

SPRAWOZDANIE Z ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO

Temat: P1-F2 Badanie zjawiska Halla			
Wydział	AEiI	Kierunek	Informatyka
Nr grupy	1	Rok akademicki	2023/2024
Rok studiów	2	Semestr	3

L.P	Imię i nazwisko
1.	Karol Pitera
2.	Dominik Kłaput
3.	

Data pomiarów	17.01.2024
---------------	------------

Ocena poprawności elementów sprawozdania

data oceny	wstęp i cel ćwiczenia	struktura sprawozdani a	obliczeni a	rachunek niepewnoś ci	wykres	zapis końcowy	wnioski

Ocena końcowa:

Ocena lub liczba punktów	
Data i podpis	

Wstęp teoretyczny

[1]

W 1879 r. Edwin Herbert Hall (1855–1938) opracował eksperyment pozwalający ustalić znak przeważających w danym materiale nośników ładunku. Z perspektywy historycznej był to pierwszy eksperyment umożliwiający zademonstrowanie faktu, że ładunek nośników w większości metali jest ujemny.

[2]

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,

P_Z - regulowany potencjometrem,

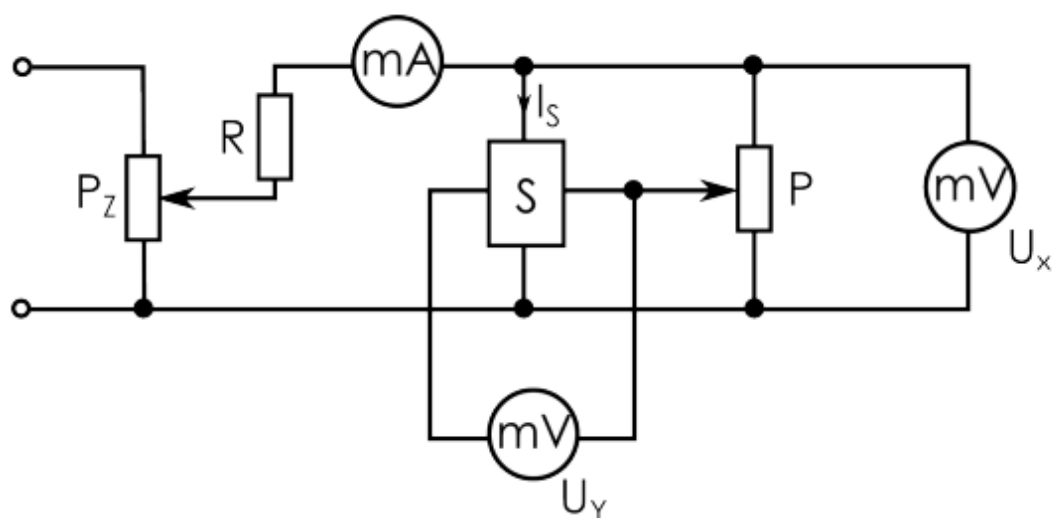
U_Y – napięcie poprzeczne na próbce, powstałe między innymi w wyniku efektu Halla,

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.



Rys.1: Schemat układu badawczego [2]

Przyrządy pomiarowe użyte podczas doświadczenia:

- | | |
|--|--|
| - Miernika analogowego LM-1 | - [pomiar natężenia prądu I_s], |
| - Zasilacz laboratoryjny MeraTronik P317 | - [napięcie U_Y], |
| - Miernik cyfrowy AteX DT890G | - [Pomiar napięcia poprzecznego U_Y], |
| - Miernik cyfrowy AteX DT890G | - [Pomiar napięcia podłużnego U_X], |
| - Miernik cyfrowy NDN DF1731SB5A | - [Natężenie prądu elektromagnesu I_0]. |

Niepewności przyrządów pomiarowych:

- Natężenie prądu:

$$\Delta I_s = \frac{\text{klasa} \cdot \text{zakres}}{100} = \frac{0.5 \cdot 30}{100} = 0.15 \text{ mA}$$
$$u_b(I_s) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}} = 0.087 \text{ mA}$$

- Pomiar napięcia poprzecznego:

$$\Delta U_Y = a\% \cdot \text{wynik} + b \cdot \text{rozdzielczość} = 0.5\% \cdot 200 \text{ mV} + 2 \cdot 0.1 = 1.2 \text{ mV}$$
$$u_b(U_Y) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}} = 0.69 \text{ mV}$$

