

Изследване температурните зависимости на относителната диелектрична проникваемост на сегнетокерамични материали

Анка Жеглова, Ивайло Лазаров

A study of temperature dependencies ferroelectric materials based on barium titanate with various alloying elements: In the paper were obtained temperature dependencies of the relative permittivity of the materials based on barium titanate with various alloying elements. The highest value of the relative permittivity are obtained first composition.

Key words: Barium Titanate, Relative Permittivity

ВЪВЕДЕНИЕ

Сегнетокерамичните материали са широк клас диелектрици за които са характерни следните основни свойства [3] :

- високи стойности на относителната диелектрична проникваемост ϵ_r ;
- зависимост на относителната диелектрична проникваемост от температурата;
- нелинейна зависимост на относителната диелектрична проникваемост от интензитета на електрическото поле;
- наличие на сегнетоелектрична точка на Кюри – температура при която възниква (при охлаждане) или изчезва (при загряване) спонтанната поляризация;

Тези свойства са наложили използването им за различни приложения като: преобразуватели, сензори, кондензатори с голям капацитет, нелинейни кондензатори и др.

Най-широко използвания сегнетодиелектрик е BaTiO_3 , за който е характерно, че има точка на Кюри при 120°C , стойността на ϵ_r при температура 20°C е 2000, а в точката на Кюри достига 9000 [1] .

За управление на параметрите на сегнетокерамичните материали се добавят различни легиращи добавки към бариевия титанат [2], [4] . Целта на легиращите добавки е да се намали температурата на синтез, намаляване температурата на точката на Кюри, като едновременно с това се запазват високите стойности на относителната диелектрична проникваемост.

Цел на настоящата работа е да се изследва влиянието на легиращите добавки върху стойностите на относителната диелектрична проникваемост и точката на Кюри за сегнетокерамични материали на основата на бариев титанат.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследвани състави.

Изследвани са състави на основата на бариев титанат с различни легиращи елементи в различно съотношение.

Първият състав е твърд разтвор на бариєво-стронциев титанат, като изходни компоненти са избрани бариєв карбонат, стронциев карбонат и титанов двуокис.

Вторият състав е също бариєво-стронциев титанат, като изходните компоненти са бариєв карбонат, стронциев карбонат и титанов двуокис. Като легиращ компонент е добавен 4,6 тегловни % борна киселина.

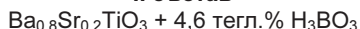
Третият състав е също бариєво-стронциев-титанат, като изходните компоненти са същите като при първи и втори състав. Легиращите елементи които са добавени са 4,6 тегловни % борна киселина и 15 тегловни % двубисмутов триокис.

По-долу са дадени изходните вещества на изследваните състави и техните количества.

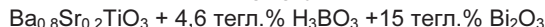
I състав



II състав



III състав



При получаването на материалите се използва стандартна керамична технология. Първоначално се изчислява масовото съотношение на изходните компоненти за всеки материал. Изходните прахове в необходимите количества се хомогенизират в 3 % разтвор на поливинилов алкохол и след това в планетарна мелница за 4 часа. След изсушаване на материалите се оформят изследваните образци под формата на дискове с диаметър 11 mm с различна дебелина, пресовани с налягане 300 МПа. Синтезът се извършва във въздушна среда за 3 часа при 3 различни температури 1050°C, 1100°C и 1150°C и за трите състава. При синтеза скоростта на загряване е 50°C на 10 min. Достигането и поддръжката на максималната температура се прави отделно и за трите температури на синтез. Охлаждането е естествено при затворена пещ.

За оформяне на електроди на образците се използва сребърна паста, която се нанася челно на образците. Сребърната паста съдържа сребърен окис и органичен пластификатор. За изпичане на сребърната паста образците се нагряват до 750°C с време на задръжка 2 часа. След изваждането на изстиналите образци от пещта се обработва с финна шкурка цилиндричната повърхнина между двата електрода за да се премахнат остатъците от сребърна паста и за да се предотврати съединяване на късо между двата електрода.

Изследване зависимостта на относителната диелектрична проникваемост от температурата.

