć wartość stałej Halla R_H .

6. Korzystając z prawa przenoszenia niepewności, obliczyć $u(R_H)$. Zapisać wynik wraz z niepewnością w poprawnym formacie i z jednostką.
7. Na wspólnym wykresie przedstawić zależności napięcia Halla U_H w funkcji natężenia prądu próbki I_S , zmierzone dla różnych wartości indukcji pola magnetycznego B .
8. Metodą regresji liniowej dopasować linię prostą do zależności U_H w funkcji natężenia prądu próbki I_S .
9. Korzystając z równania prostej i ze wzoru na napięcie Halla , obliczyć wartość stałej Halla R_H .
10. Korzystając ze wzoru

$$n_0 = \frac{1}{e R_H}, \quad (2)$$

wyznaczyć koncentrację n_0 nośników ładunku (e oznacza ładunek elektronu).

11. Korzystając z prawa przenoszenia niepewności, obliczyć $u(n_0)$. Zapisać wynik wraz z niepewnością w poprawnym formacie i z jednostką.
12. Na wspólnym wykresie przedstawić zależności oporu podłużnego próbki R , w funkcji indukcji pola magnetycznego, dla różnych natężeń prądu próbki I_S .
13. Korzystając z wzorów z wprowadzenia, przeanalizować wyniki pomiarów.
14. Skomentować otrzymane wyniki.