

Изследване диелектричните характеристики на сегнетокерамични кондензатори

Ивайло Лазаров

An investigate dielectric characteristics of ferroelectric capacitors: The paper are investigated dielectric characteristics of ferroelectric capacitors, made of ceramics synthesized at temperatures 1200°C and 1250°C. Were investigated dependencies of relative permittivity and tangent dielectric loss of the temperatures at four different frequencies. Perform a comparative analysis of the results obtained both temperatures synthesis.

Key words: Barium Titanate, Ferroelectric Capacitors, Relative Permittivity, Tangent Dielectric Loss.

ВЪВЕДЕНИЕ

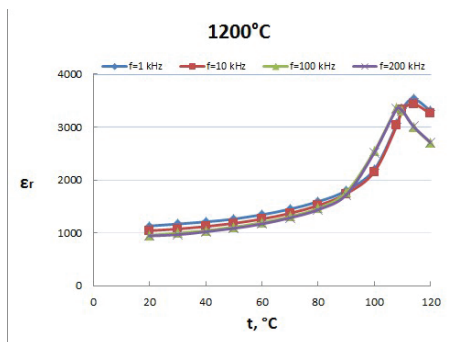
Бариевия титанат BaTiO_3 е широко използван за производство на керамични кондензатори поради високите стойности на относителната диелектрична проницаемост. За понижаване температурата на синтез на бариевия титанат но едновременно с това и запазване на високите стойности на относителната диелектрична проницаемост и намаляване на диелектричните загуби се добавят различни по състав и количества легиращи добавки. Установено е, че при добавянето на Nd [6] към BaTiO_3 се получават високи стойности за относителната диелектрична проницаемост ($\epsilon_r=8596$) и тангенсът на ъгъла на диелектричните загуби имат стойност 0,014. В [2] като легиращи добавки са избрани Du и Mg, като стойностите които са получени за относителната диелектрична проницаемост са съответно $\epsilon_r=4250$ и $\epsilon_r=4100$. За получаването на много високи стойности на относителната диелектрична проницаемост ($\epsilon_r=9300$ при температура на синтез 1450°C). В работа [5] към BaTiO_3 е добавен бариево-магнезиев ниобат. Добавянето на редкоземни окиси Nb_2O_5 , Co_3O_4 [4] води до намаляване температурата на синтез (950°C) и на диелектричните загуби, като за относителната диелектрична проницаемост се получават стойности за $\epsilon_r \approx 1700$. При добавянето на 0.3 mol% Yb_2O_3 [3] към бариево-стронциево калциев титанат са получени стойности за относителната диелектрична проницаемост $\epsilon_r=2970$ и стойности за $\text{tg}\delta$ при стайна температура са по-малки от 0,01.

Цел на настоящата работа е да се изследват температурните зависимости на относителната диелектрична проницаемост (ϵ_r) и тангенс на ъгъла на диелектричните загуби ($\text{tg}\delta$) за сегнетокерамични кондензатори изработени от сегнетокерамика на основата на BaTiO_3 с добавени 1,85 wt% борна киселина (H_3BO_3).

ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследваните сегнетокерамични кондензатори са получени по стандартна керамична технология [1]. Синтезирани при температури 1200°C и 1250°C и са оформени като дискове. За получаването на електрически контакт се използва сребърна паста. Характеристиките на кондензаторите са изследвани чрез използването на RLC метър при четири различни честоти – 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz, 200 kHz.

На фиг.1. са представени получените температурни зависимости на относителната диелектрична проницаемост за кондензатор, получен от сегнетокерамика синтезирана при температура 1200°C.



Фиг. 1. Температурна зависимост на относителната диелектрична проницаемост за кондензатор изработен от сегнетокерамика, синтезирана при температура 1200°C.

От зависимостта се вижда, че стойностите на относителната диелектрична проницаемост са близки и при различните честоти. Наблюдава се силно изразен сегнетоелектричен фазов преход. При честоти 1kHz и 10 kHz температурата на Кюри има по високи стойности в сравнение при честоти 100 kHz и 200 kHz.

Получената относителна диелектрична проницаемост в точката на Кюри, както и стойностите на температурата на Кюри са дадени в таблица 1.

