

Investigation dielectric properties of ceramic capacitors derived from barium strontium titanate

Ivaylo Lazarov

Изследване диелектричните свойства на керамични кондензатори получени от бариево – стронциев титанат

Ивайло Лазаров

Abstract: Dielectric properties of ceramic capacitors derived from barium strontium titanate and synthesized at two different temperatures – 1200°C and 1250°C were investigated. Presented are the temperature dependences of relative permittivity and the dielectric loss at the different frequencies. The experimental results indicate that a higher values of relative permittivity and dielectric loss are obtained for capacitors synthesized at temperatures 1250°C.

Key words: ceramic capacitors, barium strontium titanate, relative permittivity, dielectric loss .

ВЪВЕДЕНИЕ

Сегнетокерамичните материали са група диелектрични материали, които притежават уникални свойства – наличие на спонтанна поляризация, високи стойности на относителната диелектрична проницаемост (ϵ_r), нелинейна зависимост на относителната диелектрична проницаемост (ϵ_r) от интензитета на електрическото поле, съществуването на точка на Кюри. Това е температура при която възниква (при охлаждане) или изчезва (при загряване) спонтанната поляризация. Тези материали се използват за изработването на кондензатори в мобилни комуникационни системи [2], позистори [6], елементи за съхранение на електрическа енергия [8] и др. През последните години един от най – добре изследваните сегнетокерамични материали е твърд разтвор на бариево – стронциев титанат ($Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$, BST).

За управление на свойствата на бариево – стронциевият титанат се използват два начина. Първият начин е чрез промяна на съотношението на бариеви и стронциеви йони. Увеличаването на броя на стронциевите йони Sr^{2+} води до преместване на максимума в зависимостта $\epsilon_r(t)$, към стайна температура, което съответства на изместването на фазовия преход в същата посока [4, 5]. По – голямо количество стронциеви йони Sr^{2+} понижава стойностите на относителната диелектрична проницаемост. Вторият начин е добавянето на различни легиращи елементи към твърди разтвори на бариево – стронциев титанат. Легирането с итриев алуминат $YAlO_3$ [7] води до размиване на фазовия преход. Различни количества стъкла [1], прибавени към керамика от бариево – стронциев титанат увеличават стойностите на относителната диелектрична проницаемост (ϵ_r) и намаляват тангенса на ъгъла на диелектричните загуби ($tg\delta$).

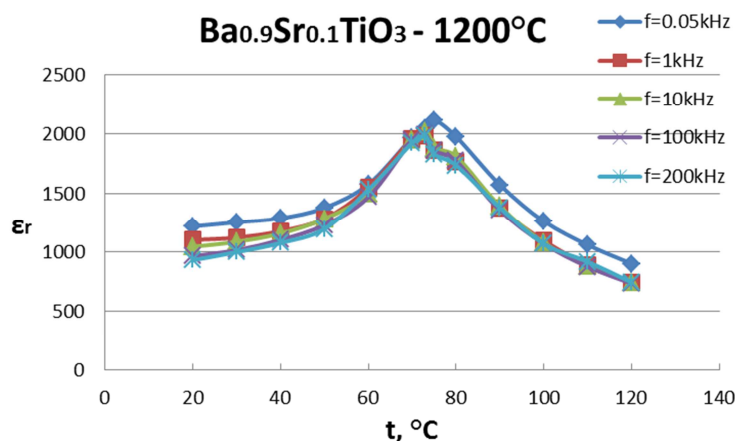
Цел на настоящата работа е изследването на температурните зависимости на относителната диелектрична проницаемост (ϵ_r) и тангенса на ъгъла на диелектричните загуби ($tg\delta$) при различни честоти за керамични кондензатори, изработени от бариево – стронциев титанат.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследваните керамични кондензатори са получени чрез твърдофазна реакция на бариев карбонат $BaCO_3$, стронциев титанат $SrTiO_3$ и титанов диоксид TiO_2 по стандартна керамична технология. Получена е керамика от бариево – стронциев титанат, при която 10% от бариевите йони Ba^{2+} са заменени със стронциеви Sr^{2+} - $Ba_{0.9}Sr_{0.1}TiO_3$. Изследваните кондензатори са синтезирани при две температури – 1200°C и 1250°C. За получаване на електроди е използвана сребърна паста, спечена

при температура 900°C за 1 h. Стойностите на ϵ_r и $\text{tg}\delta$ на кондензаторите са измерени чрез RLC метър при пет различни честоти – 0.05 kHz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz и 200kHz.

На фиг.1. са показани получените температурни зависимости на относителната диелектрична проницаемост при различни честоти, за кондензатори от $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$, синтезирани при температура 1200°C.



Фиг.1. Температурни зависимости на относителната диелектрична проницаемост при различни честоти за кондензатори от $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$, синтезирани при температура 1200°C.

