

**A.M. ZADOYAN, T.J. SHIRVANYAN NAMAGARDI, N.S. KARAPETYAN**  
**STUDY OF ALLOWING ABILITY OF PHOTOLITHOGRAPHY IN THE**  
**TECHNOLOGY OF MANUFACTURING A MULTI-ELECTRODE PROBE**

At designing the technological sequence of manufacturing biopotential outputting multi-electrode silicon probe, to reduce the sizes of electrodes, the allowing ability of the photolithography process has been studied, depending on the refractive index of the layer between the photomask and photoresist and also different sine values of the spectral angle.

**Keywords:** multi-electrode silicon probe, allowing ability of the photolithography, refractive index.

ՀՏԴ 531.788.6:621.3.083.92

**ՀՈՎՀ.Ռ. ԴԱՇՏՈՅԱՆ, ՀԱՐ.Ռ. ԴԱՇՏՈՅԱՆ, Վ.Վ. ԲՈՒՆԻԱԹՅԱՆ**  
**Au/BST/Au ԾԱՎԱԼԱՅԻՆ ԿԵՐԱՄԻԿԱԿԱՆ ԿՈՆԴԵՆՍԱՏՈՐՆԵՐԻ**  
**ՍՏԱՑՈՒՄԸ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ**

Ցիտրատ-գել սինթեզի (ՑԳՍ) և ինքնատարածվող բարձրջերմաստիճանային սինթեզի (ԻԲՍ) եղանակներով սինթեզվել են բարիում-ստրոնցիումի տիտանատ (BST) բարդօքսիդային ֆերոէլեկտրիկ փոշենյութեր, որոնցից մամլվել են գլանաձև կերամիկաներ: SEM, EDS և XRD եղանակներով հետազոտվել են դրանց կառուցվածքն ու բաղադրությունը: ԻԲՍ-ով ստացված փոշենյութի ծավալային կերամիկաները ՑԳՍ-ով ստացվածի համեմատ խոշորահատիկ են:  $\sim 1300^{\circ}\text{C}$ -ում թրծմամբ ստացվել են  $\sim 5.1 \text{ g/cm}^3$  խտությամբ BST կերամիկաներ: Վերջինների հիմքի վրա ստացվել են Au/BST/Au ծավալային կոնդենսատորներ, ուսումնասիրվել է BST-ի դիէլեկտրիկ թափանցելիության ջերմաստիճանային կախվածությունը: ԻԲՍ-ով սինթեզված BST-ի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը,  $1\text{V}$ -ից հաճախության դեպքում, սենյակային ջերմաստիճանում  $\sim 260$  է, իսկ ՑԳՍ-ով սինթեզվածի դեպքում՝  $\sim 50$ :

**Առանցքային բաներ.** ցիտրատ-գել սինթեզ (ՑԳՍ), ինքնատարածվող բարձրջերմաստիճանային սինթեզ (ԻԲՍ), բարիում-ստրոնցիումի տիտանատ (BST), ֆերոէլեկտրական ծավալային կոնդենսատորներ:

**Ներածություն:** Վերջին տասնամյակներում քիմիայի և նյութագիտության բնագավառներում կատարվող հետազոտությունները չափազանց կարևոր նշանակություն են ունեցել միկրոէլեկտրոնիկայում կիրառվող նյութերի մշակման և հետազոտման գործընթացում: Զուտ կերամիկական կառուցվածքների պարագան դիտարկելիս կարելի է առանձնացնել նշված երկու բնագավառների հետևյալ երկու հիմնական ներդրումները. յուրահատուկ կիրառությունների համար ցանկալի բաղադրությամբ, կառուցվածքով ու հատկություններով նոր նյութերի

սինթեզում և նոր սինթեզված նյութերից կերամիկաների պատրաստման տեխնոլոգիաների մշակում:

Հայտնի է, որ գրեթե բոլոր բարդ միացությունների, առանձնապես բարդօքսիդային բազմաբաղադրիչ նյութերի ֆիզիկաքիմիական հատկությունները պայմանավորված են սինթեզման մեթոդի և համապատասխան ռեժիմների ընտրությամբ: Հետևապես՝ սինթեզը հսկայական նշանակություն ունի տվյալ նյութերի բաղադրությունն ու կառուցվածքը վերահսկելու գործում [1]:

