

CZESŁAW KAJTOCH, BRONISŁAW SOBAS**

Wpływ stałego pola elektrycznego i magnetycznego na zmiany temperaturowe przenikalności elektrycznej w BaTiO_3

WSTĘP

Jednym z najbardziej rozpowszechnionych związków typu ABO_3 jest tytanian baru BaTiO_3 , którego kryształy charakteryzują się w temperaturach wyższych od 393 K strukturą perowskitu [10]. W zakresie temperatur 278-393 K posiada on strukturę tetragonalną, od 183 do 278 K strukturę rombową, a poniżej 183 K strukturę romboedryczną. Poniżej temperatury Curie (około 393 K) BaTiO_3 wykazuje własności ferroelektryczne, a powyżej tej temperatury własności paraelektryczne.

Różnorodność warunków mających wpływ na uzyskiwane wyniki w pomiarach zmian przenikalności elektrycznej w funkcji temperatury powoduje konieczność ustalania warunków pomiarów, takich jak: wartość natężenia przyłożonego pola elektrycznego i magnetycznego, częstotliwość pola pomiarowego oraz rodzaj materiału elektród.

Wpływ zewnętrznego pola elektrycznego i magnetycznego na zmiany temperaturowe przenikalności elektrycznej w ferroelektrykach był przedstawiony przez wielu autorów [2-3, 6-8, 10-13, 15]. Wpływ stałego pola elektrycznego na własności ferroelektryków przejawia się obniżeniem wartości

* Instytut Fizyki WSP Kraków ul. Podchorążych 2

** Dyrekcja Okręgu Poczty i Telekomunikacji w Krakowie

przenikalności dielektrycznej i przesunięciem punktu Curie w stronę temperatur wyższych, co dla BaTiO_3 przedstawiono w pracach [2, 7, 8, 12]. Pole to powoduje także rozmycie przejść fazowych, deformację pętli histerezy elektrycznej i zmniejszenie wartości tangensa kąta strat dielektrycznych [12]. Przesunięcie punktu Curie w BaTiO_3 ze wzrostem natężenia pola elektrycznego przebiega wg W.J.Merza zgodnie ze wzorem:

$$\Delta T = aE,$$

gdzie E - natężenie pola elektrycznego w V/cm ,

$$a = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ deg/V} \cdot \text{cm}^{-1}.$$

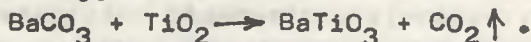
Charakter zmian T_C i ϵ_{max} w zewnętrznym polu magnetycznym obserwowali autorzy prac [6, 13, 15].

Celem niniejszej pracy było zbadanie dla BaTiO_3 wpływu stałego pola elektrycznego na zmiany temperaturowe przenikalności elektrycznej, jej maksymalnej wartości i temperatury, w której to maksimum występuje.