Стойностите за относителната диелектрична проницаемост са близки при различните честоти. За изследвания състав (фиг.1) се наблюдава ясно изразен максимум при температура на Кюри на получените зависимости при изследваните честоти. Най – висока стойност за относителната диелектрична проницаемост при температура на Кюри се получава при честота 0.05kHz. С увеличаване на честотата се наблюдава незначително намаляване на температурата на Кюри.

В таблица 1 са представени получените максимални стойности за относителната диелектрична проницаемост и стойностите на температурата на Кюри при различни честоти.

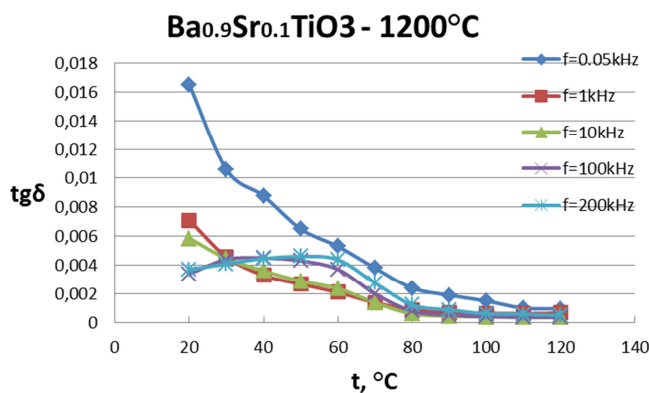
Таблица 1

| Честота, [kHz] | Температура на Кюри, [°C] | Максимална стойност на ϵ_r |
|----------------|---------------------------|-------------------------------------|
| f=0.05 | 75 | 2115 |
| f=1 | 73 | 1984 |
| f=10 | 74 | 2014 |
| f=100 | 73 | 1992 |
| f=200 | 73 | 1982 |

На фиг.2. са представени получените температурни зависимости на тангенса на ъгъла на диелектричните загуби ($\text{tg}\delta$) при различни честоти за кондензатори от $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$, синтезирани при температура 1200°C.

Най – високи стойности за $\text{tg}\delta$ се получават при честота 0.05kHz. При честоти от 0.05kHz до 10kHz, $\text{tg}\delta$ намалява с увеличаване на температурата. За честоти 100kHz и 200kHz, се наблюдава слабо увеличаване на $\text{tg}\delta$ в температурния

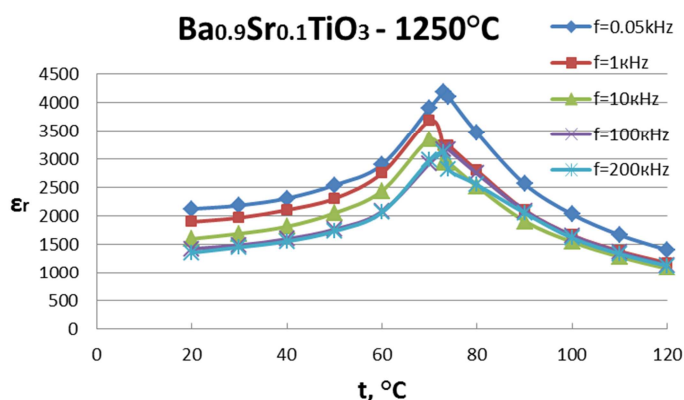
интервал $20^{\circ}\text{C} \div 50^{\circ}\text{C}$, след което $\text{tg}\delta$ намалява при температури по – високи от 60°C .



Фиг.2. Температурни зависимости на тангенс на ъгъла на диелектричните загуби при различни честоти за кондензатори от $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$, синтезирани при температура 1200°C .

Най – високи стойности за $\text{tg}\delta$ се получават при честота 0.05kHz . При честоти от 0.05kHz до 10kHz , $\text{tg}\delta$ намалява с увеличаване на температурата. Стойностите на $\text{tg}\delta$ са сравнително високи, но съответстват на резултатите, получавани за други сегнетокерамични материали.

На фиг.3. са показани температурните зависимости на относителната диелектрична проницаемост за кондензатори от $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$, синтезирани при температура 1250°C .



Фиг.3. Температурни зависимости на относителната диелектрична проницаемост при различни честоти за кондензатори от $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$, синтезирани при температура 1250°C .

Максимални стойности за относителната диелектрична проницаемост (ϵ_r) се получават при честота 0.05kHz . С увеличаване на честотата относителната диелектрична проницаемост намалява. За всички получени зависимости се наблюдава ясно изразен максимум, съответстващ на фазовия преход на

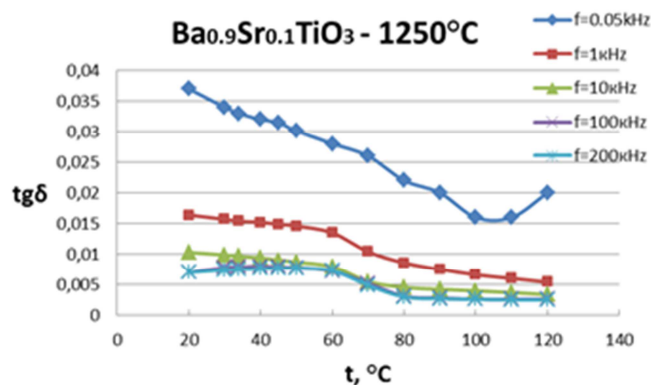
керамиката. Промяната на честотата не оказва съществено влияние върху температурата на Кюри.

