

POLITECHNIKA ŁÓDZKA

INSTYTUT FIZYKI

LABORATORIUM

FIZYKI KRYSZTAŁÓW STAŁYCH

ĆWICZENIE Nr 2

**Badanie własności ferroelektrycznych
soli Seignette'a**

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie zależności temperaturowej **polaryzacji spontanicznej** (P_s) i **natężenia pola koercji** (E_c) w próbce wyciętej z monokryształu soli Seignette'a.

Opis metody pomiarowej

Do pomiarów polaryzacji spontanicznej kryształów ferroelektrycznych stosowana była prosta metoda podana przez Sawyera i Towera (Phys. Rev. **35**. 269, 1930), udoskonalona przez Diamant'a, Drenck'a i Pepinsky'ego (Rev. Sci. Instr. **28**. 30, 1957) nazywana w skrócie **metodą DDP** . Jej idea wynika z następujących rozważań.

Ładunek elektryczny q , indukowany na elektrodach kondensatora C_k z dielektrykiem w postaci materiału monokrystalicznego, pod wpływem przyłożonego zewnętrznego napięcia U_k wynosi:

$$q = C_k * U_k \quad (1)$$

Ten sam ładunek indukowany jest na okładkach kondensatora o znanej pojemności C_0 , połączonego szeregowo z pojemnością kryształu C_k . Tak połączone kondensatory tworzą dzielnik napięcia, a zatem napięcie na okładkach kondensatora C_0 wynosi:

$$U_0 = U_y = q / C_0 \quad (2)$$

Ponieważ zazwyczaj C_0 jest znacznie większe niż C_k , zatem praktycznie całe napięcie, doprowadzone z uzwojenia wtórnego transformatora Tr, zasilającego mostek DDP, przyłożone jest do okładek kondensatora z badanym kryształem ferroelektrycznym. Indukcja elektryczna w kryształach $D = \epsilon_0 * E + P_s$. Dla $E = 0$, $D = q / S$, gdzie S oznacza powierzchnię elektrod kryształu. Podstawiając wartość $q = S * P_s$ do równania (2), określającego U_y , otrzymamy:

$$U_y = S * P_s / C_0 = k_1 * P_s \quad (3)$$

Napięcie U_y jest zatem wprost proporcjonalne do polaryzacji spontanicznej P_s badanego kryształu ferroelektrycznego. Napięcie to doprowadzamy do płytek odchylenia pionowego (Y) oscyloskopu. Do płytek odchylenia poziomego (X) doprowadzamy jednocześnie część napięcia zasilającego mostek DDP, korzystając z dzielnika oporowego. Napięcie to jest równe:

$$U_x = \frac{R_2 * U}{R_1 + R_2} \quad (4)$$

gdzie $R_1=990k\Omega$, $R_2=10k\Omega$, zaś U – napięcie wyjściowe transformatora Tr. Znając grubość badanego kryształu (d), można określić natężenie pola elektrycznego $E = U/d$, w którym znajduje się badany kryształ ferroelektryczny. Zatem:

$$U_x = \frac{R_2 * d * E}{R_1 + R_2} = k_2 * E \quad (5)$$

Widać, że odchylenie wiązki elektronów, padającej na ekran oscyloskopu, w kierunku osi X będzie proporcjonalne do natężenia pola elektrycznego E . Z równań (3) i (5) wynika, że na ekranie oscyloskopu można obserwować zależność polaryzacji spontanicznej P_s od natężenia pola elektrycznego E .

W metodzie DDP do badań polaryzacji spontanicznej ferroelektryków stosuje się dodatkowy obwód złożony ze zmiennej pojemności (od 0 do 100 pF) i dekadowo połączonych pojemności 10×100 pF oraz oporów $10 \times 1M\Omega$ i $10 \times 10 M\Omega$ wraz z odpowiednim mnożnikiem fazowym $\times 1$, $\times 10$ i $\times 100$. Obwód ten spełnia rolę obwodu kompensacyjnego, kompensującego straty dielektryczne i przewodnictwo omowe badanego kryształu.

W przypadku wyjątkowo złych kryształów, pod względem własności dielektrycznych, należy gałąź oporową połączyć z uziemieniem mostka DDP. Odpowiada to pozycji „Z” przełącznika mnożnika fazowego.

Zastosowanie oddzielnej gałęzi kompensacyjnej w metodzie DDP wymaga użycia drugiego analogicznego kondensatora C_0 , stanowiącego pojemnościowy dzielnik natężenia pola elektrycznego E_y . Dla obserwacji zmian polaryzacji spontanicznej, jako funkcji natężenia pola elektrycznego E , należy napięcia z obu dzielników pojemnościowych („krystalicznego” i oporowo-pojemnościowego) podłączyć do wejść wzmacniacza różnicowego, którego wyjście steruje napięciem odchylenia pionowego (Y) oscyloskopu.

Jeśli w badaniach użyty jest oscyloskop zawierający wzmacniacz różnicowy, to wówczas wyjścia obydwu dzielników E_y podłączamy do wejść symetrycznych tego wzmacniacza.