TECHNIKA EKSPERYMENTU

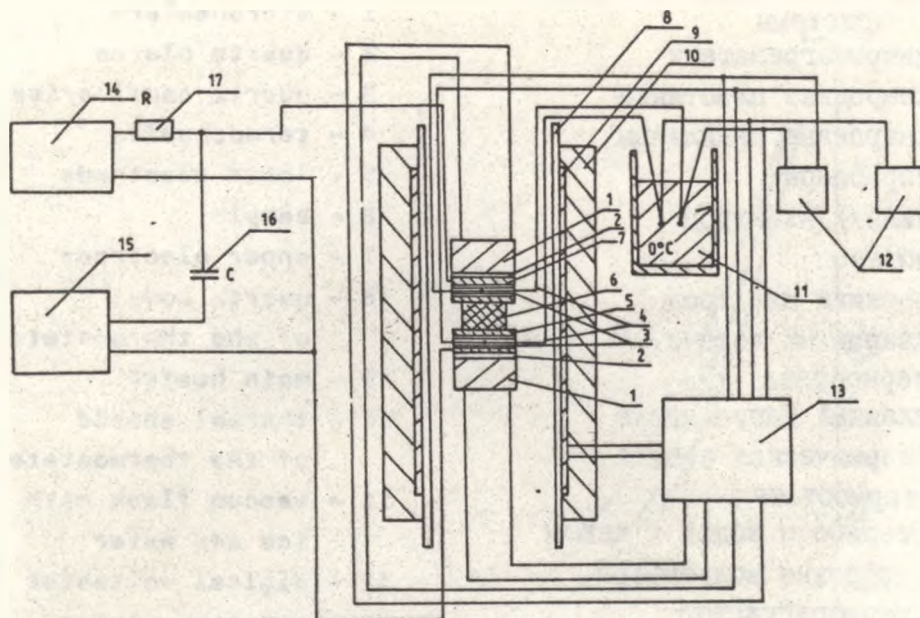
1. Technologia próbek

Próbki użyte do pomiarów wykonano w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. Ceramiczny tytanian baru BaTiO_3 otrzymano metodą spiekania [1, 2, 4, 5, 9, 14] wykorzystując reakcję:



Po dokładnym zmieszaniu sproszkowanych składników formowano je i spiekano trzy razy. Pierwsze spiekanie odbywało się w temperaturze 1473 K, drugie przy temperaturze 1573 K, a trzecie w temperaturze 1643 K, przy czym każde trwało 5 godzin i odbywało się przy swobodnym dostępie powietrza.

Na wyszlifowane powierzchnie próbek naniesiono elektrody platynowe przez wtapianie odpowiedniej pasty w temperaturze ok. 1100 K.



Rys.1. Schemat układu pomiarowego:

- 1 - mikrogrzałki
- 2 - płytki kwarcowe
- 3 - kapilary kwarcowe
- 4 - termopary
- 5 - elektroda dolna
- 6 - próbka
- 7 - elektroda górna
- 8 - kwarcowa obudowa termostatu
- 9 - grzałka główna
- 10 - osłona termiczna termostatu
- 11 - termos z lodem i wodą
- 12 - woltomierze cyfrowe
- 13 - termoregulator
- 14 - zasilacz wysokiego napięcia
- 15 - mostek do pomiaru pojemności
- 16 - wysokonapięciowy kondensator zabezpieczający mostek
- 17 - rezystor

Рис.1. Схема измерительной системы

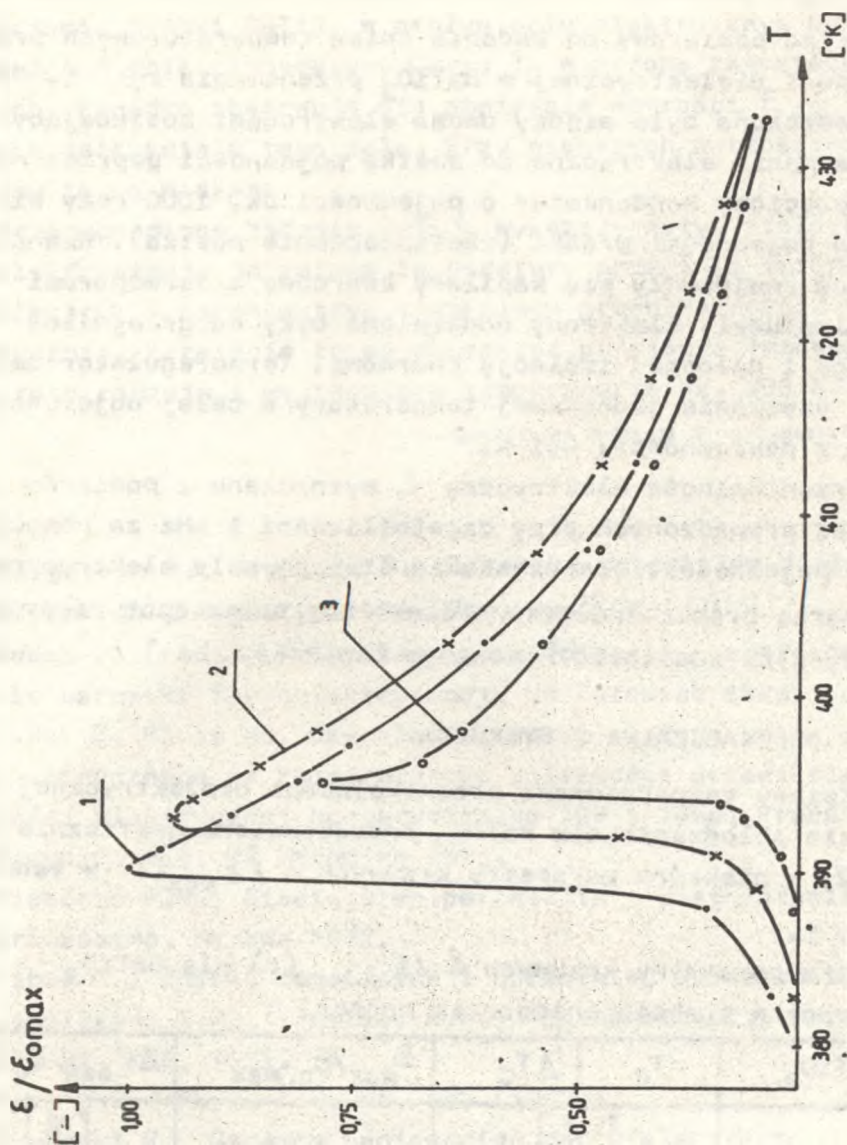
- I - микронагреватели
- 2 - кварцевые пластинки
- 3 - кварцевые капилляры
- 4 - термопары
- 5 - нижний электрод
- 6 - образец
- 7 - верхний электрод
- 8 - кварцевый корпус / термостата
- 9 - главный нагреватель
- 10 - термическая защита, термостата
- II - термос с водой и льдом
- 12 - цифровые вольтметры
- 13 - терморегулятор
- 14 - питатель высокого напряжения
- 15 - мост для измерения емкости
- 16 - высоковольтный конденсатор
- 17 - резистор

