

Հ. Ռ. ԴԱՇՏՈՑԱՆ

Ba_{0,25}Sr_{0,75}TiO₃ ՀԻՄՔՈՎ ՄԵՏԱՂ-ՖԵՐՈԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿ-ԴԻԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿ-ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴԻՉ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Հետազոտվել են Ba_{0,25}Sr_{0,75}TiO₃ իմպուլսային լազերային փոշենստեցմամբ ստացված մետաղ-ֆերոէլեկտրիկ-դիէլեկտրիկ-կիսահաղորդիչ կառուցվածքով վարիկոնդների համալարելիությունը, ունակության և կորուստների անկյան տանգենսի ջերմաստիճանային և հաճախականային կախվածությունները:

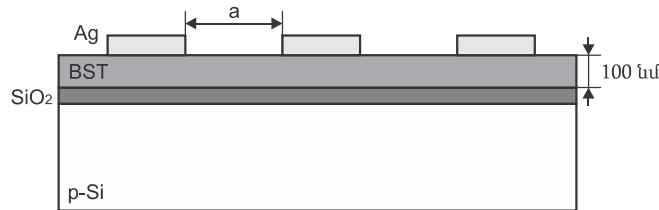
Առանցքային բառեր. Ba_{0,25}Sr_{0,75}TiO₃, իմպուլսային լազերային փոշենստեցում, վարիկոնդ, մետաղ-ֆերոէլեկտրիկ-դիէլեկտրիկ-կիսահաղորդիչ:

Ներածություն: Շնորհիվ մի շարք էլեկտրաֆիզիկական հատկությունների՝ մեծ և համալարելի դիէլեկտրիկ թափանցելիության, փոքր կորուստների անկյան տանգենսի (tgδ), դիէլեկտրիկ և օպտիկական պարամետրերի ոչ գծայնության, պերովսկիտ տիպի բարդ օքսիդներն ունեն լայն կիրառություն էներգամեկախ հիշասարքերում, ԳԲՀ էլեկտրոնիկայում, ակուստաէլեկտրիկական և միկրոմեխանիկական սարքերում [1]: Պերովսկիտ տիպի բարդ օքսիդներից էլեկտրոնիկայում առավելապես կիրառվում են BaTiO₃, SrTiO₃ և դրանց պինդ լուծույթները Ba_{1-x}Sr_xTiO₃ (BST), շնորհիվ մեծ ε դիէլեկտրիկ թափանցելիության, ε-ի էլեկտրական դաշտից և ջերմաստիճանից ունեցած ոչ գծային կախվածության, մեծ ծակման լարումների և փոքր կորստյան հոսանքների: BST պինդ լուծույթի ֆերոէլեկտրական բնութագրերը, մասնավորապես Կյուրիի ջերմաստիճանը, հնարավոր է փոփոխել լայն տիրույթում՝ փոփոխելով Sr-ի պարունակությունը: BST-ի Կյուրիի ջերմաստիճանը գծայնորեն է կախված Sr-ի պարունակությունից և փոխվում է 120 °C-ից (x=0) մինչև -230 °C (x=1) [2]: ԳԲՀ էլեկտրոնիկայում հիմնականում օգտագործվում են պարաէլեկտրիկ ֆազում գտնվող ֆերոէլեկտրիկներ, իսկ հիշող սարքերում, որտեղ ինֆորմացիան հիշվում է բևեռացման միջոցով, օգտագործվում է ֆերոէլեկտրիկ ֆազը: Ba_{0,25}Sr_{0,75}TiO₃ Կյուրիի ջերմաստիճանը -145 °C, այսինքն սենյակային ջերմաստիճանում այն գտնվում է պարաէլեկտրիկ ֆազում:

Վերջին տարիներին լայնածավալ աշխատանքներ են կատարվում ինտեգրալ միկրոսխեմաների արտադրության հետ համատեղելի BST նուրբ թաղանթների ստացման տեխնոլոգիաների մշակման ուղղությամբ: Այդպիսի տեխնոլոգիաների թվին է պատկանում իմպուլսային լազերային փոշենստեցումը (ԻԼՓ) [3]: Այս տեխնոլոգիան թույլ է տալիս ստանալ բարձրորակ BST նուրբ թաղանթներ, որոնք կրկնում են թիրախի ստեխիոմետրիան:

ԳԲՀ էլեկտրոնիկայում օգտագործվող ֆերոէլեկտրիկ թաղանթների կարևոր բնութագրերն են դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը, կորուստների անկյան տանգենսը և համալարելիությունը: Ֆերոէլեկտրիկ թաղանթների կիրառման տեսանկյունից կարևոր է պարզել այդ բնութագրերի՝ հաճախությունից և ջերմաստիճանից ունեցած կախվածությունները: Սույն աշխատանքի նպատակը ԻԼՓ տեխնոլոգիայով ստացված $Ba_{0.25}Sr_{0.75}TiO_3$ հիմքով մետաղ-ֆերոէլեկտրիկ-դիէլեկտրիկ-կիսահաղորդիչ (ՄՖԴԿ) կառուցվածքի հատկությունների հետազոտումն է:

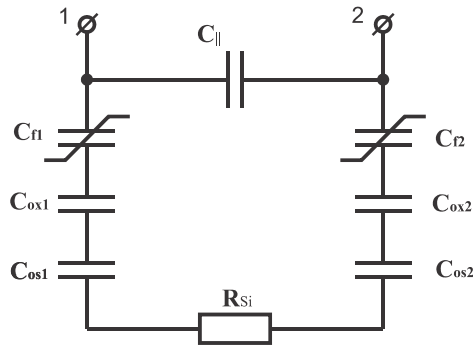
Փորձարարական մաս: Ինքնատարածվող բարձրջերմաստիճանային սինթեզի տեխնոլոգիայով պատրաստված BST կերամիկական թիրախներից $SiO_2/p-Si$ հարթակների վրա ԻԼՓ մեթոդով նստեցվել են թաղանթները: Դրանց ստացման տեխնոլոգիան մանրամասն դիտարկված է [3,4] աշխատանքներում: Նստեցված թաղանթների հաստությունը 100 նմ է, SiO_2 -ի հաստությունը՝ 30 նմ: Միլիցիումի հարթակի տեսակարար դիմադրությունը 5 Օմ·սմ է: BST թաղանթի մակերևույթին ազատ դիմակով վակուումային գոլորշիացմամբ նստեցվել են Ag-ի 500 նմ հաստությամբ 1×1 սմ² մակերեսով 6 էլեկտրոդներ: Էլեկտրոդների միջև a հեռավորությունը 2 սմ է (նկ. 1):



Նկ. 1. Ֆերոէլեկտրիկ կոնդենսատորի սխեմատիկ կառուցվածքը

Հետազոտվել են ձևավորված կառուցվածքների վոլտ-ֆարադային (C-V) բնութագիծը, դիէլեկտրիկ թափանցելիության և կորուստների անկյան տանգենսի կախվածությունը հաճախությունից և ջերմաստիճանից: Գնահատվել է այս կառուցվածքով կոնդենսատորի համալարելիությունը:

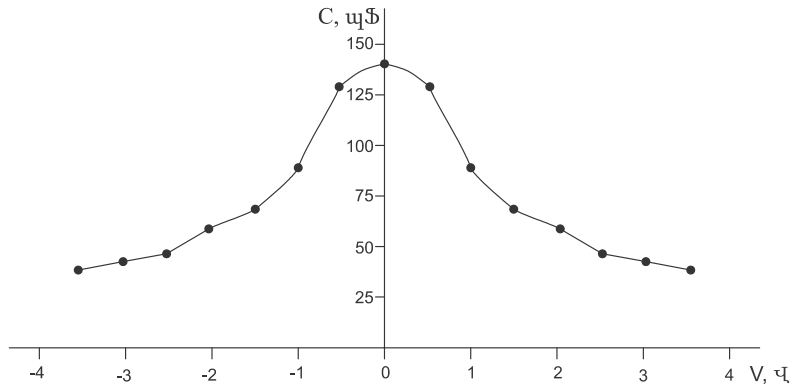
Վերը թվարկված հատկությունների հետազոտման համար էլեկտրոդներ են ծառայել նստեցված արծաթի կոնտակտները: Չափումները կատարվել են երկու հարևան էլեկտրոդների միջև: Այդ դեպքում ստացվում է երկու իրար հակառակ միացված ՄՖԴԿ կառուցվածք: Այդ կառուցվածքը կարելի է ներկայացնել հետևյալ համարժեք սխեմայի տեսքով (նկ. 2) [5]:



Նկ. 2. Երկու իրար հակառակ միացված ՄՖՏԿ կառուցվածքի համարժեք սխեման

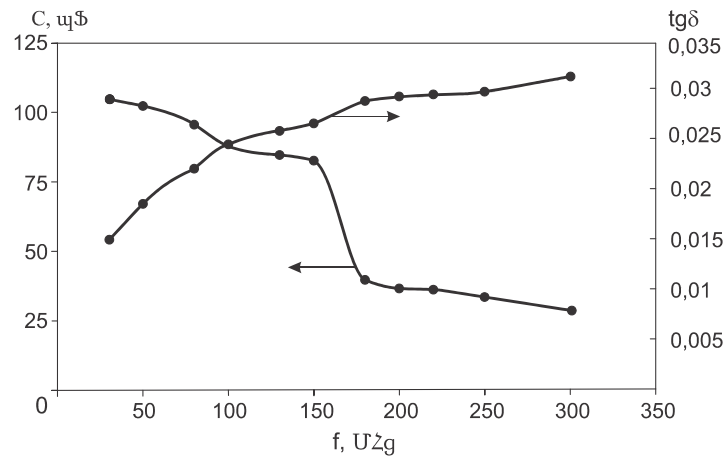
C_{fi} -ը և C_{f2} -ը ֆերոէլեկտրիկ շերտի ունակություններն են, C_{ox1} -ը և C_{ox2} -ը՝ SiO_2 շերտի ունակությունները, C_{os1} -ը և C_{os2} -ը՝ օքսիդ կիսահաղորդիչ սահմանային ունակությունները, R_{Si} -ն արտահայտում է սիլիցիումի հարթակով պայմանավորված կորուստները: $C_{||}$ -ը մակերևութային ունակությունն է, որը էլեկտրոդների մեծ հեռավորության պատճառով կարելի է անտեսել:

Վոլտ-Փարադային (C-V) բնութագծերը չափվել են E7-14 R,L,C մետրի միջոցով 1 կՀց հաճախության դեպքում (նկ. 3):



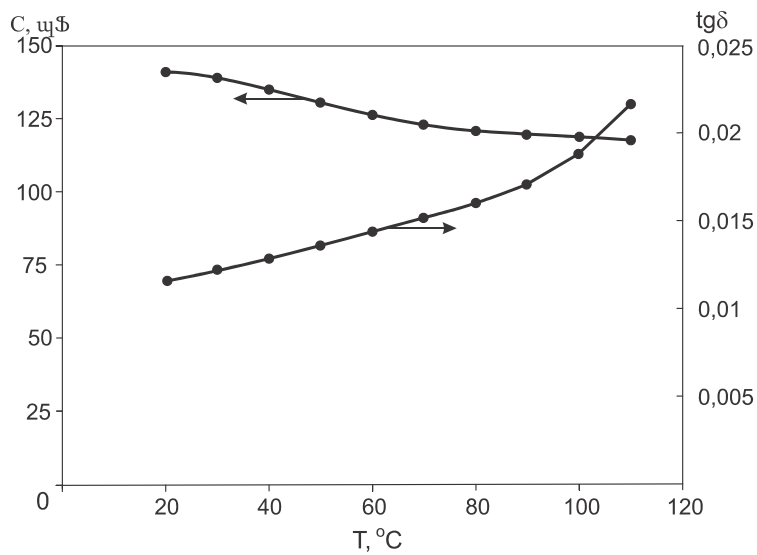
Նկ. 3. ՄՖՏԿ կառուցվածքի ունակության կախվածությունը կիրառված լարումից

