

Wyznaczanie stałej Halla

Marcin Polkowski

7 kwietnia 2008

Streszczenie

Celem ćwiczenia było badanie efektu Halla oraz wartości przewodnictwa dla półprzewodników.

Spis treści

1	Wstęp	2
2	Pomiary	2
2.1	Wyznaczanie punktu pracy	2
2.2	Przewodnictwo próbki	3
2.3	Efekt Halla	4
2.4	Podsumowanie	4
3	Bibliografia	5

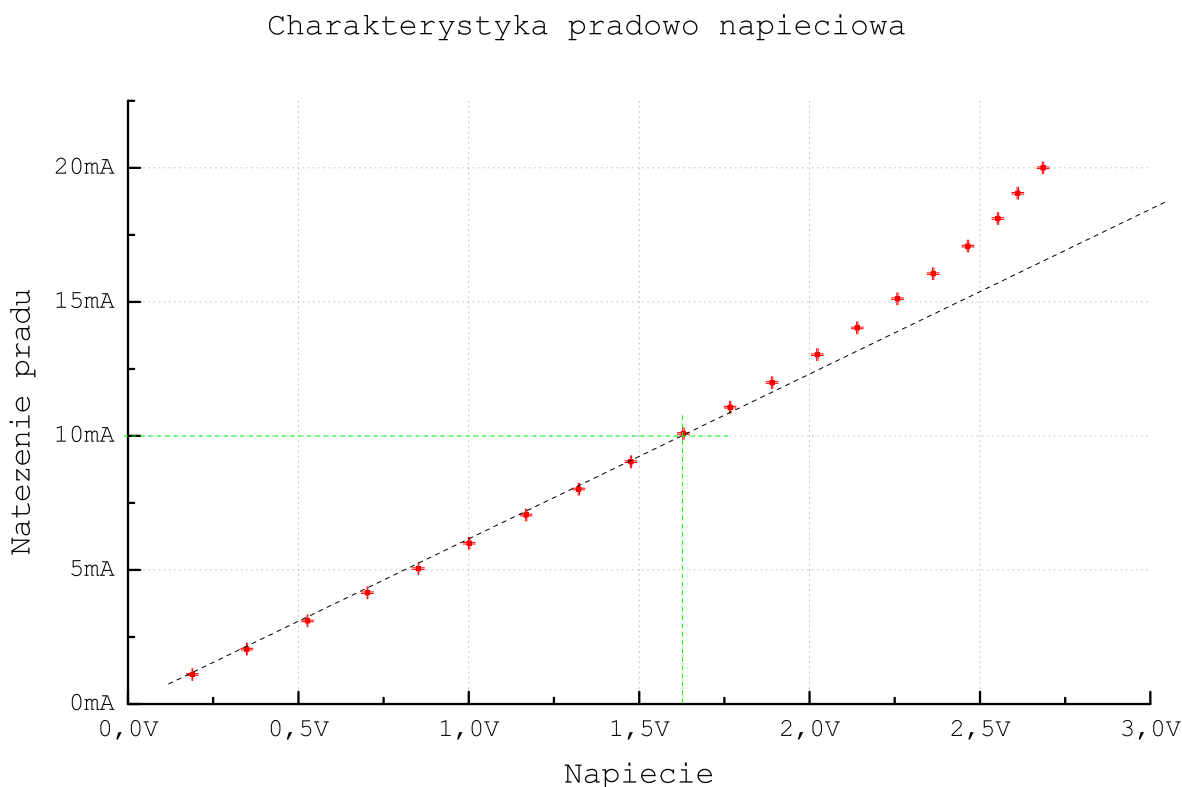
1 Wstęp

Efekt Halla to zjawisko fizyczne, odkryte w 1879 roku przez Edwina H. Halla (wówczas studenta). Polega na tym, że w przewodniku z prądem umieszczonym w polu magnetycznym powstaje poprzeczne do prądu i pola magnetycznego napięcie elektryczne.

2 Pomiary

2.1 Wyznaczanie punktu pracy

Zmierzono charakterystykę prądowo napięciową próbki. Uzyskane pomiary przedstawiono na wykresie z którego można było odczytać optymalne natężenie prądu (punkt pracy) dla którego nie pojawiały się jeszcze efekty związane z nadmiernym ogrzewaniem się półprzewodnika.



