

## ИЗСЛЕДВАНЕ ФАЗОВИТЕ ПРЕХОДИ НА ЛЕГИРАНА БАРИЕВО-СТРОНЦИЕВА КЕРАМИКА, ПОЛУЧЕНА ПРИ ДВУКРАТЕН СИНТЕЗ

Ивайло Лазаров

Технически университет - Габрово

## INVESTIGATION THE PHASE TRANSITIONS OF DOPED BARIUM STRONTIUM TITANATE CERAMICS OBTAINED BY DOUBLE SYNTHESIS

Ivaylo Lazarov

Technical University of Gabrovo

### Abstract

*In this work are investigated the solid solutions of doped barium strontium ceramics obtained by double synthesis. The temperature dependencies of the relative permittivity have been obtained. The highest values for the dielectric permittivity have been obtained for barium strontium titanate ceramics doped with 1mol% bismuth trioxide and 1mol% boric acid. For doped with bismuth trioxide barium strontium titanate the values of the dielectric permittivity increasing with increase the amount of bismuth trioxide.*

**Keywords:** barium strontium titanate, doped additives, dielectric permittivity.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Известно е, че бариево – стронциевият титанат намира широко приложение за изработване на многослойни кондензатори [1], термистори [2], филтри [3], фазорегулатори [4] и др., поради високите стойности на относителната диелектрична проницаемост, ниски диелектрични загуби, нелинейна зависимост на относителната диелектрична проницаемост от интензитета на електрическото поле, добра термостабилност. Температурната зависимост на относителната диелектрична проницаемост може да се контролира чрез изменение на съотношението на бариевите и стронциевите йони. Увеличаването на стронциевите йони, които заместват бариевите, понижава стойностите на относителната диелектрична проницаемост и измества фазовият преход към температури, близки до стайната. Друг начин за изменение на свойствата на бариево-стронциевият титанат е добавянето към него на различни легиращи добавки.

Относителната диелектрична проницаемост на легиран с  $\text{Bi}$  бариево – стронциев

титанат, намалява с увеличаване на количеството  $\text{Bi}$ , а температурата на Кюри се измества към стайната [5]. При легиране на твърд разтвор на бариево-стронциев титанат с малки количества стъкла се подобряват диелектричните му свойства и се понижава температурата на синтез [6]. В работа [7] е изследвано влиянието на различни количества  $\text{NiO}$  върху диелектричните свойства на твърд разтвор на  $(\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4})\text{TiO}_3$ . Установено е, че при ниски честоти стойностите на относителната диелектрична проницаемост и  $\text{tg}\delta$  намаляват значително в сравнение с нелегиран материал.

Цел на настоящата работа е да се изследват фазовите преходи на легирани твърди разтвори на бариево-стронциева керамика, получена при двукратен синтез.

### ИЗСЛЕДВАНИ СЪСТАВИ

За реализиране на поставената задача са получени и изследвани три състава от твърд разтвор на бариево-стронциев титанат, получени чрез двукратен синтез. Като

изходни компоненти за получаване на изследваните материали са използвани бариев карбонат  $BaCO_3$ , стронциев карбонат  $SrCO_3$ , титанов диоксид  $TiO_2$ , борна киселина  $H_3BO_3$  и дибисмутов триоксид  $Bi_2O_3$ . Първият от изследваните състави е легиран съвместно с 1mol% борна киселина  $H_3BO_3$  и 1mol% бисмутов триоксид  $Bi_2O_3$  твърд разтвор на бариево-стронциев титанат. Другите два изследвани състава са легирани с 0.05mol%  $Bi_2O_3$  и 0.1mol%  $Bi_2O_3$  твърди разтвори на бариево-стронциев титанат.

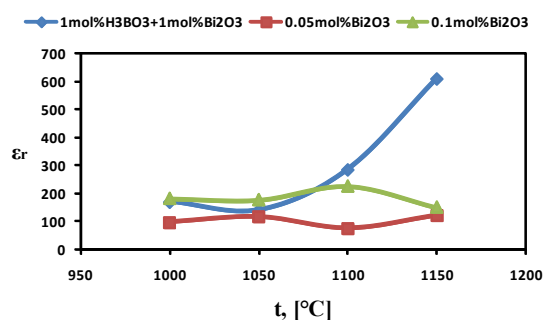
Изследваните образци са получени по стандартна керамична технология. Необходимите количества от изходни оксиди се хомогенизират и раздробяват в планетарна мелница за 4 часа в 3% воден разтвор на поливинилов алкохол. Получените след изсушаване прахове се пресуват с формата на дискове с диаметър 50 mm. Извършва се предсинтероване при температура  $1100^\circ C$ , след което се раздробяват и смилат отново. След изсушаване и гранулиране на получените прахове, чрез пресуване се оформят образци под формата на дискове с дебелина  $1\div 3mm$  и диаметър 11mm. Получените материали са спечени при температури  $1000^\circ C$ ,  $1050^\circ C$ ,  $1100^\circ C$  и  $1150^\circ C$  във въздушна среда за 2h.

