

**ТЕМПЕРАТУРНИ И ЧЕСТОТНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА  
СЕГНЕТОКЕРАМИКА  $BaTi_{0.9}Sn_{0.1}O_3$**

**Ивайло Лазаров**

*Технически университет - Габрово*

**TEMPERATURE AND FREQUENCY CHARACTERISTICS OF  
FERROCERAMICS  $BaTi_{0.9}Sn_{0.1}O_3$**

**Ivaylo Lazarov**

*Technical University of Gabrovo*

**Abstract**

*$BaTi_{0.9}Sn_{0.1}O_3$  ceramics have been by solid state reaction method. The materials were synthesized at a temperature 1250°C for 2h. The temperatures and frequencies characteristics of the dielectric permittivity and the tangent of the dielectric loss were obtained. As the frequency increases, the dielectric permittivity decreases and the Curie temperature increases. The values for the tangent of the dielectric losses are lower at higher temperatures and frequencies.*

**Keywords:** barium titanate dielectric permittivity; tangent of the dielectric loss.

**ВЪВЕДЕНИЕ**

Бариевият титанат е диелектрик с перовскитна структура, намерил приложение за изработване на многослойни керамични кондензатори, трансдюсери, актуатори, устройства за съхранение на електрическа енергия и др [1]. Диелектричните му свойства могат да изменят както с контролиране на различни параметри в процеса на получаване, така и със заместването на различни атоми в кристалната решетка. Легираният бариев титанат е намерил широко приложение за изработване на резистори с положителен температурен коефициент, ултразвукови трансдюсери и пиезоелектрични устройства [2]. При замяна на титановите йони с калаени се понижава температурата на фазовия преход до температури, близки до стайната и това го прави подходящ материал за ниско-температурни приложения [3]. Освен това се подобряват диелектричните и пиезо-електричните свойства на керамиката. Керамика от твърд разтвор на

$BaSn_{0.1}Ti_{0.9}O_3$ , синтезирана при температура 1300°C е изследвана в [4]. Рентгеноструктурният анализ показва, че е получена керамика без вторична фаза с високи стойности за относителната диелектрична проницаемост ( $\epsilon_r = 4600$ ).  $Ba(Ti_{0.92}Sn_{0.08})O_3$  керамика, получена при двустепенен режим е изследвана в [5]. Резултатите от рентгеноструктурния анализ показват, че се е получила керамика с чиста перовскитна фаза с високи стойности за относителната диелектрична проницаемост ( $\epsilon_r = 4250$ ) и сравнително ниски стойности за тангенса от ъгъла на диелектричните загуби. Диелектричните и структурните свойства на керамика от бариев титанат – бариев станат са изследвани в [6]. Резултатите от рентгеноструктурния анализ показват, че се е получил материал с чиста перовскитна фаза, а с увеличаване на съдържанието на калай се понижава максимумът в температурната зависимост на относителната диелектрична проницаемост.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

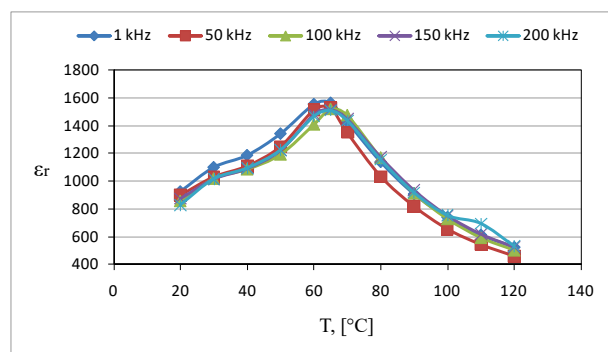
### Материали и методи

Изследваните керамични образци са получени по метода на твърдофазната реакция по стандартна керамична технология. Изходни компоненти са прахове от бариев карбонат ( $\text{BaCO}_3$ ), титанов диоксид ( $\text{TiO}_2$ ) и кален диоксид ( $\text{SnO}_2$ ). Праховете са претеглени в стехиометрично количество и хомогенизирани в планетарна мелница "Pulverizte 5" с алундови гърнета и диаметър на сферите 10 mm. Праховете се изсушават при температура около  $80^\circ\text{C}$  и се гранулират с поливинилов алкохол (PVA). Изсушените прахове се пресуват под формата на дискове с диаметър 11 mm и дебелина  $1 \div 3$  mm. Синтезът на получените образци се провежда във високо-температурна пещ при температура  $1250^\circ\text{C}$  в продължение на 2h. За осъществяване на електрически контакт, повърхността на изследваните образци с покрива със сребърна паста, която се изпича при температура  $900^\circ\text{C}$  с продължителност 1h.