Dla skompensowania strat dielektrycznych i przewodnictwa omowego badanego kryształu ferroelektrycznego należy dobrać odpowiednio pojemność i oporność gałęzi kompensacyjnej. Przy pomocy pojemności zmiennej ustawić należy w pozycji poziomej P_s (E) odpowiadające nasyceniu. Przy pomocy zmiennych oporności doprowadzić należy do wzajemnego pokrycia się linii pętli histerezy, odpowiadających stanowi nasycenia polaryzacji. Po uzyskaniu kompensacji zmierzyć wartość U_y i ze znajomości $k_1=S/C_0$ obliczyć wartość P_s badanego kryształu.

Wszystkie elementy regulacyjne mostka DDP dostępne są na płycie czołowej. W górnym rzędzie znajduje się mnożnik fazowy $\times 1$, $\times 10$, $\times 100$ i połączenie gałęzi oporowej obwodu kompensacyjnego do masy (poz. „Z”) oraz oporność zmienna $0 \div 1M\Omega$ wraz z opornościami dekadowymi $10 \times 1M\Omega$ i $10 \times 10 M\Omega$.

W drugim rzędzie elementów regulacyjnych usytuowany został przełącznik pojemności kompensujących 10×100 pF i pojemność zmienna $0 \div 100$ pF. Z prawej strony znajduje się dzielnik pojemnościowy E_y zawierający kondensatory C_0 o pojemnościach $0.01 \mu F$, $0.1 \mu F$ i $1 \mu F$.

W dolnym rzędzie z lewej strony płyty czołowej znajdują się zaciski przyłączeniowe autotransformatora zasilającego, następnie gniazda wejściowe do podłączenia okładek kryształu-obydwie okładki posiadają potencjały różne od zera !!! Z prawej strony znajduje się gniazdo koncentryczne do wyprowadzenia napięcia z dzielnika 100:1 na płytce X oscyloskopu oraz dwa gniazda koncentryczne, połączone z kondensatorami dzielników E_y , które należy połączyć z wejściami wzmacniacza różnicowego lub gniazdami wejść symetrycznych wzmacniacza oscyloskopu. Obudowę mostka DDP można uziemić przy pomocy zacisku Z. Poprawna kompensacja oporowo-pojemnościowa daje w rezultacie na oscyloskopie obraz pętli histerezy ferroelektrycznej, jak to pokazuje Rys.3.

Przebieg ćwiczenia

1. Ustawić pokrętelem autotransformatora odpowiednie napięcie na próbce (rzędu kilkudziesięciu woltów) i skompensować przewodnictwo próbki
2. Przełączyć polaryzację napięcia, zasilającego stopy Peltier’a, tak aby grzały one próbkę **!!! Uważać, aby temperatura stosów nie przekroczyła $32^\circ C$!!!**
3. Przełączyć polaryzację napięcia zasilającego tak, aby następowało schładzanie próbki. Obserwować ekran oscyloskopu, dokonywać kompensacji przewodnictwa próbki i przerysowywać obrazy pętli histerezy, notując wartości napięć proporcjonalnych do **polaryzacji spontanicznej i natężenia koercji**. Obserwacje i pomiary prowadzić do temperatury – $25^\circ C$.

Opracowanie sprawozdania

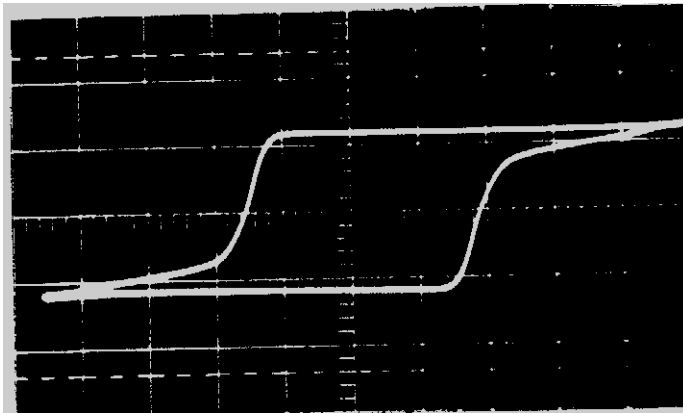
1. Wyznaczyć temperatury przejść fazowych
2. Wyznaczyć temperaturową zależność polaryzacji spontanicznej
3. Wyznaczyć temperaturową zależność natężenia koercji
4. Przeprowadzić dyskusję uzyskanych rezultatów i oszacować błędy pomiaru

Wymagania

1. Przemiany fazowe w kryształach
2. Teoria zjawiska ferroelektrycznego
3. Metody pomiaru polaryzacji spontanicznej

Literatura

1. T. Krajewski. Zagadnienia fizyki dielektryków, WKŁ, W-wa (1970)
2. A. R. Hippel. Wiedza o cząsteczce i inżynierii molekularnej, WNT, W-wa (1961)
3. L. V. Azaroff. Struktura i własności ciał stałych. WNT, W-wa (1970)
4. C. Kittel. Wstęp do fizyki ciała stałego. PWN, W-wa (1970)



Rys.3. Obraz prawidłowo skompensowanej pętli histerezy ferroelektrycznej.