Պարաէլեկտրիկ փուլում գտնվող ֆերոէլեկտրիկ (ՖԷ) նյութերը, երբ կիրառված է արտաքին էլեկտրական դաշտ, ցուցաբերում են դիէլեկտրիկ հաստատունի մեծ փոփոխություն: ՖԷ-ների այս հատկությունը միկրոէլեկտրոնային տեխնիկայում վաղուց լայն կիրառություն է ստացել [2, 3]: Հայտնի է նաև, որ այս նյութերն արագ են արձագանքում կիրառվող ազդանշաններին, ունեն աղմուկների ցածր մակարդակ, բարձրհաճախականային տիրույթում ցուցաբերում են փոքր կորուստներ սենյակային ջերմաստիճանի պայմաններում: Այդպիսի ՖԷ նյութերի շարքում բարիում-ստրոնցիումի տիտանատը (BST) արդեն իսկ լայն կիրառություններ է գտել և ամենահեռանկարայիններից է [2, 4-7]: Օրինակ՝ ԴԷ հարթակի վրա նստեցված BST թաղանթները կարող են օգտագործվել համալարելի պլանար կոնդենսատորներում և փուլաշրջիչներում: Այսպիսով, BST-ն լարմամբ համալարվող նյութերի շարքում ամենաուշագրավներից է՝ շնորհիվ իր մի շարք յուրահատկությունների, մասնավորապես՝ մեծ դիէլեկտրիկ թափանցելիության և սենյակային ջերմաստիճանում փոքր բարձրհաճախական կորուստների և այլն:

Բարիումի և ստրոնցիումի տարբեր հարաբերակցություններ ընտրելով՝ հնարավոր է հեշտությամբ փոփոխել BST-ի Կյուրիի ջերմաստիճանը ( $T_c$ )՝ այն հասցնելով ընդհուպ մինչև սենյակային և ավելի բարձր ջերմաստիճանների:  $T_c$ -ից ցածր ջերմաստիճաններում BST-ի բյուրեղացանցի տարրական բջիջը քառանիստ է (տետրագոնալ), իսկ  $T_c$ -ից բարձրում՝ խորանարդաձև [8]: Ընդհանուր առմամբ կարելի է փաստել, որ  $T_c$ -ն ոչ թե նյութի ֆերոէլեկտրիկ փուլին անցման ջերմաստիճանն է, այլ՝ ՖԷ նյութի քանակական բնութագիրը [9]:

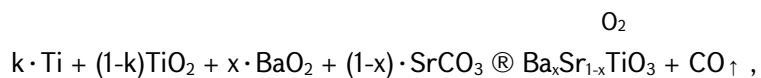
BST կերամիկայի բյուրեղները կարող են ունենալ տարբեր ստեխիոմետրիաներ, այսինքն՝ դրանում բարիումի և ստրոնցիումի իոնների բաշխվածությունն անհամասեռ է, ինչը հիմնականում պայմանավորված է կերամիկայի ծակոտկենությամբ, ինչպես նաև բյուրեղների որոշակի ձգվածությամբ: Վերջինս հանգեցնում է ՖԷ նյութի  $T_c$ -ի աճին:

Դիէլեկտրիկ թափանցելիության առավելագույն արժեքն ու դրա դիրքը ( $T_c$ -ն) հետազոտելիս կերամիկական նմուշների դեպքում հաշվի է առնվում նմուշի

բյուրեղային միկրոկառուցվածքը, իսկ նուրբ թաղանթների պարագայում՝ դրանց հաստությունն ու նանոկառուցվածքը:

**Փորձնական մաս:** Ինքնատարածման սկզբունքով իրականացվող հեթերոգեն այրման գործընթացները քիմիական սինթեզման բնագավառում կիրառվում են անցած դարի 60-ականների վերջից: Սինթեզի այդ եղանակը հայտնի է որպես ինքնատարածվող բարձրջերմաստիճանային սինթեզ՝ ԻԲՄ (Self Propagating High Temperature Synthesis, SHS) [10, 11]: Ի համեմատ կոմպլեքս անօրգանական նյութերի սինթեզի դասական մեթոդների՝ ԻԲՄ-ն ունի այնպիսի առավելություններ, ինչպիսիք են բարձր արտադրողականությունը, կիրառվող սարքերի պարզությունը, սինթեզի կարճատև ընթացքը, սինթեզման պրոցեսում չնչին էներգածախսը, վերջնանյութի միկրոկառուցվածքի և բաղադրության կարգավորման ճկունությունը, էկոլոգիականությունը և այլն [12, 13]:

$Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ -ի ԻԲՄ-ն ընթանում է ըստ հետևյալ ռեակցիայի.



որտեղ  $k$ -ն ռեակցիայի էկզոթերմիայի կարգավորման գործակիցն է:

Ֆիտրատ-գել սինթեզի (Citrates-gel synthesis, CGS) մեթոդը (ՖԳՄ) պատկանում է, այսպես կոչված, «սոլ-գել պրոցես»-ի դասին, որը լայն կիրառություն է գտել պերովսկիտների սինթեզման բնագավառում [14, 15]:

ՖԳՄ-ն, ինչպես և ԻԲՄ-ն, տնտեսապես շահավետ, պարզ սինթեզման մեթոդ է: Այն ընթանում է հետևյալ փուլային հաջորդականությամբ [16].

### **ԵԼԱՆՅՈՒԹԵՐ (հիմնականում՝ նիդրապոներ) $\Rightarrow$ ՍՈԼ $\Rightarrow$ ԳԵԼ $\Rightarrow$ ՕՔՍԻԴ**

Որպես լուծիչ օգտագործվել է իսպանական արտադրության ցիտրիկ թթուն (Panreac Química S.A.U, Spain, Citric Acid anhydrous, 99%):

ՖԳՄ-ի մեթոդով 900 °C -ում ջերմամշակված BST փոշենյութը մանրացվել է ազաթե հավանգով (արդյունքում ստացվում է նանոհատիկային փոշենյութ), որից հետո փոշենյութը 5...10 *տոննա* կշռի ազդեցության տակ մեկ ու կես րոպե տևողությամբ ենթարկվել է չոր մամլման: Մամլման համար օգտագործվել են “Specac” ընկերության 10 *մմ* և 13 *մմ* տրամագիծ ունեցող պողպատյա կաղապարներ և մինչև 15 *տոննա* կշռով ազդելու հնարավորությամբ “Graseby Specac” յուղային հիդրավլիկ մամլիչ:

Թրծումներն իրականացվել են “CARBOLITE” ընկերության “RHF 1500” բարձրջերմաստիճանային թրծման վառարանում (ապահովում է մինչև 1500 °C ջերմաստիճան): Հիմնականում BST կերամիկաները թրծվել են 1000...1450 °C ջերմաստիճանային միջակայքում:

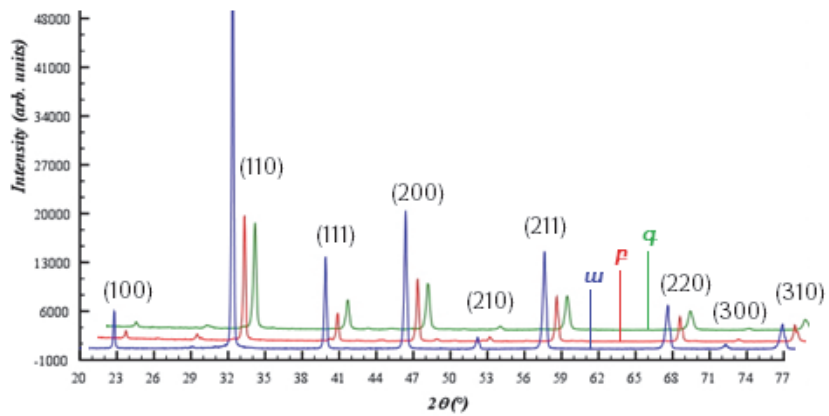
Այս հետազոտության շրջանակներում BST հիմքով կերամիկական կոնդենսատորների պատրաստման նպատակը վերոնշյալ երկու տարբեր մեթոդներով սինթեզված BST-ի դիէլեկտրիկ հատկությունների հետազոտությունն է, որի համար ստացվել են միաշերտ, պարզ կոնդենսատորային կառուցվածքներ: Վերջիններիս պատրաստման համար ստացվել են 9...9.5 մմ տրամագծով և 0,7...1 մմ բարձրությամբ գլանաձև հաբեր, որոնք թրծվել են 4 ժամ տևողությամբ, օդի միջավայրում, 1300 °C-ում՝ 5 °C/րոպե քայլով սենյակային ջերմաստիճանից հասցնելով մինչև 1300 °C, և՛ հակառակը: ՑԳՍ և ԻԲՍ մեթոդներով ստացված կերամիկական BST հաբերի ամբողջ վերին և ստորին մակերևույթները ծածկվել են ոսկյա (Au) կոնտակտներով՝ “Quorum” ֆիրմայի Q150T S մակնիշի բարձր թույլատրողունակությամբ տուրբոմոլեկուլային պոմպով պլազմային փոշենստեցման համակարգի միջոցով:

**Հետազոտության արդյունքները և դրանց վերլուծությունը:** XRD հետազոտություններով բացահայտվել է, որ այրման ցածր ջերմաստիճանների դեպքում ԻԲՍ-ի արդյունքում ունենում ենք Ti-ի փոշու օքսիդացում, որի հետևանքով սինթեզված BST վերջնանյութի բաղադրության մեջ առաջանում են անցանկալի խառնուրդներ, որոնք կարելի է կոչել նաև աղտոտվածություններ, ինչպես օրինակ՝ TiO<sub>2</sub>-ն (2θ ≈ 28,5°) և BaO-ն (2θ ≈ 29°)

ԻԲՍ-ով ստացված փորձանմուշների ռենտգեն-դիֆրակցիոն պատկերները (XRD) ստացվել են ոչ միայն սենյակային ջերմաստիճանում, այլև շատ ավելի բարձր ջերմաստիճաններում, այսինքն՝ իրականացվել է թերմոգրավիչափական ռենտգենյան վերլուծություն (thermogravimetric X-ray analysis), որն առավել հայտնի է TDX հապավմամբ: Վերլուծության այս մեթոդը թույլ է տալիս հետազոտել փորձանմուշների ֆիզիկական և քիմիական հատկությունները՝ որպես ֆունկցիա աճող կամ նվազող ջերմաստիճանից, մասնավորապես՝ ստանալ XRD-ները ջերմաստիճանների ամենալայն միջակայքում:

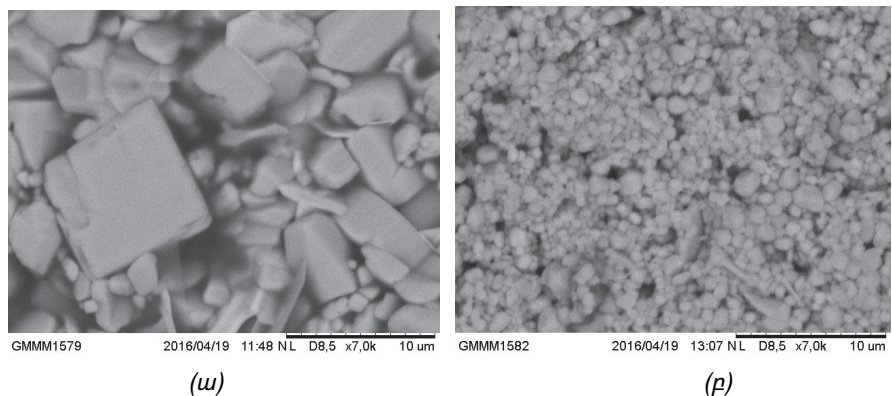
ԻԲՍ-ով սինթեզված BST-ի TDX վերլուծությունն իրականացվել է 600...1200 °C-ում՝ ջերմաստիճանի փոփոխման 25 °C քայլով: BST-ում որպես անցանկալի խառնուրդներ հանդես եկող TiO<sub>2</sub>-ը և BaO-ն, որոնք գտնվում են 2θ-ի ~27...29° միջակայքում, 1075 °C-ում ներկայանում են առավել փոքր ինտենսիվությամբ պիկերով, իսկ 1125 °C-ից բարձր ջերմաստիճաններում գործնականում անհետանում են:

Իրականացվել է ՑԳՍ և ԻԲՍ մեթոդներով ստացված BST-ի XRD-ների համեմատություն (նկ.1), որից պարզվել է, որ ՑԳՍ-ով ստացված BST-ն զերծ է TiO<sub>2</sub> (2θ≈28,5°) և BaO (2θ≈29°) խառնուրդներից:



Նկ. 1. ա) ՑԳՄ-ով սրացված BST նանոփոշուց պատրաստված կերամիկայի (թրծված օդի միջավայրում, 1300°C-ում՝ 4 ժամ տևողությամբ) XRD պատկերը, բ) ԻԲՄ-ով սրացված BST փոշենյութից պատրաստված կերամիկայի (թրծված օդի միջավայրում, 1300°C-ում՝ 4 ժամ տևողությամբ) XRD պատկերը; գ) ԻԲՄ-ով սրացված BST նանոփոշուց պատրաստված կերամիկայի (թրծված  $4 \cdot 10^{-4}$  mbar վակուումում, 1150°C-ում՝ 30 րոպե տևողությամբ) XRD պատկերը

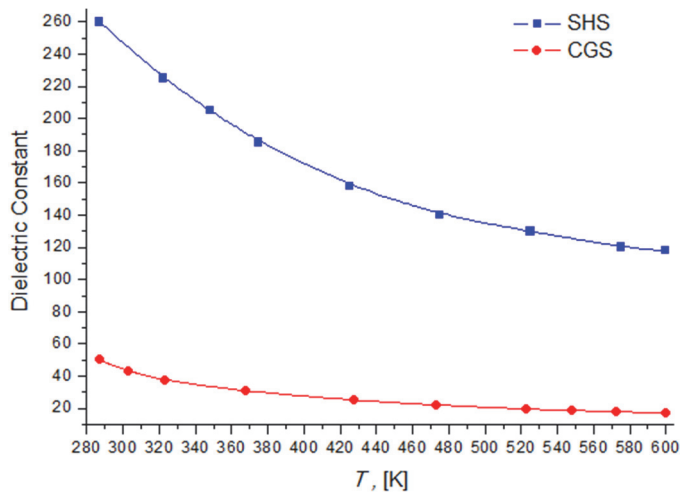
Կերամիկական կոնդենսատորների դիէլեկտրիկական հատկությունների վրա շատ մեծ ազդեցություն ունի դրանց միջէլեկտրոդային շերտի միկրոկառուցվածքը՝ բյուրեղային հատիկների չափերը և դրանց խտությունը [17]: Այս հանգամանքը հաշվի առնելով՝ նախքան ստացված կերամիկական կոնդենսատորների դիէլեկտրիկական բնութագրերի չափումը, իրականացվել է միջէլեկտրոդային BST հիմքով կերամիկաների միկրոկառուցվածքի տեսաձրող էլեկտրոնային մանրագնում (Scanning electron microscopy, SEM) (նկ.2):



Նկ. 2. “HITACHI TM3000 Tabletop Microscope” տեսաձրող էլեկտրոնային մանրադիփակով սրացված (ա) ԻԲՄ BST և (բ) ՑԳՄ BST կերամիկաների մակերևույթների միկրոկառուցվածքը

Նկ.2-ից ակնհայտ է, որ ԻԲՍ BST կերամիկան ունի առավել խոշոր բյուրեղային հատիկներ, քան՝ ՅԳՍ BST-ն, հետևապես, ԻԲՍ BST հիմքով կերամիկական կոնդենսատորի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը միևնույն արտաքին պայմաններում պետք է ավելի մեծ լինի, քան ՅԳՍ BST-ինը [17], ինչը և հաստատվել է իրականացված չափումներով:

