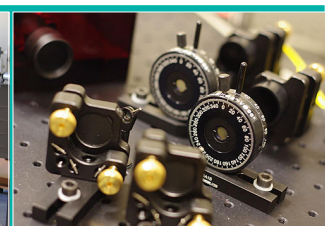
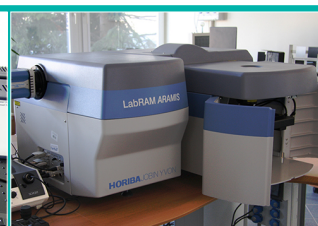


Ćwiczenie 25

Efekt Halla w domieszkowanym germanie typu p i typu n (wersja z Cobrą)

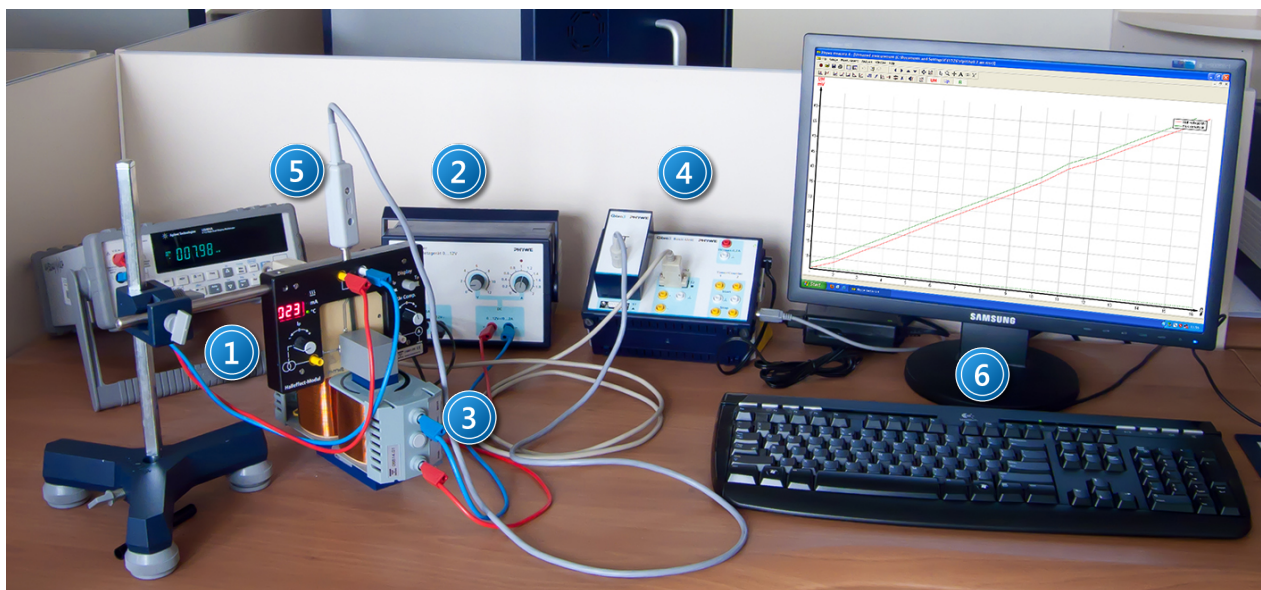


I. Zagadnienia do opracowania.

1. Podstawy teorii pasmowej.
2. Klasyfikacja ciał stałych w oparciu o teorię pasmową.
3. Półprzewodniki samoistne i domieszkowe.
4. Przewodnictwo elektryczne i przewodnictwo cieplne półprzewodników.
5. Efekt Halla i jego zastosowanie.
6. Stała Halla, przewodność materiału, koncentracja i ruchliwość nośników ładunku.
7. Budowa i zastosowanie hallotronów.