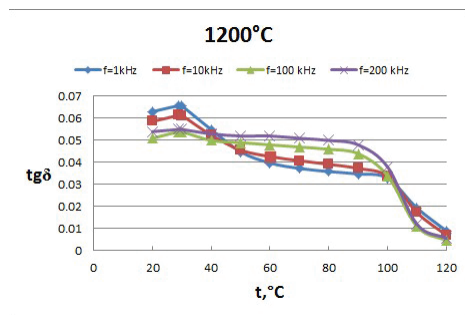
Таблица 1

Относителна диелектрична проницаемост в точката на Кюри и стойности на температурата на Кюри за кондензатор изработен от сегнетокерамика, синтезирана при 1200°C

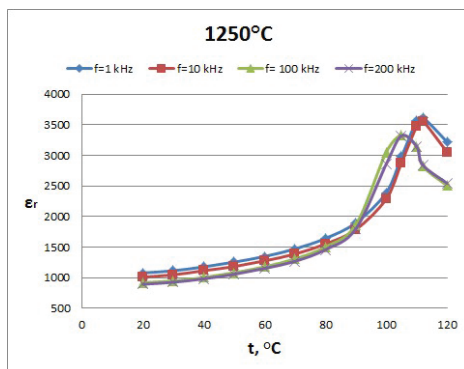
$t_{\text{синтез}} = 1200^{\circ}\text{C}$		
Честота, f	Точка на Кюри	Относителна диелектрична проницаемост, ϵ_r
1kHz	114°C,	3529,9
10kHz	114°C,	3436,6
100kHz	108°C	3358,92
200kHz	108°C	3347,57

На фиг.2. са показани температурните зависимости на тангенс на ъгъла на диелектричните загуби ($\text{tg}\delta$) за кондензатор изработен от сегнетокерамика, синтезирана при температура 1200°C. От измерените зависимости се наблюдава слабо изразен максимум при температура около 30°C при честоти 1 kHz и 10 kHz. При ниски температури най-високи стойности на $\text{tg}\delta$ се наблюдават при честота 1 kHz. С увеличаване на честотата $\text{tg}\delta$ намалява. В интервала 40-100°C, $\text{tg}\delta$ има най-високи стойности има при честота 200kHz.

Температурните зависимости на относителната диелектрична проницаемост за кондензатор изработен от сегнетокерамика, синтезирана при температура 1250°C са дадени на фиг.3. Характеристиките са аналогични на тези за кондензаторът, получен от сегнетокерамика, синтезирана при 1250°C. Наблюдава се силно изразен сегнетоелектричен фазов преход, като при честоти 1kHz и 10 kHz. Температурата на Кюри има по - високи стойности отколкото при честоти 100 kHz и 200 kHz.



Фиг.2. Температурна зависимост на тангенс на ъгъла на диелектричните загуби за кондензатор изработен от сегнетокерамика, синтезирана при температура 1200°C.



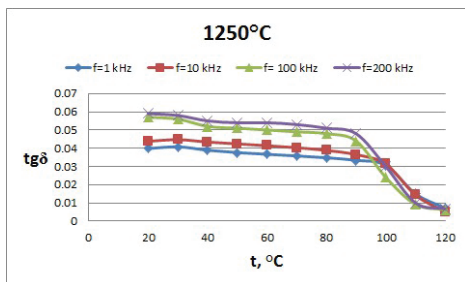
Фиг.3. Температурна зависимост на относителната диелектрична проникваемост за кондензатор изработен от сегнетокерамика, синтезирана при температура 1250°C.

В таблица 2 са показани получените стойности за относителната диелектрична проникваемост в точката на Кюри и стойностите на температурата в точката на Кюри.

Таблица 2
Относителна диелектрична проникваемост в точката на Кюри и стойност на температурата на Кюри за кондензатор изработен от сегнетокерамика, синтезирана при 1250°C

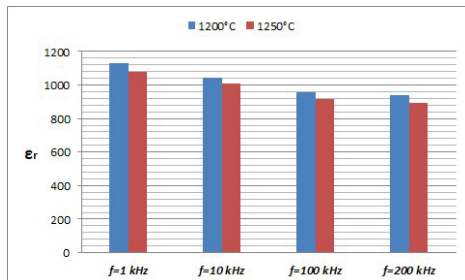
$t_{\text{синтез}} = 1250^{\circ}\text{C}$		
Честота, f	Точка на Кюри	Относителна диелектрична проникваемост, ϵ_r
1kHz	112°C,	3621,23
10kHz	112°C,	3558,9
100kHz	105°C	3334,86
200kHz	105°C	3321,35

На фиг.4. е представена температурната зависимост на $\text{tg}\delta$ за кондензатор изработен от сегнетокерамика, синтезирана при температура 1250°C . И при четирите честоти с увеличаване на температурата $\text{tg}\delta$ намалява. Най – високи стойности на $\text{tg}\delta$ се наблюдават в температурния интервал $20 - 100^{\circ}\text{C}$ при честота 200kHz .



Фиг.4. Температурна зависимост на тангенс на ъгъла на диелектричните загуби за кондензатор изработен от сегнетокерамика, синтезирана при температура 1200°C .

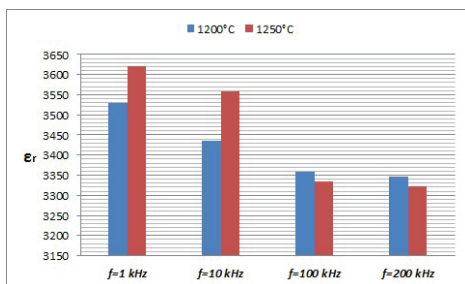
На фиг.5. е направено сравнение между получените стойности за относителната диелектрична проницаемост при стайна температура (20°C) при двете температури на синтез за четирите честоти.