C ունակության և e դիէլեկտրիկ թափանցելիության  $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$  կախվածության միջոցով ստացվել են դիէլեկտրիկ թափանցելիությունների կախումները ջերմաստիճանից՝ e(T), ԻԲՍ (SHS) և ՅԳՍ (CGS) մեթոդներով ստացված կերամիկական կոնդենսատորների համար (նկ.3):



Նկ. 3. ԻԲՍ (SHS) և ՅԳՍ (CGS) մեթոդներով սինթեզված  $Ba_{0.25}Sr_{0.75}TiO_3$  փոշենյութից պատրաստված  $\sim 5,1$  գ/սմ<sup>3</sup> խտությամբ գլանաձև կերամիկական կոնդենսատորների e(T) բնութագրերը 1 ՄՀց հաճախության դեպքում

Իրականացվել են պատրաստված Au/BST/Au կերամիկական կոնդենսատորի ունակաջերմաստիճանային C(T) բնութագրերի չափումներ 285...600 Կ ջերմաստիճանային միջակայքում, տարբեր հաճախություններում (20 Հց-ից մինչև 2 ՄՀց)՝ օգտագործելով “KEYSIGHT” ընկերության “Agilent E4980A Precision LCR Meter” ճշգրիտ չափիչ սարքը:

ԻԲՍ և ՅԳՍ մեթոդներով պատրաստված  $Ba_{0.25}Sr_{0.75}TiO_3$  կերամիկաների բաղադրության Ba/Sr ատոմական 0,25/0,75 հարաբերակցությունը հետազոտվել է EDS-ով կերամիկայի մակերևույթի մի քանի տեղամասերում: Պարզվել է, որ Ba/Sr հարաբերակցությունը շեղվում է չնչին չափով՝ տատանվելով  $Ba_{0.26}Sr_{0.74}TiO_3$ -ի և  $Ba_{0.24}Sr_{0.76}TiO_3$ -ի միջև, սակայն հիմնականում ցուցաբերելով հենց սինթեզման ընթացքում ընտրված 0,25/0,75 ստեխիոմետրիան:

**Եզրակացություններ:** Իրականացվել են BST-ի սինթեզման երկու եղանակներ՝ ինքնատարածվող բարձրջերմաստիճանային սինթեզ և ցիտրատ-գել սինթեզ: ԻԲՍ-ի և ՅԳՍ-ի եղանակներով սինթեզված BST փոշենյութից չոր մամլումով պատրաստվել են մեծ խտությամբ ( $\sim 5,1 \text{ գ/սմ}^3$ ) կերամիկաներ (օդի միջավայրում, թրծման ջերմաստիճանը՝  $\sim 1300^\circ\text{C}$ ): SEM, EDS և XRD մեթոդներով հետազոտվել են ստացված փոշենյութերի և կերամիկաների կառուցվածքն ու բաղադրությունը: ԻԲՍ-ով սինթեզված BST-ի կերամիկան շատ ավելի խոշորահատիկ է ստացվել, քան ՅԳՍ-ով սինթեզվածը: ԻԲՍ-ով և ՅԳՍ-ով պատրաստված BST կերամիկաների հիմքի վրա պատրաստվել են Au/BST/Au կերամիկական կոնդենսատորներ, հետազոտվել են դրանց դիէլեկտրիկ հատկությունները ջերմաստիճանային և հաճախականային տարբեր տիրույթներում: ԻԲՍ-ով սինթեզված BST-ի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը,  $1 \text{ ՄՀգ}$  հաճախության դեպքում, սենյակային ջերմաստիճանում  $\sim 260$  է, իսկ ՅԳՍ-ով սինթեզվածինը՝  $\sim 50$ :