Rysunek 1: Charakterystyka prądowo napięciowa

Z wykresu odczytano, że optymalnym prądem będzie:

$$I = 10 \text{ mA}$$

Kolejne punkty doświadczenia przeprowadzono zasilając próbkę takim prądem. Z powodu niedoskonałości zasilacza ustawiono najbliższe możliwe natężenie, które wynosiło:

$$I_0 = 10,04 \pm 0,01 \text{ mA}$$

2.2 Przewodnictwo próbki

Korzystając ze wzoru na przewodnictwo elektryczne:

$$\sigma = \frac{I_0 l}{S U} \quad (1)$$

wyznaczono jego wartość dla badanej próbki. Przekrój poprzeczny próbki wynosił:

$$S = (2,64 \pm 0,16) \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$$

Długość próbki wynosiła (właściwie: odległość pomiędzy kontaktami, na których mierzono spadek napięcia)

$$l = (2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Dla kontaktów 3 i 4 zmierzono i uśredniono dwa napięcia (dla prądów płynących w obydwu kierunkach), uzyskano

$$U_1 = 1,5435 \pm 0,0020 \text{ V}$$

Tak samo dla kontaktów 5 i 6 uzyskano:

$$U_2 = 1,5550 \pm 0,0020 \text{ V}$$

Podstawiając wartości do wzoru (1) otrzymano i uśredniono dwie wartości σ uzyskując ostatecznie¹:

$$\sigma = (4,91 \pm 0,39) \cdot 10^3 \frac{1}{\Omega \cdot \text{m}}$$

¹Niepełność liczono ze wzoru uzyskanego z zasady propagacji małych błędów: $d\sigma = \sqrt{\frac{dI^2 I^2}{S^2 U^2} + \frac{dS^2 L^2 I^2}{S^4 U^2} + \frac{dU^2 L^2 I^2}{S^2 U^4} + \frac{dL^2 L^2}{S^2 U^2}}$

2.3 Efekt Halla

Związek między wielkością napięcia Halla a natężeniem płynącego prądu I i wielkością przyłożonego pola magnetycznego B_z wynosi:

$$U_h = \frac{1}{qn} \frac{IB_z}{d} = R \frac{IB_z}{D}$$

gdzie R jest współczynnikiem Halla. Przekształcając to wyrażenie otrzymujemy wzór na współczynnik Halla:

$$R = \frac{U_h d}{IB_z} \quad (2)$$

Zmierzono napięcia Halla (U_h) pomiędzy kontaktami 3 – 5 oraz 4 – 6 dla trzech różnych pól magnetycznych generowanych elektromagnesem. Dla każdego natężenia pola wykonano po cztery pomiary napięcia Halla dla danej pary kontaktów zmieniając kierunki prądu w próbce i pola magnetycznego. Dla każdego pomiaru napięcia wyznaczono wartość współczynnika Halla ze wzoru (2) a otrzymane wartości uśredniono uzyskując ostatecznie:

$$R = (-1,33 \pm 0,09) \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{C}}$$

Znajomość współczynnika Halla pozwala stwierdzić, iż nośnikami energii w badanej próbce były elektrony (wskazuje na to ujemna wartość obliczonego współczynnika). Dodatkowo znając R możemy wyznaczyć koncentrację nośników w badanej próbce:

$$n = \frac{1}{qR} = \frac{6,24}{|R|} \cdot 10^{18} = (4,69 \pm 0,03) \cdot 10^{22} \frac{1}{\text{m}^3}$$

Kolejną wartością, którą można wyznaczyć dla badanej próbki jest ruchliwość nośników:

$$\mu_n = \frac{\sigma}{en} = \sigma |R| = 0,653 \pm 0,068 \frac{\text{m}^2}{\text{V} \cdot \text{s}}$$

2.4 Podsumowanie

Zbadano próbkę półprzewodnika. Stwierdzono iż nośnikiem energii są elektrony. Wyznaczono przewodnictwo, współczynnika Halla, koncentrację nośników oraz ich ruchliwość dla badanej próbki:

$$\sigma = (4,91 \pm 0,39) \cdot 10^3 \frac{1}{\Omega \cdot \text{m}}$$

$$R = (-1,33 \pm 0,09) \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{C}}$$

$$n = (4,69 \pm 0,03) \cdot 10^{22} \frac{1}{\text{m}^3}$$

$$\mu_n = 0,653 \pm 0,068 \frac{\text{m}^2}{\text{V} \cdot \text{s}}$$

Ewentualne różnice pomiędzy wartościami zmierzonymi i wyznaczonymi a rzeczywistością mogły wynikać z:

- zmian temperatury próbki w czasie pomiarów,
- niedoskonałych parametrów elektrycznych kontaktów w próbce,
- niejednorodności pola magnetycznego na powierzchni próbki.

3 Bibliografia

Do sporządzenia niniejszego opisu wykorzystane zostały wiadomości z następujących źródeł:

- Instrukcja do ćwiczenia
- John R. Tylor, *Wstęp do analizy błędu pomiarowego*, Warszawa 1995
- Notatki własne