

Ćwiczenie 504.

Temat: **Badanie efektu piezoelektrycznego.**

1. Tematyka ćwiczenia:

- a) Własności sprężyste ciał stałych.
- b) Własności elektryczne dielektryków.
- c) Zjawisko fotoelektryczne.

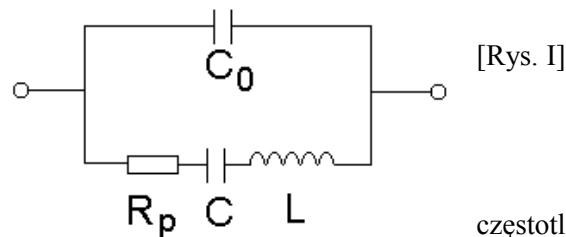
2. Cel ćwiczenia:

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie współczynnika sprzężenia elektromechanicznego kryształu piezoelektrycznego w funkcji temperatury.

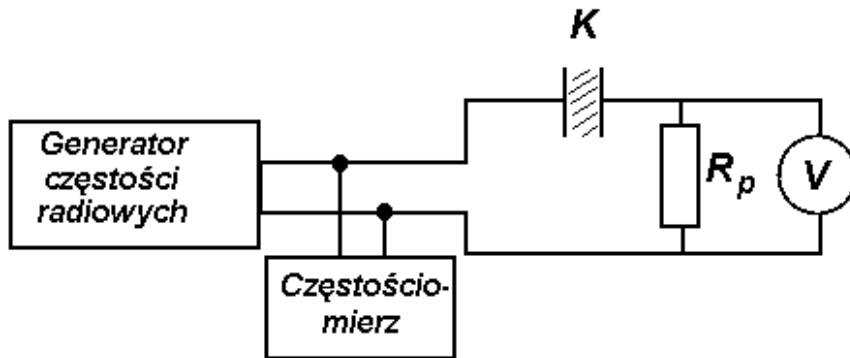
3. Metoda pomiaru:

Do określenia własności piezoelektrycznych kryształów uproszczoną metodą Fumiego niezbędna jest znajomość częstotliwości rezonansu szeregowego f_r , rezonansu równoległego f_a oraz przenikalności dielektrycznej ϵ tego kryształu.

Własności elektryczne kryształu piezoelektrycznego są takie, jak przedstawionego na rysunku elektrycznego obwodu zastępczego, który pomaga zrozumieć drgania rezonansowe kryształu.



Do pomiaru kryształu zastosujemy tzw. metodę impedancji szeregowej Meissnera. częstotliwości rezonansowej



Schemat blokowy aparatury do pomiarów metodą impedancji szeregowej

[Rys. II]

W metodzie tej kryształ piezoelektryczny K wraz z oporem pracy R_p stanowi obciążenie generatora wysokiej częstotliwości. Za pomocą woltomierza lampowego V , podłączonego równolegle do oporu pracy R_p , można badać zmiany natężenia prądu płynącego w obwodzie obciążającym generator w zależności od częstotliwości jego napięcia wyjściowego. Natężenie prądu I płynące w obwodzie (a więc i napięcie na oporze pracy) osiąga wartość maksymalną przy częstotliwości rezonansu szeregowego:

$$f_r = \frac{1}{2d} \sqrt{\frac{c}{\rho}}; \quad [1]$$

c -moduł sprężystości; ρ - gęstość kryształu; d - grubość próbki

natomiast wartość minimalną dla rezonansu równoległego:

$$f_a = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot \frac{C \cdot C_0}{C + C_0}}} \quad [2]$$

C_0 – pojemność kryształu zmierzona polem małej częstotliwości.

Zdolność kryształu do przetwarzania energii określa współczynnik sprzężenia elektromechanicznego k , którego kwadrat jest równy stosunkowi energii mechanicznej drgań do energii mechanicznej dostarczonej ze źródła.

Wartość tego współczynnika można znaleźć z równania:

$$k^2 = \frac{\pi^2}{4} \cdot \left(\frac{f_a - f_r}{f_r} \right) \quad [3]$$

Znając wartość liczbową k z bezpośrednich pomiarów częstotliwości f_r i f_a oraz przenikalność dielektryczną kryształu ϵ , można obliczyć moduł piezoelektryczny badanego kryształu:

$$d = k \cdot \sqrt{\frac{\epsilon}{c}} \quad [4]$$

Dla badanego kryształu kwarcu:

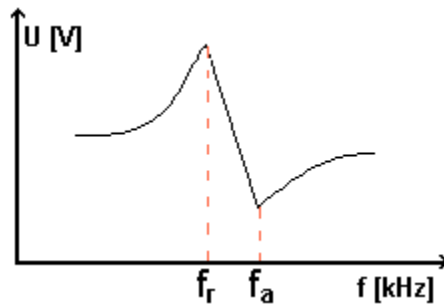
$$\epsilon = 4,06 \cdot 10^{-11} \text{ [F/m]}$$

$$\rho = 2,65 \cdot 10^3 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Moduł sprężystości c należy wyznaczyć z wzoru [1]

4. Wykonanie ćwiczenia:

- Połączyć aparaturę według rysunku [II]. Wybrać na generatorze zakres napięcia 3V. Włączyć generator, woltomierz i częstotliciomierz.
- Zmierzyć zależność napięcia U na oporze pracy R_p od częstotliwości (w temperaturze pokojowej) w zakresie częstotliwości od 90kHz do 2 MHz., zapisując tylko maksima i minima napięć i odpowiadające im częstotliwości. Nanieść pomiary na wykres $U(f)$. Przykładowy fragment takiej zależności przedstawia rysunek:



[Rys. III]

- Odszukać na wykresie któremu odpowiada rezonans podstawowy, największa różnica ΔU między napięciem rezonansu szeregowego f_r , a napięciem rezonansu równoległego f_a .
- Ustawić częstotliwość odpowiadającą rezonansowi podstawowemu. Włączyć termostat i powtórzyć pomiary napięć $U(f_r)$ oraz $U(f_a)$ dla rezonansu podstawowego, powtarzając pomiary co 5°C w zakresie do 40°C i co 1°C, aż do chwili zniknięcia piezoeffektu.
- Narysować wykres zależności wartości współczynnika sprzężenia elektromechanicznego od temperatury.

[Rys. III]