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **West A.R.** Inorganic functional materials: optimization of properties by structural and compositional control // Chemical record (New York, N.Y.).- 2006.- 6.- P. 206–216.
2. **Vendik O.G., Hollmann E.K., Kozyrev A.B., Prudan A.M.** Ferroelectric Tuning of Planar and Bulk Microwave Devices // Journal of Superconductivity.- 1999.- 12.- P. 325–338.
3. **Tagantsev A.K., Sherman V.O., Astafiev K.F., Venkatesh J., Setter N.** Ferroelectric Materials for Microwave Tunable Applications // Journal of Electroceramics.- 2003.- 11.- P. 5–66.
4. **Vorobiev A., Rundqvist P., Khamchane K., Gevorgian S.** Silicon substrate integrated high Q-factor parallel-plate ferroelectric varactors for microwave/millimeterwave applications // Appl. Phys. Lett.-2003.- 83.- P. 3144.
5. **Yamada T.** Structural and dielectric properties of epitaxial (Ba,Sr)TiO<sub>3</sub> films on c-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> with ultra-thin TiN sacrificial template // J. Ceram. Soc. Japan.- 2011.- 119.- P. 261–265.
6. **Scott J.F.** High-Dielectric Constant Thin Films for Dynamic Random Access Memories (DRAM) // Annu. Rev. Mater. Sci.- 1998.- 28.- P. 79–100.
7. **Ahmed A., Goldthorpe I.A., Khandani A.K.** Electrically tunable materials for microwave applications // Appl. Phys. Rev.- 2015.- 2.- P. 11302.
8. **Singamaneni R-S., Punugupati S., Prater J., Narayan J.** Diamagnetism to ferromagnetism in Sr-substituted epitaxial BaTiO<sub>3</sub> thin films // Appl. Phys. Lett.- 2016.- 108.- P. 142407.
9. **Vendik O.G., Zubko S.P.** Ferroelectric phase transition and maximum dielectric permittivity of displacement type ferroelectrics (Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>TiO<sub>3</sub>) // J. Appl. Phys.- 2000.- 88.- P. 5343.

10. Մարտիրոսյան Ն.Վ., Դաշտոյան Հ.Ռ. BiFeO<sub>3</sub> սինթեզը՝ ԻԲՍ տեխնոլոգիայով և կերամիկական նմուշների ստացումը // ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ) Լրաբեր.- 2010.- Հ.2, №1.- էջ 322-325:
11. Левашов Е.А., Рогачев А.С., Юхвид В.И., Боровинская И.П. Физико-химические и технологические основы СВС. - М.: Изд-во "БИНОМ", 1999. - 176 с.
12. Borissov A.A., Luca L.D., Merzhanov A.G. Self Propagating High Temperature Synthesis of Materials.- Taylor & Francis, 2002. - 337 p.
13. Վանդոնց Տ.Վ. Բարիում-ստրոնցումի տիտանատի, մագնետիտի եվ մագնեզիում-ցինկային ֆերիտների ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը ԻԲՍ-ի մեթոդով (ատեն.) / ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ).- Երևան, 2008.- 120 էջ:
14. Bhalla A.S., Guo R., Roy R. The perovskite structure - a review of its role in ceramic science and technology // Materials Research Innovations.- 2000.- 4.- P. 3–26.
15. Hlavacek V., Puszynski J.A. "Chemical-Engineering Aspects of Advanced Ceramic Materials" // Industrial & engineering chemistry research.- 1996.- 35(2).- P. 349-377.
16. Niederberger M., Pinna N., Polleux J., Antonietti M. A general soft chemistry route to perovskites and related materials: Synthesis of BaTiO<sub>3</sub>, BaZrO<sub>3</sub> and LiNbO<sub>3</sub> nanoparticles // Angew. Chem., Int. Ed.- 2004.- 43.- P. 2270–2273.
17. Effect of grain size on phase transition, dielectric and pyroelectric properties of BST ceramics /C. Mao, S. Yan, S. Cao et al // Journal of the European Ceramic Society.- 2014.- 34.- P. 2933–2939.