Fig.1.

- 1 - microheaters
- 2 - quartz plates
- 3 - quartz capillaries
- 4 - thermocouples
- 5 - lower electrode
- 6 - sample
- 7 - upper electrode
- 8 - quartz body of the thermostate
- 9 - main heater
- 10 - thermal shield of the thermostate
- 11 - vacuum flask with ice and water
- 12 - digital voltmeter
- 13 - thermoregulator
- 14 - high - voltage supply
- 15 - capacitance bridge
- 16 - high voltage capacitor
- 17 - resistor

Fig.2. Relative dielectric permeability ϵ/ϵ_0 max as a function of temperatur for $BaTiO_3$ measured at the cooling process: 1 - $E = 0$, 2 - $E = 4 \cdot 10^4$ V/m, 3 - $E = 1 \cdot 10^5$ V/m

Рис.2. Зависимости относительной диэлектрической проницаемости ϵ/ϵ_0 max от температуры T для $BaTiO_3$, полученные в процессе охлаждения



Rys.2. Zależności względnej przenikalności dielektrycznej $\epsilon / \epsilon_{0 \max}$ od temperatury T dla BaTiO_3 otrzymane w procesie chłodzenia przy: 1 - $E = 0$, 2 - $E = 4 \cdot 10^4$ V/m, 3 - $E = 1 \cdot 10^5$ V/m

2. Technika pomiaru

Układ pomiarowy do badania zmian temperaturowych przenikalności dielektrycznej w BaTiO_3 przedstawia rys. 1. Próbkę umieszczoną była między dwoma elektrodami posiadającymi wyprowadzenia elektryczne do mostka pojemności poprzez wysokonapięciowy kondensator o pojemności ok. 1000 razy większej od pojemności próbki (zabezpieczenie mostka). Wewnątrz elektrod znajdowały się kapilary kwarcowe z termoparami chromel-alumel. Elektrody oddzielone były od grzejników (górnego i dolnego) izolacją kwarcową. Termoregulator umożliwiał uzyskanie jednakowej temperatury w całej objętości próbki z dokładnością 0,1 K.

Przenikalność elektryczną ϵ wyznaczano z pomiarów pojemności prowadzonych przy częstotliwości 1 kHz za pomocą mostka pojemności. Dla uzyskania stałego pola elektrycznego w obszarze próbki podłączano elektrody przez opór zabezpieczający R do zasilacza wysokiego napięcia.

WYNIKI DOŚWIADCZALNE I DYSKUSJA

Zmiany temperaturowe przenikalności dielektrycznej w procesie chłodzenia dla BaTiO_3 przedstawiono graficznie na rys. 2, a niektóre parametry krzywych $\epsilon / \epsilon_{\text{max}}(T)$ w tabeli.

Tabela 1.