II. Zadania doświadczalne.

1. Zapoznać się z układem pomiarowym zamieszczonym na *Zdjęciu 1* oraz wskazówkami dotyczącymi jego obsługi opisanymi w *Dodatku*. Moduł pomiarowy (1) wskazany przez prowadzącego ćwiczenie umieścić pomiędzy nabiegownikami elektromagnesu (3).
2. Włączyć zasilanie modułu pomiarowego Cobra 3 (4 na *Zdjęciu 1*) oraz uruchomić na komputerze program Phywe measure 4.
3. Włożyć sondę teslomierza (5) do modułu pomiarowego (1) z badanym hallotronem.



Zdjęcie 1. Zestaw pomiarowy do badania efektu Halla: 1 – moduł pomiarowy z hallotronem; 2 – zasilacz elektromagnesu oraz modułów; 3 – elektromagnes; 4 – moduł urządzenia sterującego pomiarami (Cobra 3); 5 – sonda teslomierza; 6 – zestaw komputerowy.



UWAGA!

Sondę teslomierza (5) należy umieścić w module pomiarowym (1), zachowując szczególną ostrożność, aby nie uległa ona deformacji lub zniszczeniu!

4. Skompensować napięcia Halla U_H zgodnie z instrukcją w *Dodatku*.
5. Wykonać pomiary napięcia Halla U_H oraz napięcia U_p na próbce w funkcji prądu sterującego I . Otrzymane wyniki przedstawić na wykresach $U_H = f(I)$ oraz $U = f(I)$. Nanieść niepewności pomiarowe odpowiednich wielkości fizycznych.
6. Wykonać pomiary napięcia U_p oraz U_H w funkcji indukcji magnetycznej B tj. $U_p = f(B)$; $U_H = f(B)$.
 Wykonać wykres zależności względnej zmiany oporu elektrycznego $(R-R_0)/R_0 = f(B)$.
 Obliczyć przewodność właściwą próbki korzystając z zależności $\sigma_w = I/(R_0 \cdot A)$, gdzie $l = 20$ mm, $A = 10$ mm².
 Wykonać wykres zależności $U_H = f(B)$.
 Korzystając z metody regresji liniowej wyznaczyć wartość stałej Halla R_H (grubość próbki wynosi $d = 1$ mm).
 Obliczyć koncentrację n oraz ruchliwość ładunków μ .
7. Zmierzyć napięcie na próbce U_p oraz napięcie Halla U_H w funkcji temperatury T .
 Wykonać wykres zależności $U_H = f(T)$.
 Na wykresie nanieść niepewności pomiarowe odpowiednich wielkości fizycznych.
 Wykonać wykres zależności $\ln(1/U_p) = f(1/T)$ (T w skali Kelvina).
 Korzystając z metody regresji liniowej ($\ln\sigma = \ln\sigma_0 + (E_g/2k_B) \cdot T^{-1}$) wyznaczyć wielkość przerwy energetycznej E_g (k_B - stała Boltzmanna; przewodność $\sigma = 1/U_p$).
8. Zmierzyć napięcie U_p na próbce z czystym germanem w funkcji temperatury T .
 Wykonać wykres zależności $\ln(1/U_p) = f(1/T)$.
 Korzystając z metody regresji liniowej wyznaczyć wielkość przerwy energetycznej.
 Porównać i omówić otrzymane wyniki dotyczące wielkości przerwy energetycznej dla czystego oraz dla domieszkowanego germanu.

III. Zestaw przyrządów.

1. Trzy moduły z hallotronami.
2. Elektromagnes.
3. Zasilacz elektromagnesu oraz modułów.
4. Moduł urządzenia sterującego pomiarami (Cobra 3).
5. Sonda teslomierza.
6. Zestaw komputerowy.