За да се определи относителната диелектрична проникваемост са необходими данните за площта, дебелината на образците и техният капацитет. Относителната диелектрична проникваемост се изчислява по формулата:

$$\epsilon_r = \frac{h.C}{\epsilon_0.S} \quad (1)$$

където: h – дебелината на образеца, mm;

C – капацитет на образеца, nF ;

S – площ на образеца, mm² ;

ϵ_0 – диелектрична константа, $\epsilon_0 = 8,85.10^{-12}$ F/m;

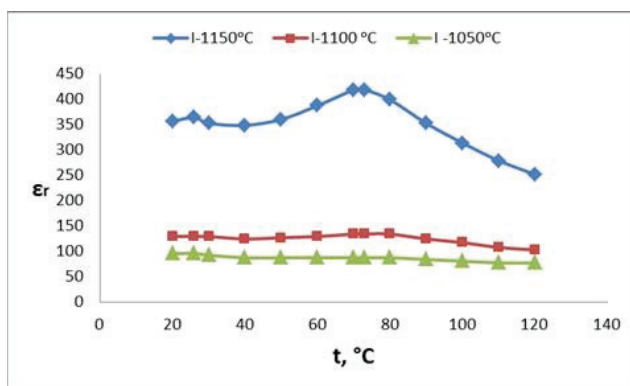
Снети са температурните зависимости на относителната диелектрична проницаемост, като капацитетите са измерени в интервала от 20°C до 120°C, през 10°C, при различни температури на синтез.

В таблица 1 са дадени стойностите на ϵ_r в точката на Кюри за изследваните образци от първи състав, а на фиг.1. е дадена температурната зависимост на ϵ_r за изследваните образци от първи състав.

Таблица 1

Стойности на относителната диелектрична проницаемост и на температурата в точката на Кюри за образци от първи състав.

Състав, t _{синт} , °C	I – 1150 °C		I – 1100 °C		I – 1050°C
Точка на Кюри, °C	T1-26	T2- 73	T1-30	T2-80	26
ϵ_r	364,16	418,39	129,44	134,24	96



Фиг.1. Температурна зависимост на относителната диелектрична проницаемост за образци от първи състав.

От получените резултати могат да се направят следните изводи:

- ✓ за образци синтезирани при температури 1100°C и 1050°C се получават много ниски стойности за относителната диелектрична проницаемост;
- ✓ образците синтезирани при температури 1150°C и 1100°C се наблюдават две стойности на точката на Кюри;
- ✓ за състава синтезиран при 1150°C се наблюдава по-силно изразен фазов преход при втората точка на Кюри;

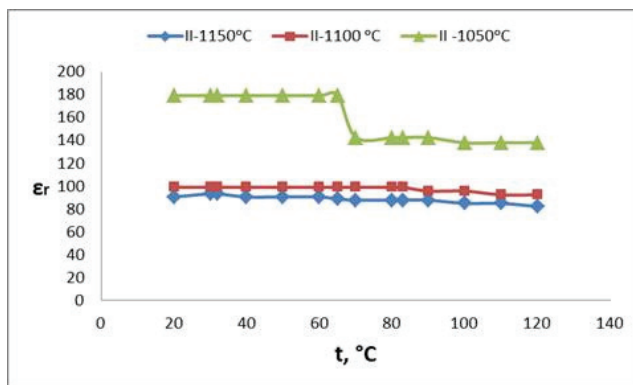
- ✓ и при трите температури на синтез се получават ниски стойности на ϵ_r в точката на Кюри;

В таблица 2 са дадени стойностите на ϵ_r в точката на Кюри. На фиг.2. е дадена температурната зависимост на относителната диелектрична проницаемост за изследваните образци от втори състав, а

Таблица 2

Стойности на относителната диелектрична проницаемост и на температурата в точката на Кюри за образци от втори състав.

Състав, $t_{\text{синт}}$, °C	II – 1150 °C	II – 1100 °C	II – 1050°C
Точка на Кюри, °C	32	83	65
ϵ_r	93,3	98,88	179,23



Фиг.2. Температурна ззвисимост на относителната диелектрична проницаемост за образци от втори състав.