- Pomiar napięcia podłużnego:

$$\Delta U_X = a\% \cdot \text{wynik} + b \cdot \text{rozdzielczość} = 0.5\% \cdot 20 \text{ V} + 2 \cdot 0.1 = 0.12 \text{ V}$$
$$u_b(U_X) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}} = 0.069 \text{ mV}$$

- Natężenie prądu elektromagnesu:

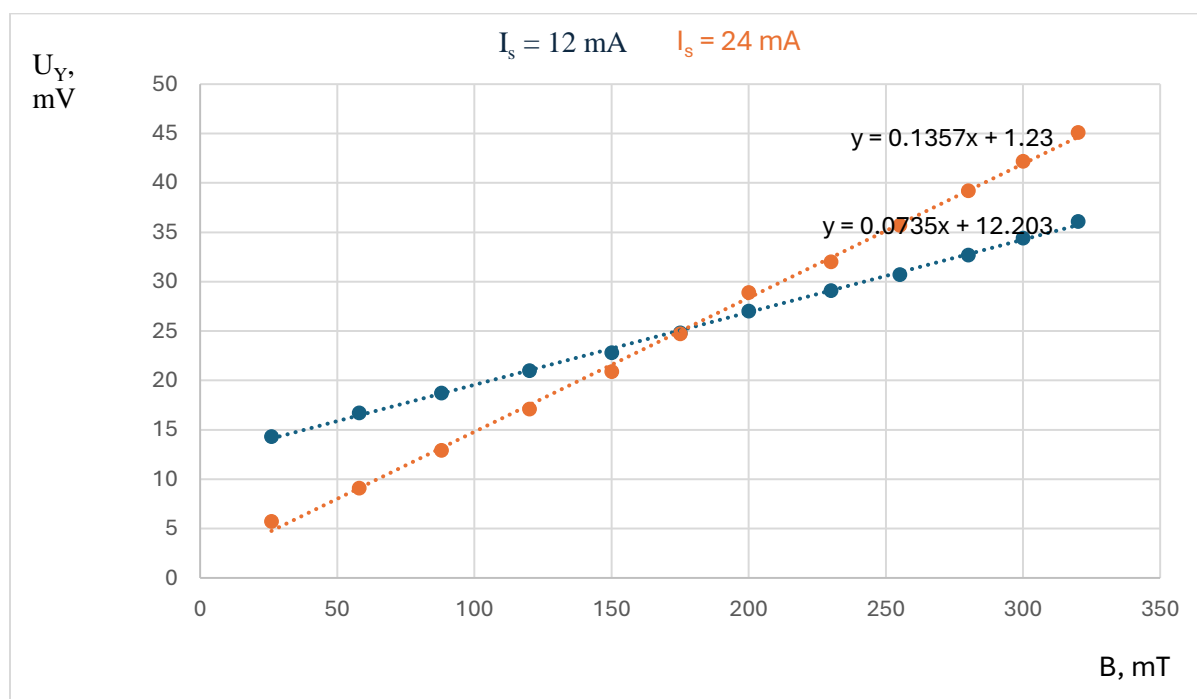
$$\Delta I_0 = a\% \cdot \text{wynik} + 0.02 = 2\% \cdot 5 \text{ A} + 0.02 = 0.12 \text{ A}$$
$$u_b(I_0) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}} = 0.069 \text{ mA}$$

Opracowanie wyników

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

J_0, A	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4
B, mT	26	58	88	120	150	175	200	230	255	280	300	320

2. Na wspólnym wykresie przedstawić zależności napięcia Halla U_H , w funkcji indukcji pola magnetycznego B , zmierzone dla różnych natężeń prądu próbki I_s .
Gdzie metodą regresji liniowej została dopasowana linia prosta do powyższej zależności.



Rys.2: Zależność natężenia U_Y które między innymi składa się z napięcia Halla U_H , w funkcji indukcji pola magnetycznego B

Zależności mają charakter liniowy zatem stwierdziliśmy że U_H rośnie wprost proporcjonalnie do U_Y