Фиг.5. Сравнение между получените стойности за относителната диелектрична проницаемост при стайна температура (20°C) за изследваните кондензатори.

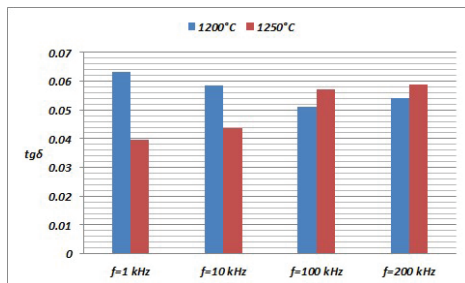
По-високи стойности за относителната диелектрична проницаемост се получават за кондензаторът изработен от сегнетокерамика, синтезирана при температура 1200°C . При увеличаване на честотата относителната диелектрична проницаемост намалява и за двата кондензатора.

Сравнение между стойностите на относителната диелектрична проницаемост в точката на Кюри за изследваните кондензатори е дадено на фиг.6.



Фиг.6. Сравнение между получените стойности за относителната диелектрична проникваемост за изследваните кондензатори в точката на Кюри.

При честоти 1kHz и 10 kHz стойностите на ϵ_r са по-високи за кондензаторът изработен от сегнетокерамика, синтезирана при температура 1250°C, докато при честоти 100kHz и 200 kHz, ϵ_r има по-високи стойности за кондензаторът изработен от сегнетокерамика, синтезирана при температура 1200°C. Сравнителния анализ между получените стойности за $\text{tg}\delta$ при стайна температура (фиг.7) показва, че кондензаторът изработен от сегнетокерамика, синтезирана при температура 1250°C има по-високи стойности за $\text{tg}\delta$ при честоти 100kHz и 200 kHz, а този изработен от сегнетокерамика, синтезирана при температура 1200°C има по-високи стойности за $\text{tg}\delta$ при честоти 1kHz и 100 kHz. При кондензаторът изработен от сегнетокерамика, синтезирана при температура 1250°C се наблюдава увеличаване на $\text{tg}\delta$ с увеличаване на честотата, а при кондензаторът изработен от сегнетокерамика, синтезирана при температура 1200°C $\text{tg}\delta$ намалява в честотния интервал 1- 100 kHz, след което има леко увеличение при 200 kHz.



Фиг.7. Сравнение между получените стойности за тангенс на ъгъла на диелектричните загуби при стайна температура (20°C) за изследваните кондензатори.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изработени и изследвани са сегнетокерамични кондензатори на основата на бариев титанат с добавена легираща добавка 1,85 wt% борна киселина (H_3BO_3). Сегнетокерамиката от която са изработени е синтезирана при две температури – 1200 и 1250°C.

И при двете групи кондензатора има силни изразен максимум на относителната диелектрична проникваемост (точка на Кюри) в зависимост от температурата, което е

предпоставка за наличието на сегнетоелектричен фазов преход. Увеличаването на честотата води до намаляване на температурата на Кюри.

Получени са високи стойности за относителната диелектрична проникваемост в точката на Кюри.

При честоти 1kHz и 100 kHz тангенсът на ъгъла на диелектричните загуби има по-високи стойности при сегнетокерамика синтезирана при 1250°C.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Василев, В., И. Илиев, А. Жеглова. Пасивни компоненти за електрониката-кондензатори. Издателство "Екопрес", С., 2010, 172 с.

[2] Honguqn, M., M. Dong, G. Tan, Yu. Piu. Doping effects of Dy and Mg on BaTiO₃ ceramics prepared by hydrothermal method. Journal Electroceramics, 2006, Vol 16, 297-300.

[3] Hiun-Ji Noh., Sung-Eun Yoon, Sang-Mark Park. Dielectric properties of Yb₂O₃ – doped barium strontium calcium titanate thick film for microwave device application. Journal Material Science, Vol. 43, 2008, 3412-3416.

[4] Ma, C., H. Wang, R. Z. Chen, L. Tali, Z. L. Gui. The structure and dielectric properties of low temperature sintering barium titanate based x7r ceramics. Journal Electroceramics, 2008, Vol 21, 242-245.

[5] Munpakdee, A., J. Tontragoon, K. Siriwityaakorn, T. Tunkasiri. Effects of Ba(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃ on microstructure and dielectric properties of barium titanate ceramics. Journal of Material Science Letters, Vol 22, 2003, 1307-1310.

[6] Quizhen, S., B. Cui, H. Wang, J. Thian, Z. Chang, Y. Hou. Nd- doped barium titanate ceramics with various Ti/Ba ratios prepared by sol-gel method. Science in China Ser. B Chemistry, 2005, vol.40, 60-64.

За контакти:

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.