**Օ.Ր. ԴԱՏՏՈՅԱՆ, Ա.Ր. ԴԱՏՏՈՅԱՆ, Վ.Վ. ԲՈՒՆԻԱՏՅԱՆ**

### **ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ Au/BST/Au ОБЪЕМНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ**

Синтезирован широко применяемый и перспективный сложно-оксидный сегнетоэлектрический материал титанат бария-стронция (BST). Из синтезированных BST порошков разработаны технологии получения объемных керамических образцов и конденсаторов. Синтез BST осуществлен двумя способами химического синтеза: цитрат-гель синтез (ЦГС) и самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Структуры и составы синтезированных порошковых материалов и их керамик изучены методами SEM, EDS и XRD. В результате синтеза методом СВС и ЦГС посредством сухого прессования BST порошков изготовлены керамики большой плотности ( $\sim 5,1 \text{ г/см}^3$ ), которые прошли отжиг в кислородной среде при температуре  $\sim 1300^\circ\text{C}$ . На основе полученных керамик изготовлены Au/BST/Au керамические конденсаторы, исследованы их диэлектрические свойства в широком температурном и частотном диапазоне.

**Ключевые слова:** цитрат-гель синтез, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, барий-стронций титанат (BST), объемные сегнетоэлектрические конденсаторы.

**HOVH.R. DASHTOYAN, HAR.R. DASHTOYAN, V.V. BUNIATYAN**  
**FABRICATION AND RESEARCH OF THE Au/BST/Au BULK CERAMIC CAPACITORS**

Widely used and prospective complex oxide ferroelectric material barium strontium titanate (BST) is synthesized. Bulk ceramics and capacitors are developed from synthesized BST powders. The synthesis of BST is realized by two different chemical synthesis methods: citrate-gel synthesis (CGS) and self-propagating high-temperature synthesis (SHS). The obtained powders and ceramics are characterized by means of SEM, EDS and XRD methods. From BST powders obtained by SHS and CGS high density ceramics ( $\sim 5,1 \text{ g/cm}^3$ ) have been made by dry pressing, which have been annealed in the oxygen atmosphere at a temperature of  $\sim 1300^\circ\text{C}$ . Based on the manufactured ceramics, Au/BST/Au ceramic capacitors have been developed, their dielectric properties are studied over a wide temperature and frequency range.

**Keywords:** citrate-gel synthesis, self-propagating high-temperature synthesis, barium-strontium titanate (BST), bulk ferroelectric capacitors.

ՀՏԴ 621.3.049

**Հ.Ռ. ԶԻՐՈՅԱՆ, Ն.Պ. ԻՍՊԻՐՅԱՆ**

**ՖԵՐՐՈԷԼԵԿՏՐԻԿԱԿԱՆ ՀԻՇՈՂ ՍԱՐՔԵՐԻ ԵՎ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ  
ՀԱՃԱԽԱԿԱՆԱՅԻՆ ՈՒ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ԿԱԽՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ  
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ**

Առաջարկվում է հիշող սարք, որը ոչ գերբարձր հաճախությունների դեպքում տեխնիկատնտեսական իմաստով ավելի նպատակահարմար է օգտագործել, քան ֆերոմագնիսական հիշող սարքերը: Սարքն աշխատում է ֆերոէլեկտրիկների հիման վրա, որոնք տարբեր ջերմաստիճաններում կամ հաճախությունների դեպքում նույն կենտրոնի շուրջը ունեն հիստերեզիսի մի քանի օղակներ:

**Առանցքային բառեր.** ֆերոէլեկտրիկ, հիստերեզիսի օղակ, բևեռացում, կոնդենսատոր, տեղեկայթի վերականգնում:

**Ներածություն:** Աշխատանքի նպատակն է ստեղծել հիշող սարքեր՝ օգտագործելով ֆերոէլեկտրիկներ:

**Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը:** Ուսումնասիրվում են ձայնաէլեկտրական եղանակով բևեռացված նմուշի բևեռացման հաճախականային և ջերմաստիճանային կախվածությունները:

Ինչպես հայտնի է, որոշ մետաղներ (երկաթ, կոբալտ, նիկել) օժտված են մագնիսական բևեռացման ինքնաբերական հատկությամբ: Այս երևույթը հայտնի է