В таблица 2 са дадени получените максималните стойности на относителната диелектрична проникваемост и стойностите на температурата на Кюри.

Таблица 2

| Честота f, [kHz] | Температура на Кюри, [°C] | Максимална стойност на ϵ_r |
|------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| 0.05 | 73 | 4182 |
| 1 | 70 | 3680 |
| 10 | 70 | 3346 |
| 100 | 74 | 3163 |
| 200 | 73 | 3128 |

На фиг.4. са дадени получените температурни зависимости на $\text{tg}\delta$ при различни честоти за кондензатори от $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$, синтезирани при температура 1250°C .



Фиг.4. Температурни зависимости на тангенс на ъгъла на диелектричните загуби при различни честоти за кондензатори от $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$, синтезирани при температура 1250°C .

С увеличаване на температурата $\text{tg}\delta$ намалява. Както и при кондензаторите, синтезирани при 1200°C , $\text{tg}\delta$ има най – високи стойности при честота 0.05kHz . При тази честота се наблюдава увеличаване на $\text{tg}\delta$ при температури над 110°C . Ходът на зависимостта $\text{tg}\delta(t)$ при честоти 100kHz и 200kHz е подобен на този за кондензаторите, синтезирани при температура 1200°C .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получени и изследвани са керамични кондензатори от бариено - стронциев титанат $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$, синтезирани при температури 1200°C и 1250°C . Снети са температурните зависимости на относителната диелектрична проникваемост (ϵ_r) и тангенса на ъгъла на диелектричните загуби ($\text{tg}\delta$) при пет различни честоти. Получени са високи стойности на ϵ_r за сегнетокерамични материали от твърди разтвори на бариено – стронциев титанат. Стойностите на $\text{tg}\delta$ са в съответствие с тези за сегнетокерамични материали. Температурата на Кюри за изследваните сегнетокерамични материали е значително по – ниска от тази за чист бариев титанат BaTiO_3 .

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bin Zhang, Xi Yao, Liangying Zhang. Study on the structure and dielectric properties of BaO–SiO₂–B₂O₃ glass-doped (Ba,Sr)TiO₃ ceramics. *Ceramics International*, Vol. 30, Issue 7, 2004, pp. 1767–1771.
- [2] Gleissner, U., Ch. Megnin, M. Benkler, D. Hertkorn, H. Elsenheimer, K.Schumann, F.Paul, T. Hanemann. Lowering the sintering temperature of barium strontium titanate bulk ceramics by barium strontium titanate – gel and BaCu(B₂O₅), *Journal Ceramics Silikaty*, Vol.60, 2016, pp.1-11.
- [3] Nenasheva, E.A., A.D. Kanareykin, N.F. Kartenko, A.I.Dedyk, S.F.Karmanenko. Ceramics Materials Based on (Ba,Sr)TiO₃ Solid Solutions for Tunable Microwave Devices. *Journal Electroceramics*. Vol.13,2004, pp. 235-238.
- [4] Pinjari, R. K, N. M. Burange, B. A. Aldar. Structural and electrical analysis of strontium substituted barium titanate. *International Journal of Engineering Research & Technology*. Vol.3, Issue 10, 2014, pp. 209-213.
- [5] Priya Rani B. R., M. T. Sebastian. The effect of glass addition on the dielectric properties of barium strontium titanate. *Journal Material Science*, Vol.19,2008,pp.39-44.
- [6] Priyanaka., A K JHA. Electrical characterization of zirconium substituted barium titanate using complex impedance spectroscopy. *Journal Bull. Material Science*, Vol.36,№1, 2013, pp.135-141.
- [7] Su B., T. W. Button, T. Price, D. Iddles, D. Cannell. Dielectric properties of barium strontium titanate (BST)/yttrium aluminate (YAlO₃) thick films under DC bias field, *Journal Material Science*, Vol. 43, 2008, pp.847-851.
- [8] Wu T., Y.Pu, P.Gao, D.Liu. Influence of Sr/Ba ratio on the energy storage properties and dielectric relaxation behaviors of strontium barium titanate ceramics. *Journal Material Science*, Vol. 24, 2013, pp.4105-4112.

За контакти:

ас. д-р Ивайло Лазаров, Катедра “Основи на електротехниката и електроенергетиката”, Технически университет - Габрово, тел.: 066-827 322, e-mail: iv.lazarov@mail.bg