Измерванията се извършават с RLC метър.

### Температурни зависимости

На фиг.1 са дадени температурните зависимости на относителната диелектрична проникваемост при различни честоти за изследваните материали.



Фиг. 1. Температурни зависимости на относителната диелектрична проникваемост за материали от  $\text{BaTi}_{0.9}\text{Sn}_{0.1}\text{O}_3$ , синтезирани при  $1250^\circ\text{C}$

При всяка от изследваните честоти е наличен максимум (температура на Кюри) в температурната зависимост на относителната диелектрична проникваемост. С увеличаване на честотата нараства температурата

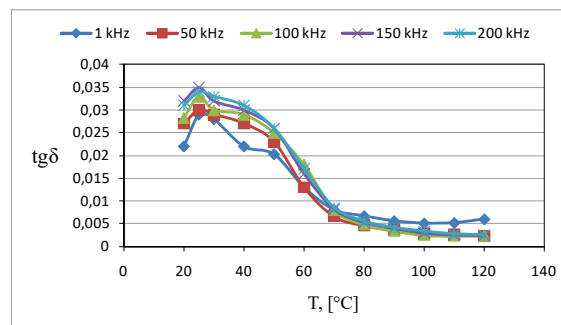
на Кюри, при която се получават максимални стойности в зависимостта на относителната диелектрична проникваемост.

Максималните стойности в температурните зависимости на относителната диелектрична проникваемост намаляват с увеличаване на честотата. Стойностите за температурата на Кюри и максималните стойности за относителната диелектрична проникваемост при различни честоти са дадени в табл.1.

Таблица 1. Стойности за температурата на Кюри максималните стойности за относителната диелектрична проникваемост при различни честоти

f, [kHz]	Tc, [ $^\circ\text{C}$ ]	$\epsilon_r$
1	63	1563,46
50	63	1525,93
100	65	1519,33
150	65	1517,19
200	65	1508,39

Температурните зависимости на тангенса от ъгъла на диелектричните загуби ( $\text{tg}\delta$ ) при различни честоти са дадени на фиг. 2.



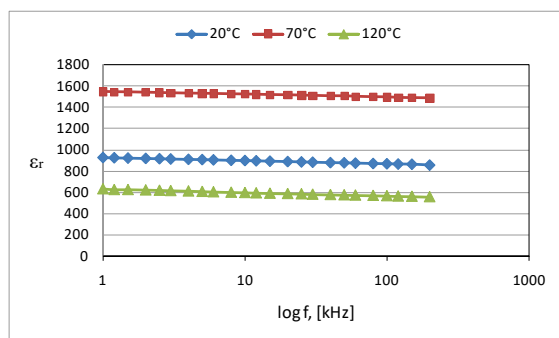
Фиг. 2. Температурни зависимости на тангенса от ъгъла на диелектричните загуби за материали от  $\text{BaTi}_{0.9}\text{Sn}_{0.1}\text{O}_3$ , синтезирани при  $1250^\circ\text{C}$

За всяка от изследваните честоти се получава максимум в температурната зависимост на  $\text{tg}\delta$  при температура  $25^\circ\text{C}$ . След достигане на максимална стойности за  $\text{tg}\delta$  намаляват с увеличаване на температурата. С увеличаване на честота стойностите за тангенса от ъгъла на диелектричните загуби нарастват. За температури до точката на Кюри на изследваните материали,  $\text{tg}\delta$  има по – високи стойности при високи честоти. След температура на Кюри са

получени по – високи стойности за тангенса от ъгъла на диелектричните загуби при честота 1 kHz.

### Честотни зависимости

На фиг. 3 е показано изменението на относителната диелектрична проникваемост от честотата при три различни температури – 20°C, 70°C и 120°C.