IV. Literatura.

1. Z. Kleszczewski – „*Podstawy fizyczne elektroniki ciała stałego*”, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.
2. Ch. Kittel – „*Wstęp do fizyki ciała stałego*”, PWN, Warszawa 1999.
3. A. Van der Ziel – „*Podstawy fizyczne elektroniki ciała stałego*”, WNT, Warszawa 1980.
4. W. Ashcroft – „*Fizyka ciała stałego*”, PWN, Warszawa 1986.
5. K. V. Szalimowa – „*Fizyka półprzewodników*”, PWN, Warszawa 1974,
6. A. Kobus, J. Tuszyński – „*Hallotrony i ich zastosowanie*”, WNT, Warszawa 1965.
7. W. Girit – „*Hallotrony: zastosowanie zjawiska Halla w technice*”, PWN, Warszawa 1961.
8. Ch. Kittel – „*Introduction to Solid State Physics*”, John Wiley & Sons, 2004.
9. W. Ashcroft – „*Solid State Physics*”, Saunders College, Philadelphia 1976.
10. K. Lark–Horovitz, Vivian A. Johnson – „*Solid State Physics. Pt. B, Electrical, Magnetic, and Optical Properties*”, London: Academic Press, New York 1959.
11. PHYWE – „*Laboratory Experiments Physics*”, 2010, www.phywe.com .
12. A.P. Arya – „*Fundamentals of Atomic Physics*”, Allyn & Bacon, Inc. Boston 1971.

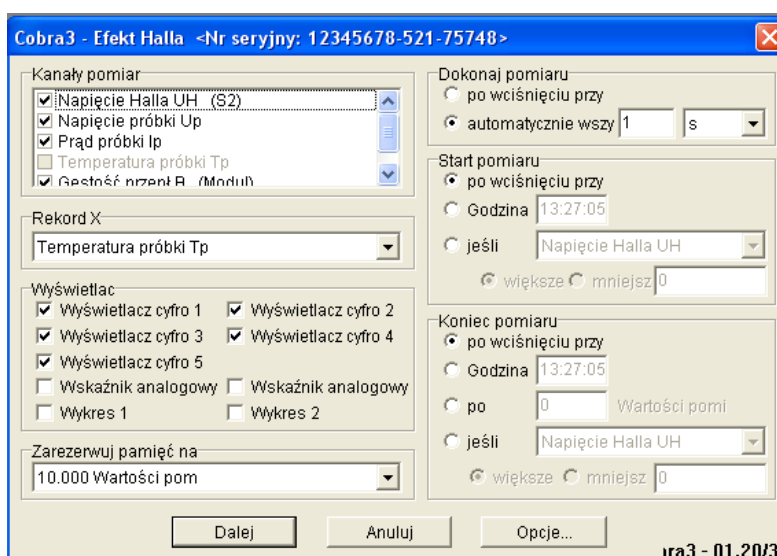
Dodatek

Wskazówki dotyczące wykonania pomiarów

Odczytu wszystkich mierzonych wielkości tj. wartość prądu sterującego I_p , indukcji pola magnetycznego B , napięcia Halla U_H , napięcia wzdłuż próbki U_p oraz temperatury T dokonywać na komputerze, przy użyciu programu *Phywe measure 4*.

Wielkości mierzone w wybranym pomiarze należy zaznaczyć w oknie „Kanały pomiar”.

Zmienną w funkcji, której dokonujemy pomiaru, wybrać w zakładce „Rekord X”.



Rysunek 1. Widok okna startowego programu pomiarowego.



Wskazówka

Dane należy eksportować po każdym pomiarze w formie pliku tekstowego. W tym celu należy wybrać w zakładce *measurement* polecenie *export data*, następnie wybrać *destination- save to file* oraz *format-export as a number*.

Ad. Zad. II. 3.

Dokonać kompensacji napięcia Halla U_H .

W tym celu w oknie pomiarowym (Rysunek 1) należy wybrać:

Kanały pomiarowe – Napięcie Halla U_H ,

Rekord X – Prąd próbki I_p ,

Wyświetlać – Wyświetlacze cyfrowe 1-5,

Dokonaj pomiaru – automatycznie wszystkie 1 s.

Start pomiaru – po wciśnięciu przycisku,

Koniec pomiaru – po wciśnięciu przycisku.

Po wciśnięciu przycisku *Dalej* należy dokonać kompensacji napięcia Halla U_H przy użyciu pokrętła znajdującego się po prawej stronie modułu pomiarowego (1 na Zdjęciu 1) przy natężeniu prądu

$I = 0$ A oraz indukcji pola magnetycznego $B = 0$ T.