3. Zapisać współczynniki prostej w poprawnym formacie wraz z niepewnościami i z jednostkami.

Dla natężenia prądu $I_s = 12\text{mA}$		Dla natężenia prądu $I_s = 24\text{mA}$	
$a = 0.073508 \text{ V/T}$	$b = 12.202 \text{ mV}$	$a = 0.135668 \text{ V/T}$	$b = 1.230 \text{ mV}$
$u(a) = 0.00075 \text{ V/T}$	$u(b) = 0.154 \text{ mV}$	$u(a) = 0.001531 \text{ V/T}$	$u(b) = 0.315 \text{ mV}$
Zatem: $a = 0.07350(75) \text{ V/T}$	Zatem: $b = 12.20(15) \text{ mV}$	Zatem: $a = 0.1357(15) \text{ V/T}$	Zatem: $b = 0.23(31) \text{ mV}$

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

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

Aby obliczyć stałą Halla przekształciliśmy powyższy wzór do postaci:

$$R_H = \frac{U_H \cdot d}{B \cdot I_s}$$

$$a = \frac{U_H}{B}$$

$$R_H = a \frac{d}{I_s}$$

I_s, mA	12	24
$R_H, \text{m}^3/\text{C}$	$0.49 \cdot 10^{-3}$	$0.45 \cdot 10^{-3}$

6. Korzystając z prawa przenoszenia niepewności, obliczyć $u(R_H)$. Zapisać wynik wraz z niepewnością w poprawnym formacie i z jednostką.

$$u(R_H) = \sqrt{\left(\left(\frac{\partial R_H}{\partial a}\right) \cdot u(a)\right)^2 + \left(\left(\frac{\partial R_H}{\partial I_s}\right) \cdot u(I_s)\right)^2}$$

$$u(R_H) = \sqrt{\left(\left(\frac{d}{I_s}\right) \cdot u(a)\right)^2 + \left(\left(\frac{-a \cdot d}{I_s}\right) \cdot u(I_s)\right)^2}$$

Do obliczeń wykorzystaliśmy powyższy wzór, natomiast rachunki wykonaliśmy przy pomocy środowiska do obliczeń statystycznych R:

$$\text{Dla } I_s = 12 \text{ mA: } u(R_{H1}) = 0.5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{C}$$

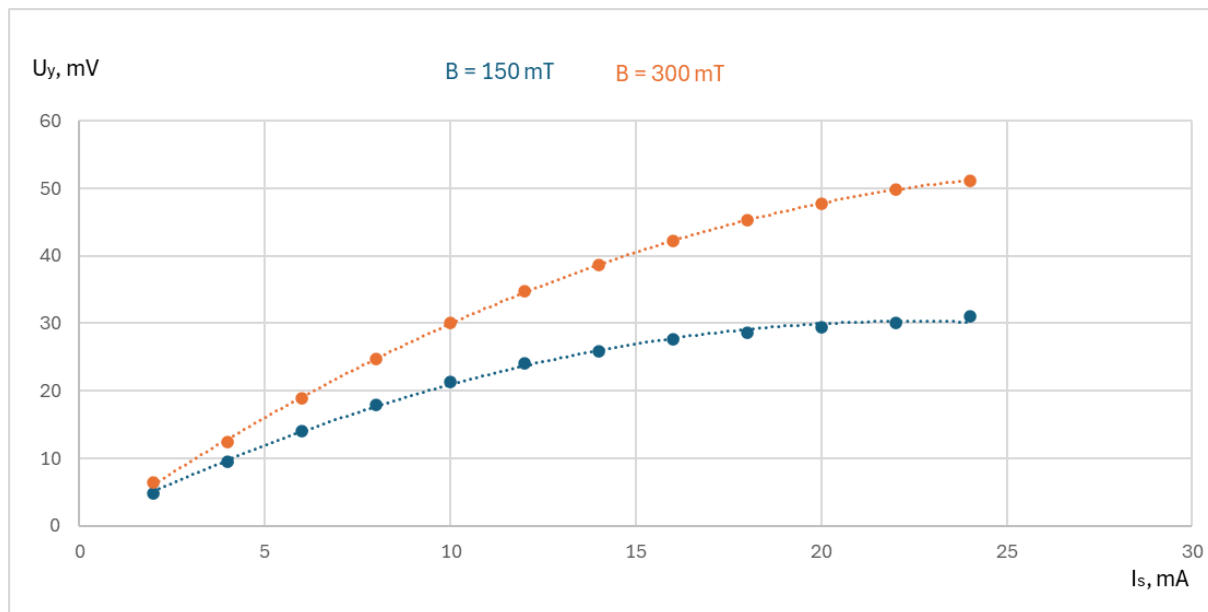
$$\text{Dla } I_s = 24 \text{ mA: } u(R_{H2}) = 0.51 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{C}$$

zatem:

$$\text{Dla } I_s = 12 \text{ mA: } R_{H1} = 0.4900(50) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{C}$$