Կառուցվածքի ունակության և կորուստների անկյան տանգենսի հաճախականային կախվածությունները հետազոտվել են E4-11 բարորակաչափով, 30-300 ՄՀց հաճախականային տիրույթում (նկ. 4):



Նկ. 4. BST թաղանթով ՄՖԴԿ կառուցվածքի ունակության և կորուստների անկյան տանգենսի հաճախականային կախվածությունը

ՄՖԴԿ կառուցվածքի ունակության և կորուստների անկյան տանգենսի ջերմաստիճանային կախվածությունները հետազոտվել են սենյակայինից մինչև 110 °C միջակայքում (նկ. 5): Նմուշները տաքացվել են թերմոստատի միջոցով, չափումները կատարվել են P5079 փոփոխական հոսանքի կամրջակով:



Նկ. 5. BST թաղանթով ՄՖԴԿ կառուցվածքի ունակության և կորուստների անկյան տանգենսի ջերմաստիճանային կախվածությունը

Արդյունքների վերլուծություն: ԻԼՓ մեթոդով ստացված Ag/BST/SiO₂/p-Si կառուցվածքը ներկայացնում է վարիկոնդ, որի հատկությունների հետազոտումը ցույց տվեց, որ այն կարող է աշխատել ԳԲՀ տիրույթում և ունի բնութագրերի թույլ ջերմաստիճանային կախվածություն:

Վարիկոնդի համալարելիությունը որոշվում է $T=C(0)-C(V)/C(0)$ բանաձևով [3]: Այս կառուցվածքով կոնդենսատորի համար 3 Վ դեկավարման լարման դեպքում ստացվել է մոտ 70% համալարելիություն: Վարիկոնդների համեմատման համար օգտագործվում է փոխանջատման որակի գործոնը (K), որը ներառում է համալարելիությունն ու դիէլեկտրիկ կորուստները և տալիս է ավելի ամբողջական ինֆորմացիա կոնդենսատորի վերաբերյալ: K -ն որոշվում է հետևյալ բանաձևով [2].

$$K = \frac{(n-1)^2}{n \cdot \operatorname{tg} \delta(U_{\min}) \cdot \operatorname{tg} \delta(U_{\max})},$$

որտեղ $n=C(0)/C(V)$, $\operatorname{tg} \delta(U_{\min})$ և $\operatorname{tg} \delta(U_{\max})$ կորուստների անկյան տանգենսն՝ է կիրառված առավելագույն և նվազագույն լարումների դեպքում: Նմուշների համար K -ի լավագույն արժեքը ստացվել է $7,8 \cdot 10^3$: Այն զգալիորեն գերազանցում է [6, 7] աշխատանքներում ստացված արդյունքները: Գործակցի այս արժեքը վկայում է, որ BST վարիկոնդը զուգակցում է մեծ համալարելիությունը և փոքր կորուստները: Այս կոնդենսատորները կարող են օգտագործվել ցածր կառավարման լարմամբ ԳԲՀ սարքերում:

Եզրակացություն: ԻԼՓ մեթոդով SiO₂/p-Si հարթակների վրա նստեցված BST թաղանթներով կառուցվող երկու ՄՖԴԿ (Ag/BST/SiO₂/p-Si) հակառակ միացումը ներկայացնում է վարիկոնդ, որի ջերմաստիճանային և հաճախականային հետազոտումը ցույց տվեց, որ այն կարելի է կիրառել ԳԲՀ էլեկտրոնիկայում որպես համալարելի սարքերի հիմնական տարր: Այն ունի դեկավարման ցածր լարում՝ 3 Վ և համատեղելի է սիլիցիումային տեխնոլոգիայի հետ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Gevorgyan S.** Ferroelectrics in Microwave Devices, Circuits and Systems.- Springer, 2009.- 394 p.
2. Ferroelectric Materials for Microwave Tunable Applications / **A.K. Tagantsev, V.O.Sherman, K.F. Astafiev et al** // Journal of Electroceramics.- 2003.- V. 11.-P. 5-66.
3. Ba,SrTiO₃ թաղանթային կառուցվածքների ստացման տեխնոլոգիայի մշակում / **Վ.Վ. Բունիաթյան, Մ.Գ. Տրավաջյան, Ն.Վ. Մարտիրոսյան և այլք** // ՀՊՀՀԼԻՐԲԵՐ-76. Գիտական և մեթոդական հոդվածների ժողովածու.- 2009.- Հ. 1, № 1.- էջ 552-555:
4. Ferroelectric (multiferroelectric) properties of BST ceramics prepared by SHS / **N.W. Martirosyan, P.B. Avakyan, Z.A. Grigoryan, T.V. Vandunts, H.R. Dashtoyan** // Semiconductor micro- and nanoelectronics: Proceedings of the 7th International Conference.- Tsakhadzor, Armenia, 2009.- P. 148-151.

5. Microwave loss mechanisms in Ba,SrTiO₃ thin film varactors / **A. Vorobiev, P. Rundqvist et al** // JAP. 2004.- V. 96, № 8.- P. 4642-4649.
6. Microwave properties of tunable capacitors based on magnetron sputtered Na_{0.5}K_{0.5}NbO₃ ferroelectric film on low and high resistivity silicon substrates / **S. Abadei, S. Gevorgian, V. Kugler et al** // Integrated ferroelectrics.- 2001.-Vol.39.-P. 359-366.
7. High tunability Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO₃ thin films fabricated on Pt-Si substrates with La_{0.5}Sr_{0.5}CoO₃ buffer layer / **W. F. Qin, J. Xiong, J. Zhu et al** // J Mater Sci: Mater Electron.- 2008.- V. 19.- P. 429-433.

ՀղձՀ (ՊՈՒԽՏԵԽՆԻԿ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 29.11.2012:

Ա.Ր. ԴԱՏԻՅԱՆ

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СТРУКТУРЫ
МЕТАЛЛ-ФЕРРОЭЛЕКТРИК-ДИЭЛЕКТРИК- ПОЛУПРОВОДНИК
НА ОСНОВЕ Ba_{0,25}Sr_{0,75}TiO₃**

Исследованы перестраиваемость, температурная и частотная зависимость емкости и тангенса угла потерь варикондов со структурой металл-ферроэлектрик - диэлектрик - полупроводник на основе Ba_{0,25}Sr_{0,75}TiO₃, полученных методом импульсного лазерного напыления.

Ключевые слова: Ba_{0,25}Sr_{0,75}TiO₃, импульсное лазерное напыление, вариконд, металл-ферроэлектрик-диэлектрик-полупроводник.

H.R. DASHTOYAN

**INVESTIGATION OF PROPERTIES OF Ba_{0,25}Sr_{0,75}TiO₃BASED
METAL-FERROELECTRIC-INSULATOR-SEMICONDUCTOR STRUCTURE**

Tunability, temperature and frequency dependences of the capacitance and the loss tangents of Ba_{0,25}Sr_{0,75}TiO₃based varactors with metal-ferroelectric-insulator- semiconductor structure obtained by pulsed laser deposition are investigated.

Keywords: Ba_{0,25}Sr_{0,75}TiO₃, pulsed laser deposition, varactor, metal-ferroelectric-insulator-semiconductor.