Wskazówka

Kompensację napięcia Halla należy wykonywać przed rozpoczęciem kolejnej serii pomiarów.

Ad. Zad. II. 4.

Zbadać zależność napięcia Halla U_H oraz napięcia na próbce U_p od zmian wartości natężenia prądu sterującego próbką I_p w zakresie od -30 mA do 30 mA w odstępach co 5 mA przy stałej wartości indukcji magnetycznej $B = 250$ mT.

W oknie pomiarowym (Rysunek 1) należy wybrać:

Kanały pomiarowe – Napięcie Halla U_H , Napięcie na próbce U_p , Gęstość przepływu B ,

Rekord X – Prąd próbki I_p ,

Pomiary przeprowadzić korzystając z funkcji próbkowania po naciśnięciu klawisza (*Dokonaj pomiaru – po wciśnięciu przycisku*).

Do zmiany natężenia prądu sterującego I służy pokrętło po lewej stronie modułu pomiarowego (1).

Wartość indukcji pola magnetycznego B , odczytywaną w programie *Phywe measure 4* należy ustalić poprzez odpowiedni dobór napięcia i natężenia na zasilaczu (2).

Ad. Zad. II. 5.

Zbadać zależność napięcia na próbce U_p oraz napięcia Halla U_H od zmian wartości indukcji pola magnetycznego B w zakresie od 0 do 300 mT z krokiem 20 mT przy stałym prądzie sterującym $I = 30$ mA.

W oknie pomiarowym (Rysunek 1) należy wybrać:

Kanały pomiarowe – Napięcie Halla U_H , Napięcie na próbce U_p , Prąd próbki I_p ,

Rekord X – Gęstość przepływu (B).

Pomiary przeprowadzić korzystając z funkcji próbkowania po naciśnięciu klawisza (*Dokonaj pomiaru – po wciśnięciu przycisku*).

Ad. Zad. II. 6.

Zbadać zależność napięcia na próbce U_p oraz napięcie Halla U_H od zmian temperatury w zakresie od temperatury pokojowej tzn. około 20 °C do 140 °C. Pomiary wykonać przy stałym prądzie sterującym $I = 30$ mA oraz indukcji pola magnetycznego $B = 300$ mT.

W oknie pomiarowym (Rysunek 1) należy wybrać:

Kanały pomiarowe – Napięcie Halla U_H , Napięcie na próbce U_p , Gęstość przepływu B , Prąd próbki I_p ,

Rekord X – Temperatura próbki (T_p).

Pomiary przeprowadzić korzystając z funkcji próbkowania co 1 s (*Dokonaj pomiaru – automatycznie wszystkie 1 s*).

Po włączeniu pomiaru, w programie sterującym należy włączyć cewkę ogrzewającą próbkę za pomocą włącznika *on/off* na tylnej ścianie modułu pomiarowego.



UWAGA!

Po włączeniu cewki temperatura próbki szybko rośnie. Należy zwrócić szczególną uwagę, by nie przekraczać temperatury 150 °C.

Po osiągnięciu temperatury 140°C należy wyłączyć cewkę oraz zatrzymać pomiar.



UWAGA!

Przy pomiarach z użyciem cewki grzewczej, do 5 minut po wyłączeniu cewki należy zachować szczególną ostrożność przy obsłudze modułu pomiarowego (1). Dotknięcie płytki z hallotronem w tym czasie grozi poparzeniem.

Ad. Zad. II. 7.

Na próbce z czystym germanem zbadać zależność napięcia na próbce U_p od zmian temperatury w zakresie od temperatury pokojowej czyli od około 20 °C do 140 °C. Pomiary wykonać przy stałym prądzie sterującym $I = 10$ mA oraz indukcji pola magnetycznego $B = 300$ mT.

Pomiar wykonać zgodnie ze wskazówkami dotyczącymi poprzedniego pomiaru (**Ad. Zad. II. 6.**).