

Ćwiczenie 346

Badanie przenikalności elektrycznej ferroelektryka

Przed zapoznaniem się z instrukcją i przystąpieniem do wykonywania ćwiczenia należy opanować następujący materiał teoretyczny:

1. Przenikalność elektryczna dielektryków. [1], [2].
2. Własności ferroelektryków. [3] i [4].

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest:

1. Zapoznanie się z wybranymi własnościami materiałów ferroelektrycznych.
2. Wyznaczenie zależności przenikalności elektrycznej kryształu ferroelektrycznego od temperatury w fazie ferroelektrycznej i paraelektrycznej i określenie temperatury przejścia fazowego (temperatury Curie-Weissa).

Metoda pomiaru

Przenikalność elektryczną wyznacza się przez pomiar pojemności kondensatora C , którego okładki przylegają do płytki wyciętej z kryształu badanej substancji. Grubość płytki d jest znacznie mniejsza od jej innych wymiarów, więc dopuszczalne jest wyrażenie pojemności użytego kondensatora przy pomocy wzoru na pojemność kondensatora płaskiego

$$C = \epsilon_0 \epsilon S / d, \quad (1)$$

gdzie S - powierzchnia okładki, ϵ - przenikalność elektryczna substancji zawartej między okładkami, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m - przenikalność elektryczna próżni. Znajomość pojemności C i rozmiarów kondensatora pozwala obliczyć ϵ :

$$\epsilon = dC / S\epsilon_0. \quad (2)$$

W pobliżu temperatury przejścia fazowego ferroelektryk-paraelektryk przenikalność zmienia się z temperaturą zgodnie z prawem Curie-Weissa

$$\epsilon = \frac{K}{T - T_c}, \quad (3)$$

gdzie K - stała Curie-Weissa. Odwrotność przenikalności jest więc liniową funkcją temperatury

$$\frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{K} T - T_c / K. \quad (4)$$

Umożliwia to łatwe wyznaczenie stałych T_c i K . Wystarczy wykreślić wielkość $1/\epsilon$ w zależności od temperatury. Wyniki pomiarów powinny układać się na prostej

$$\frac{1}{\epsilon} = aT + b, \quad (5)$$

gdzie $a = 1/K$ i $b = -T_c/K$. Wartości a i b można odczytać z wykresu, a na ich podstawie obliczyć T_c i K :

$$K = 1/a, \quad (6)$$

$$T_c = -Kb. \quad (7)$$

Przebieg pomiaru

Kryształ ferroelektryka zamknięty jest w komorze ogrzewanej wodą. Zmianę i stabilizację temperatury zapewnia ultratermostat. Pojemność próbki mierzona jest miernikiem automatycznym.

Ze wzrostem temperatury przenikalność ferroelektryka rośnie, co manifestuje się zwiększeniem pojemności. Powyżej temperatury przejścia fazowego T_c , to znaczy w fazie paraelektrycznej, obserwuje się spadek pojemności.

1. Podłączyć miernik do próbki i włączyć go. Wybrać odpowiedni zakres pomiarowy.
2. Uruchomić termostat. Nastawić temperaturę o około 5K wyższą od temperatury otoczenia.
3. Po ustaleniu się temperatury odczytać jej wartość i wartość pojemności. Wyniki zanotować w tabeli.

T [K]	C [F]	ε	1/ε

4. Powtarzać pomiary podwyższając temperaturę o około 2K aż do temperatury około 340K.
5. Po zakończeniu pomiarów wyłączyć termostat i miernik.

Opracowanie sprawozdania

1. Obliczyć wartości ϵ i ϵ^{-1} .
2. Wykreślić zależności $\epsilon(T)$ i $\epsilon^{-1}(T)$. Na wykresie $\epsilon^{-1}(T)$ należy odnaleźć punkty doświadczalne odpowiadające fazie paraelektrycznej i metodą najmniejszych kwadratów dopasować do nich prostą, to znaczy obliczyć współczynniki a i b tej prostej i ich błędy Δa i Δb .
3. Obliczyć T_c i K oraz ich błędy:

$$\Delta K = K \frac{\Delta a}{a}, \quad (8)$$

$$\Delta T_c = T_c \left(\frac{\Delta K}{K} + \frac{\Delta b}{|b|} \right). \quad (9)$$

4. Przedyskutować przebieg eksperymenty i otrzymane wyniki. Przeanalizować możliwe przyczyny błędów pomiarowych.

Literatura

- [1] R. Resnick, D. Halliday, *Fizyka*, t. II, PWN, Warszawa, 1998.
- [2] I. W. Sawieliew, *Wykłady z fizyki*, t. 2, PWN, Warszawa, 2002
- [3] B. Jaworski, A. Dietłaf, L. Miłkowska, *Kurs fizyki*, t. 2, PWN, Warszawa, 1984.
- [4] *Druga pracownia fizyczna*, red. F. Kaczmarek, PWN, Warszawa, 1976.