Изводите които могат да се направят за изследваните образци от втори състав са следните:

- ✓ за изследваните образци се получават ниски стойности за относителната диелектрична проницаемост;
- ✓ наблюдават се слаби сегнетоелектрични свойства;
- ✓ образците синтезирани при 1150°C има ниска стойност на ϵ_r в точката на Кюри;

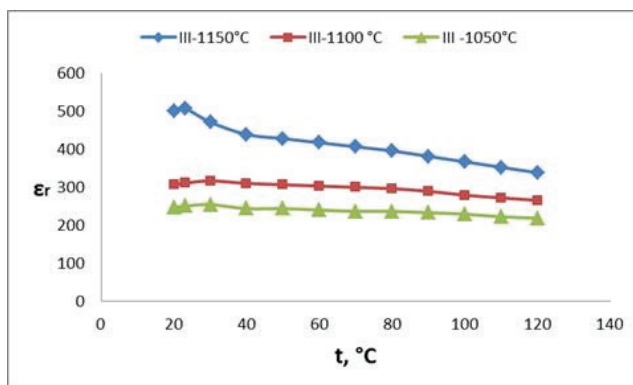
В таблица 3 са дадени стойностите на ϵ_r в точката на Кюри за изследваните образци от трети състав.

Таблица 3

Стойности на относителната диелектрична проницаемост и на температурата в точката на Кюри за образци от трети състав

Състав, t синт, °C	III – 1150 °C	III – 1100 °C	III – 1050°C
Точка на Кюри, °C	23	30	30
ϵ_r	506,27	316,34	253,86

На фиг.3. са дадени температурните зависимости на относителната диелектрична проницаемост на изследваните образци от трети състав.



Фиг.3. Температурна зависимост на относителната диелектрична проницаемост за образци от трети състав.

От получените резултати за образците от трети състав могат да се направят следните изводи:

- ✓ при трите температури на синтез се получават сравнително добри стойности за относителната диелектрична проницаемост;
- ✓ за образците синтезирани при 1150°C се получава ниска стойност за температурата на Кюри (23°C). За същите образци се получават и най-високи стойности за относителната диелектрична проницаемост от всички изследвани състави;
- ✓ образците синтезирани при 1150°C има изразен фазов преход;
- ✓ образците синтезирани при температури 1100°C и 1050°C също имат ниска стойност на температурата на Кюри (30°C), но стойностите на относителната диелектрична проницаемост са по-ниски спрямо този при 1150°C. Освен това при тях има слабо изразен фазов преход;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изследвани са сегнетокерамични материали на основата на бариев титанат с различни легиращи елементи по стандартна керамична технология. Изводите които могат да се направят от получените резултати са следните:

- ✓ най-високи стойности за относителната диелектрична проницаемост се получават за материалите от трети състав с температура на синтез 1150°C.

За образците от този състав точката на Кюри е най-ниска от всички изследвани състави;

- ✓ за материалите от втори състав при температури на синтез 1150°C и 1100°C се наблюдават две стойности на точката на Кюри, като първата точка на Кюри е при ниски температури и със сравнително високи стойности на относителната диелектрична проникваемост;
- ✓ за материалите от първи състав при температура на синтез 1050°C също се наблюдава ниска стойност на температурата на Кюри, но стойностите на относителната диелектрична проникваемост са много ниски;

От получените резултати могат да се направят следните заключения. Като най-подходящ материал може да се избере трети състав при температура на синтез 1150°C. При него се получават най-ниска стойност на температурата на точката на Кюри и най-високи стойности за относителната диелектрична проникваемост.

Желателно е да се продължат изследванията при по-висока температура на синтез.

ЛИТЕРАТУРА

[1]Веневцев,Н., Е.Политова, С.Иванов. Сегнетоелектрики и антисегнетоелектрики семейство титаната бария. М., Химия. 1985. 225 с.

[2]Карманенко,Ф., А.Дедък., Н.Исаков и др. Изследование влияния примесей марганца на диелектрическите характеристики пленок BSTO // ЖТФ. 2001, Том 71, Вып. 4 С. 136 - 141.

[3] Лайнс,М., А .Гласс. Сегнетоелектрики и родственные им материалы. М., Мир. 1981. 736 с.

[4]Ненашева, А., А.Канарейкин, А.Дедък, Ю.Павлова. Електрически управляемите компоненти на основе керамики BST – Mg для применения в ускорителной технике // ФТТ. 2009, Том 51, Вып. 8 С. 1468 – 1472

За контакти:

Доц. д-р Анка Жеглова, Катедра “Основи на електротехниката и електроенергетиката”, Технически университет-Габрово, тел.: 066-827 322, e-mail: anyany@tugab.bg

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

Докладът е рецензиран.