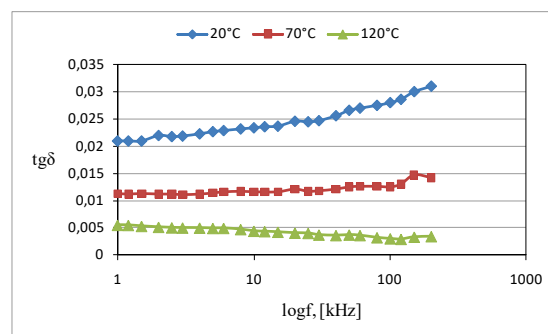
**Фиг. 3.** Честотни зависимости на относителната диелектрична проникваемост за материали от  $BaTi_{0.9}Sn_{0.1}O_3$ , синтезирани при 1250°C при температури 20°C, 70°C и 120°C

Относителната диелектрична проникваемост намалява с увеличаване на честотата при трите температури. Това се обяснява с механизма на поляризацията, при който йоните не могат да следват изменението на приложеното външно електрическо поле. Стойностите за относителната диелектрична проникваемост са най-високи при температура 70°C, в близост до точката на Кюри. Най-ниски стойности за относителната диелектрична проникваемост са получени при температура 120°C, което съответства и най-ниските стойности в температурните зависимости на относителната диелектрична проникваемост.

На фиг. 4 са показани честотните зависимости на тангенса от ъгъла на диелектричните загуби при температури 20°C, 70°C и 120°C.

Най-високи стойности за тангенса от ъгъла на диелектричните загуби са получени при стайна температура 20°C. За тази температура се наблюдава плавно нарастване на  $tg\delta$  с увеличаване на честотата. Вероятно това се дължи, че на протичането на поляризационни процеси и сместване на границите на домените. При температура

70°C, в близост до точката на Кюри,  $tg\delta$  нараства слабо с увеличаване на честотата.



**Фиг. 4.** Честотни зависимости на тангенса от ъгъла на диелектричните загуби за материали от  $BaTi_{0.9}Sn_{0.1}O_3$ , синтезирани при 1250°C при температури 20°C, 70°C и 120°C

При температура 120°C тангенса от ъгъла на диелектричните загуби намалява с увеличаване на честотата, поради това, че сегнотдиелектриктът е преминал в паралелна фаза. За тази температура стойностите за тангенса от ъгъла на диелектричните загуби са най – ниски, което съответства на стойностите температурните зависимости на  $tg\delta$ .

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изследвани са керамични материали от твърди разтвори бариев титанат – бариев станат, при която 10% от титановите йони са заменени от калаени  $BaTi_{0.9}Sn_{0.1}O_3$ , синтезирани при температура 1250°C, получени по метода на твърдофазната реакция. Получени са температурните и честотни зависимости на относителната диелектрична проникваемост ( $\epsilon_r$ ) и тангенса от ъгъла на диелектричните загуби ( $tg\delta$ ).

Температурните зависимости на относителната диелектрична проникваемост показват наличието на максимум при различните честоти. Честотните зависимости на относителната диелектрична проникваемост показват, че с увеличаване на честота диелектричната проникваемост намалява. Температурните и честотните зависимости на тангенса от ъгъла на диелектричните загуби показват, че стойностите на  $tg\delta$  са по – ниски при по-високи температури и честоти от изследвания диапазон.

## REFERENCE

- [1] Starkov I, Anokhin A, Mylnikov I, Mishnev I, Starkov A. Influence of sintering temperature on grain size and electrocaloric effect of barium titanate ceramics. *Physics of the Solid State*, 2022;64(4):428-438.
- [2] Drdlik D, Marak V, Maca K, Drdlikova K. Modification of barium titanate via rare earth oxides addition: Dilatometric and microstructural study. *Ceramics International*, 2022;47(17):24599-24608.
- [3] Wu C, Yao M. Dielectric tunable properties of  $\text{BaTi}_{1-x}\text{Sn}_x\text{O}_3$  thin films derived from sol – gel soft chemistry, *Ceramics International*, 2021;(47)14;20230-20238.
- [4] Ansari MA, Sreenivas K. Influence of Sn doping in  $\text{BaSn}_{1-x}\text{Ti}_x$  ceramics on microstructural and dielectric properties. In: 2<sup>nd</sup> International Conference Condensed Matter and Applied Physics, 2017, p.09929-1-090029-4.
- [5] Bomlai P, Kongtong P. Improvement on the electrical properties in  $\text{Ba}(\text{Ti}_{0.092}\text{Sn}_{0.08})\text{O}_3$  lead – free ceramics by Ca addition and sintering profile, *Key Engineering Materials* 2019, 798; 258-263.
- [6] Kayaphan W, Bomlai P. Microstructural and electrical properties of Sn-modified  $\text{BaTiO}_3$  lead free ceramics by two step sintering method. *Advanced in Materials Science and Engineering*, 2018; 1-6.