За получаване на електрически контакт е използвана сребърна паста, спечена при  $900^\circ C$  за 1h.

## ЕКСПЕРЕМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

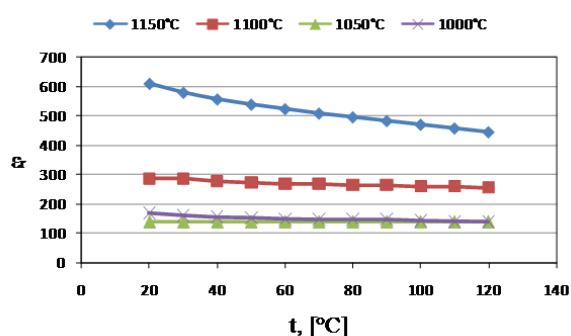
Зависимостите на относителната диелектрична проницаемост ( $\epsilon_r$ ) от температурата на спичане за изследваните материали са показани на фиг.1. При високи температури на спичане са получени най – високи стойности за относителната диелектрична проницаемост за материали от легиран съвместно с 1mol%  $H_3BO_3$  и 1mol%  $Bi_2O_3$  твърд разтвор на бариево – стронциев титанат. При ниски температури на спичане са получени приблизително еднакви стойности за  $\epsilon_r$  за материали, легирани съвместно с 1mol%  $H_3BO_3$  и 1mol%  $Bi_2O_3$  и 0.1mol%  $Bi_2O_3$ .

За легираните с 1mol%  $Bi_2O_3$  материали са получени по-високи стойности за  $\epsilon_r$  в сравнение с легираните с 0.05mol%  $Bi_2O_3$ , при температура на спичане  $1100^\circ C$



**Фиг. 1.** Зависимости на относителната диелектрична проницаемост от температурата на синтез за изследваните материали, получени при двукратен синтез

На фиг. 2. са показани температурните зависимости на относителната диелектрична проницаемост за материали, легирани съвместно с 1mol% борна киселина  $H_3BO_3$  и 1mol% бисмутов триоксид  $Bi_2O_3$  ( $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3 + 1\text{ mol}\% H_3BO_3 + 1\text{ mol}\% Bi_2O_3$ ).

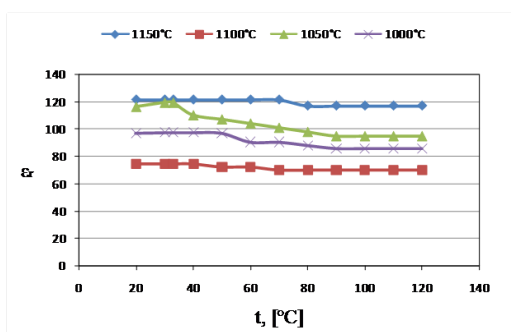


**Фиг. 2.** Температурни зависимости на относителната диелектрична проницаемост за материали от  $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3 + 1\text{ mol}\% H_3BO_3 + 1\text{ mol}\% Bi_2O_3$ , получени при двукратен синтез

Най-високи стойности за относителната диелектрична проницаемост са получени за материали, спечени при температура  $1150^\circ C$ . За тези материали се наблюдава понижаване на относителната диелектрична проницаемост с увеличаване на температурата. Стойностите за относителната диелектрична проницаемост за материали, спечени при температури  $1000^\circ C$  и  $1050^\circ C$  са близки. За тези материали не се наблюдава изменение в температурната зависимост на относителната диелектрична проницаемост в температурния интервал ( $60\div 120$ ) $^\circ C$ . При всичките температури на спичане не са налични ясно изразени максимуми в температурните зависимости на относителната диелектрична проницаемост.

Получените температурни зависимости на  $\epsilon_r$  за материали от легиран с  $0.05\text{mol}\% \text{Bi}_2\text{O}_3$  твърд разтвор на бариево-стронциев титанат ( $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3 + 0.05\text{mol}\% \text{Bi}_2\text{O}_3$ ) са показани на фиг. 3.

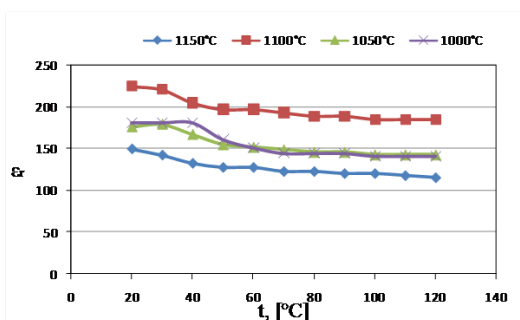
И при тези материали са получени най-високи стойности за относителната диелектрична проникваемост при температура на спичане  $1150^\circ\text{C}$ . Слабо изразен максимум в температурната зависимост на относителната диелектрична проникваемост се наблюдава за материали, спечени при  $1050^\circ\text{C}$ , при температури близки до стайната.