Niektóre parametry krzywych $\epsilon / \epsilon_{\text{max}}(t)$ dla BaTiO_3 otrzymane w trakcie chłodzenia próbek.

BaTiO_3	T_C	ΔT_C	$\epsilon_{\text{max}} / \epsilon_{\text{max}}$	$\Delta \epsilon_{\text{max}} / \epsilon_{\text{max}}$
	[K]			[%]
E=0	390	-	1,00	-
E=4·10 ⁴ V/m	393	+3	0,95	-5,2
E=1·10 ⁵ V/m	395	+5	0,80	-19,9

Z analizy wartości przedstawionych w tabeli wynika, że umieszczenie próbki BaTiO_3 w stałym polu elektrycznym powoduje przesunięcie temperatury Curie T_C w stronę temperatur wyższych. Ponadto obserwuje się obniżenie wartości ϵ_{\max} ze wzrostem natężenia E tego pola. Przy większych wartościach E zmiany te są większe.

Przeprowadzone badania BaTiO_3 wykazały wpływ stałego pola elektrycznego na zmianę temperatury przejścia fazowego ferroelektryk - paraelektryk i maksimum przenikalności elektrycznej. Przejście to ma charakter przejścia fazowego pierwszego rodzaju i występuje w temperaturze ok. 393 K.

Wpłynęło do Redakcji 30 września 1985r.

Literatura

- [1] Bergstein A., Krupicka S., Ceramika materiałów dielektrycznych i magnetycznych, Warszawa 1961.
- [2] Dudek J. (red.), Technologia, właściwości i zastosowanie ceramiki ferroelektrycznej, UŚ Katowice 1985.
- [3] Dudek J., Pluta B., Dmytrów D., Wpływ stałego pola elektrycznego na temperaturowe zależności przenikalności elektrycznej monokryształów TGS i TGSe, Prace fizyczne t.4, UŚ Katowice 1976.
- [4] Fiesenko F.G., Siemiejstwo perowskita i siegnietoelektryczestwo, Moskwa 1972.
- [5] Gibas T., Spieki ceramiczne i cermetale, Warszawa 1961.
- [6] Ismailzade I.H., Ismailov R.M., Alekberov A.I., Ferroel. 31, 165, 1981.
- [7] Merz W.J., Phys. Rev. 91, 513 (1953).
- [8] Okadzaki K., Ceramic Engineering dor Dielectrics, Tokyo 1969.
- [9] Senderecka J. (red.), Dielektryki ceramiczne i ich zastosowanie, Warszawa 1967.
- [10] Smoleński G.A., Krajnik N.N., Ferroelektryki i antyferroelektryki, PWN, Warszawa 1968.

- [11] Stankowska J., Acta Phys. Pol. 31, 527, 1967.
- [12] Surowiak Z., Łoposzko M., Wpływ stałego pola elektrycznego na własności cienkich warstw $BaTiO_3$, otrzymanych metodą elektroforezy, Prace fizyczne t.5, UŚ Katowice 1976.
- [13] Wagner D., Bauerle D., Phys. Lett. 83A, 347, 1981.
- [14] Wójcik K., Zawada A., Otrzymywanie ceramiki niektórych materiałów ferroelektrycznych typu ABO_3 , Prace fizyczne UŚ nr 4, Katowice 1976.
- [15] Kuś, Cz., Kwiecińska T., Śmiga W., Wpływ pola magnetycznego na własności $BaTiO_3$, Prace fizyczne V, Wyd. Nauk. WSP, Kraków 1986.

Cz. Kajtoch, B. Sobas

Influence of the constant electric field on temperature of the electric permeability in $BaTiO_3$.

ABSTRACT

Influence of the constant electric field on temperature changes of electric permeability in $BaTiO_3$ were studied. It was found that the Curie temperature shifts towards higher value and that the value of ϵ_{max} decreases as the field intensity rises.

Ч. Кайтох, Б. Собас

Влияние постоянного электрического поля на температурные изменения электрической проницаемости

РЕЗЮМЕ

Авторами статьи было исследовано влияние электрического поля на температурные изменения электрической проницаемости $BaTiO_3$. Обнаружено, что с ростом напряжения электрического поля, температура Кюри смещается в сторону высших температур, а значение ϵ_{max} уменьшается.