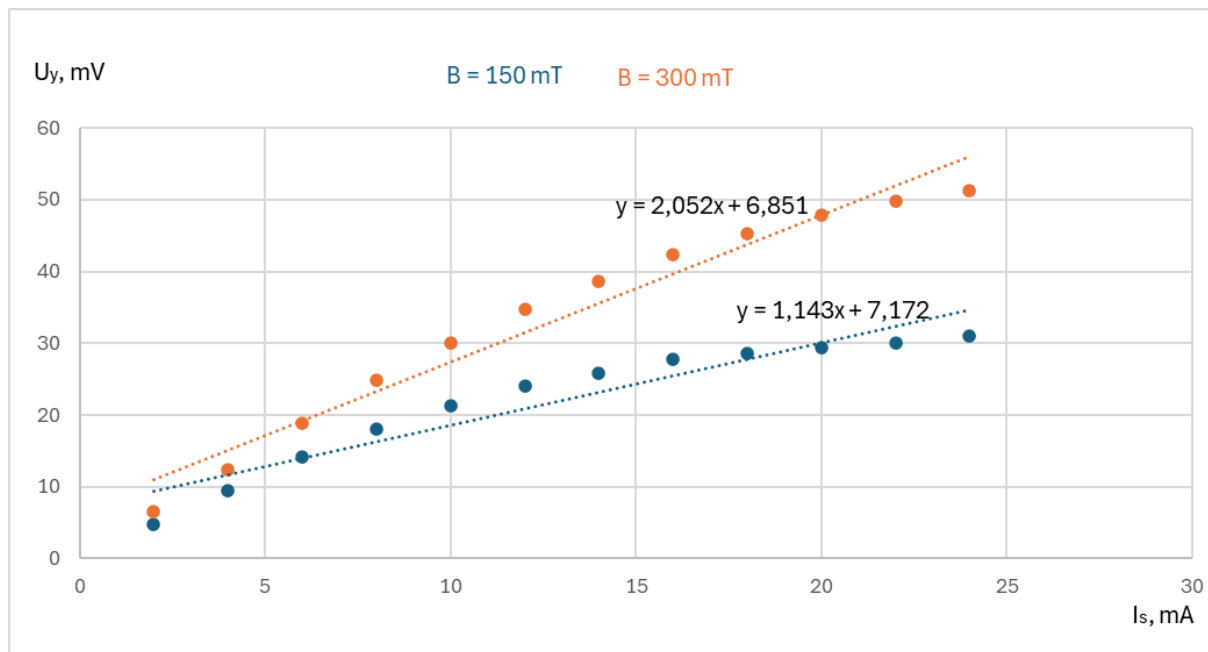
$$\text{Dla } I_s = 24 \text{ mA: } R_{H2} = 0.4500(51) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{C}$$

7. Przedstawić na wykresie zależność napięcia Halla (U_H) w funkcji natężenia prądu próbki, dla różnych wartości indukcji pola magnetycznego.



Rys.3: Zależność napięcia Halla (U_H) w funkcji natężenia prądu próbki, dla różnych wartości indukcji pola magnetycznego.

8. Metodą regresji liniowej dopasować linię prostą do zależności U_H w funkcji natężenia prądu próbki I_s .



Rys.4: Zależność napięcia Halla (U_H) w funkcji natężenia prądu próbki, dla różnych wartości indukcji pola magnetycznego wraz z dopasowaną linią prostą wyznaczoną metodą regresji liniowej