Фиг. 3. Температурни зависимости на относителната диелектрична проникваемост за материали от  $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3 + 0.05\text{mol}\% \text{Bi}_2\text{O}_3$ , получени при двукратен синтез

В температурния интервал  $(90 \div 120)^\circ\text{C}$  не се наблюдава изменение на относителната диелектрична проникваемост при четирите температури на спичане. Стойностите за  $\epsilon_r$  са по-ниски в сравнение с тези на материали  $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3 + 1\text{mol}\% \text{H}_3\text{BO}_3 + 1\text{mol}\% \text{Bi}_2\text{O}_3$ .

Получените температурни зависимости за относителната диелектрична проникваемост за материали от легиран с  $0.1\text{mol}\% \text{Bi}_2\text{O}_3$  твърд разтвор на бариево-стронциев титанат са показани на фиг. 4.



Фиг. 4. Температурни зависимости на относителната диелектрична проникваемост за материали от  $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3 + 0.1\text{mol}\% \text{Bi}_2\text{O}_3$ , получени при двукратен синтез

Най-високи стойности за относителната диелектрична проникваемост са получени за материали, спечени при температура  $1100^\circ\text{C}$ . За материали, спечени при температура  $1050^\circ\text{C}$  е наличен слабо изразен максимум в температурната зависимост на относителната диелектрична проникваемост при температура близка до стайната. Най-ниски са стойностите за  $\epsilon_r$  за материали, спечени при температура  $1150^\circ\text{C}$ . Това показва, че при легирането на твърд разтвор на бариево – стронциев титанат с  $0.1\text{mol}\% \text{Bi}_2\text{O}_3$  се понижава температурата на спичане.

Получените стойности за относителната диелектрична проникваемост за материали от легиран с  $0.1\text{mol}\% \text{Bi}_2\text{O}_3$  бариево – стронциев титанат са по-високи и при четирите температури на спичане. Това показва, че с увеличаване на количеството бисмутов триоксид се повишават стойностите на относителната диелектрична проникваемост.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получени и изследвани са сегнетокерамични материали от легиран с  $1\text{mol}\% \text{H}_3\text{BO}_3 + 1\text{mol}\% \text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $0.05\text{mol}\% \text{Bi}_2\text{O}_3$  и  $0.1\text{mol}\% \text{Bi}_2\text{O}_3$  твърд разтвор на бариево – стронциев титанат, получени чрез двукратен синтез. Материалите са спечени при четири температури –  $1000^\circ\text{C}$ ,  $1050^\circ\text{C}$ ,  $1100^\circ\text{C}$  и  $1150^\circ\text{C}$ . Най – високи стойности за относителната диелектрична проникваемост са получени за материали от твърд разтвор на бариево – стронциев титанат, легиран съвместно с  $1\text{mol}\% \text{H}_3\text{BO}_3$  и  $1\text{mol}\% \text{Bi}_2\text{O}_3$ . При легиране с  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , стойностите за относителната диелектрична проникваемост намаляват. С увеличаването на количеството  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  се увеличават стойностите за относителната диелектрична проникваемост и се понижава температурата на спичане. За тези материали, спечени при температура  $1050^\circ\text{C}$  са налични максимуми в температурната зависимост на относителната диелектрична проникваемост.

## REFERENCE

- [1] Azough F, Al R, Freer F. A transmission electron microscope study of commercial X7R-type multilayer ceramic capacitors. Journal European Ceramic Society 1998;18:751-758.

- [2] Bomlai P, Milne S. Properties of barium strontium titanate PTCR ceramics sintered of different powder beds. *Journal Material Science* 2007;42:6803-6808.
- [3] Buslov OY, Kang CY. Dielectric resonators loaded by ferroelectric varactors for tunable Ka Band filters. *Integrates Ferrelecytrics*, Vol.81, 2006, pp.171-179.
- [4] Tagantsev AK, Sherman VO, Astafiev KF, Venhatesh J, Setter N. Ferroelectric materials for microwave tunable appcations, *Journal Electroceramics*, 11, 2003, p.5-66.
- [5] Attar AS, Sichani ES, Scharafi S. Structural and dielectric properties of Bi – doped barium strontium nanopowders synthesized by sol-gel method. *Journal of Materials Research and Technology* 2017; 6 (2):108-115.
- [6] Priya Rani BR, Sebastian MT. The effect of glass addition on the dielectric properties of barium strontium titanate. *Journal Material Science* 2008; 19:39-44.
- [7] Banerjee M, Mukherjee S, Maitra S. Synthesis and characterization of nickel oxide doped barium strontium titanate ceramics, *Cerâmica* 2012; 58:99-104