9. Korzystając z równania prostej i ze wzoru na napięcie Halla , obliczyć wartość stałej Halla R_H .

B, mT	150	300
a	1,143	2,052
$R_H, m^3/C$	$60,96 * 10^{-5}$	$54,73 * 10^{-5}$

10. Wyznaczyć koncentrację n_0 nośników ładunku.

$$n_0 = \frac{1}{eR_H}$$

B, mT	150	300
$n_0, CmV / Ta$	$1,02 * 10^{22}$	$1,14 * 10^{22}$

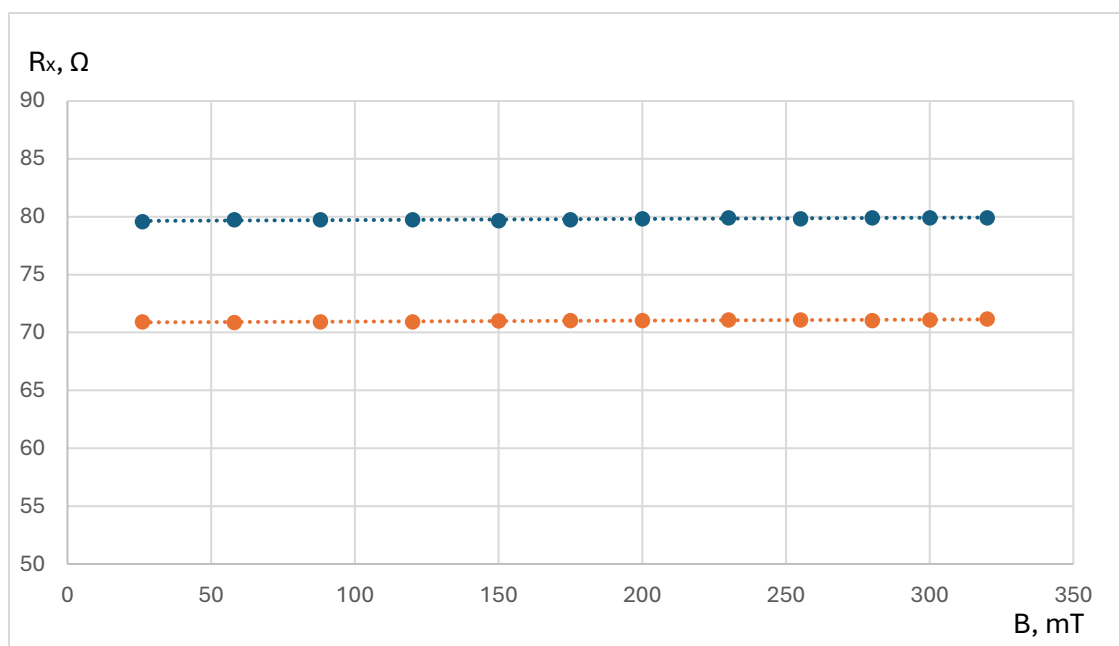
11. Korzystając z prawa przenoszenia niepewności, obliczyć $u(n_0)$. Zapisać wynik wraz z niepewnością w poprawnym formacie i z jednostką.

$$u(n_0) = \sqrt{\left(\left(\frac{\delta n_0}{\delta R_H}\right) \cdot u(R)\right)}$$

$$u(n_0) = 2,45 * 10^{20}$$

12. Na wspólnym wykresie przedstawić zależności oporu podłużnego próbki R , w funkcji indukcji pola magnetycznego, dla różnych natężeń prądu próbki I_s .

$$R = \frac{U_x}{I_s}$$



Rys. 5: Zależność oporu podłużnego próbki R, w funkcji indukcji pola magnetycznego, dla różnych natężeń prądu próbki I_s .

13. Analiza wyników.

Kierunek przepływu prądu I_s	Zwrot indukcji B	U_y , mV
+	+	46
+	-	-36,5
-	+	-50
-	-	34

Znając napięcia dla czterech kombinacji przepływu prądu względem pola magnetycznego możemy zastosować wzór na napięcie Halla:

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

$$U_H = 41,5 \text{ mV} - U_E$$

Wnioski:

Przeprowadzony eksperyment miał na celu zbadanie stałej Halla. Po przeprowadzeniu obliczeń otrzymane wyniki pomimo obciążenia znaczną niepewnością są stosunkowo zbieżne względem siebie co sugeruje ich poprawność. Warto dodać że podczas pomiarów pracowaliśmy na niestabilnym zasilaczu, który uległ awarii co zmusiło nas do poproszenia o pomoc Pana prowadzącego oraz Pana konserwatora. Przypuszczamy zatem, że wyliczone przez nas niepewności są odpowiednio mniejsze od rzeczywistych przez fakt, że pracowaliśmy na układzie zasilanym przez wadliwe urządzenie.

Bibliografia:

- materiały pomocnicze z platformy OpenStax [1]:

<https://openstax.org/books/fizyka-dla-szk%C3%B3%C5%82-wy%C5%BCszych-tom-2/pages/11-6-efekt-halla>

- instrukcja do laboratorium [2]:

https://platforma.polsl.pl/rif/pluginfile.php/128/mod_resource/content/3/P2-F2-InstrukcjaStrona.pdf