

*С. А. Васілеўскі, В. Ф. Гонтараў,
Л. Н. Марголін, В. І. Януць*

УПЛЫЎ КАМБІНАВАНАГА СПАЛУЧЭННЯ МАДЫФІКАТАРАЎ (Ni^{2+} І $[\text{PO}_4]^{3-}$) НА ФІЗІЧНЫЯ ЎЛАСЦІВАСЦІ СЕГНЕТАЭЛЕКТРЫЧНЫХ КРЫШТАЛЁЎ TGS

Накіраванае змяненне ўмоў вырошчвання крышталёў TGS прыводзіць да з'яўлення новых уласцівасцяў, якія значна павышаюць іх практычную каштоўнасць. Для больш эфектыўнага ўжывання крышталёў TGS неабходна ведаць, як уводзімыя мадыфікатары і ўмовы росту ўплываюць на іх структуру, што ў сваю чаргу робіць уплыў і на ўсе фізічныя параметры крышталёў.

Мэтай даследавання з'яўляецца вывучэнне ўплыву камбінаванага спалучэння мадыфікатараў (Ni^{2+} і $[\text{PO}_4]^{3-}$) на дыэлектрычныя і палярызацыйныя ўласцівасці крышталёў TGSP, Ni.

Найбольш распаўсюджаным спосабам вырошчвання монакрышталёў групы TGS з'яўляецца іх крышталізацыя пры пастаянстве яе параметраў з водных раствораў. Гэта гарантуе якасць монакрышталёў і магчымасць вар'іраваць умовы вырошчвання ў шырокім дыяпазоне тэмператур, перасычэнняў, уводзімых прымясяў і г. д.

Даследуемыя монакрышталі TGSP, Ni былі вырашчаны ў двухтэрмастатнай устаноўцы пры пастаянных тэмпературы (t_p) росту і перасычэнні раствору.

Для атрымання неабходнага рэчыва быў праведзены сінтэз зыходных кампанентаў: амінавоцатнай кіслаты ($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$), сернай кіслаты (H_2SO_4), ортафосфарнай кіслаты (H_3PO_4), сернакіслага нікелю (NiSO_4), узятых у адпаведных стэхіяметрычным суадносінам колькасцяў і раствараных у дыстыляванай вадзе.

У выніку сінтэзу была атрымана сістэма:

$(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH})_3[(\text{H}_2\text{SO}_4)_{1-x-y}(\text{NiSO}_4)_x(\text{H}_3\text{PO}_4)_y]$ — TGSP, Ni, дзе $x=0,1$; $y=0,1$.

Такім чынам, у дадзенай сістэме (у раствору) састаў H_3PO_4 і NiSO_4 склаў 10 мол. %.

З прычыны таго, што ўласцівасці крышталёў групы TGS значна залежаць ад умоў вырошчвання, была абрана тэмпература росту $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, што дазволіла атрымаць якасныя монакрышталі TGSP, Ni ў палярнай фазе.

Паколькі атрыманыя новыя крышталі з'яўляюцца мадыфікацыяй крышталёў TGS, то для апісання іх уласцівасцяў была абрана артаганальная крышталеграфічная сістэма, прапанаваная для чыстага TGS. Як паказалі даследаванні, крышталі TGSP, Ni маюць недасканалую спайнасць у напрамку, перпендыкулярным палярнай восі крышталю. Для вывучэння дыэлектрычных, палярызацыйных і піраэлектрычных уласцівасцяў крышталёў TGSP, Ni з развітых пірамід росту $(1\bar{1}\bar{1})$, (001) , (110) , $(\bar{1}\bar{1}0)$, $(0\bar{1}0)$, (001) і інш. выразаліся блокі з улікам напрамку палярнай восі. Узоры для даследаванняў уяўлялі сабой прамавугольныя пласцінкі памерамі $(5\times 5)\text{ мм}^2$ і таўшчынёй $\sim 0,5\text{ мм}$, сколатыя перпендыкулярна палярнай восі з адпаведных блокаў. Электроды на ўзоры крышталёў TGSP, Ni наносілася In-Ga амальгамай, а для даследавання піраэлектрычных характарыстык паверхня ўзораў зачарнялася графітавым пакрыццём з супраціўленнем праводзячага слоя не больш за 20 кОм .

1. Дыэлектрычная пранікальнасць і дыэлектрычныя страты (слабыя электрычныя палі)

Даследаванне дыэлектрычнай пранікальнасці (ϵ) і тангенса вугла дыэлектрычных страт праводзілася на ўстаноўцы, апісанне якой дадзена ў працы [1].

Як паказалі вынікі даследаванняў, дыэлектрычная пранікальнасць (ϵ) крышталёў TGSP, Ni выяўляе рэзкую анамалію ў вобласці тэмпературы фазавага пераходу. Тэмпература фазавага пераходу (тэмпература Кюры, T_c), вызначаная па максімальным значэнні ϵ , роўна $(48,4\pm 0,1)\text{ }^{\circ}\text{C}$. У сегнетаэлектрычнай (палярнай) вобласці пры тэмпературах, далёкіх ад пункта фазавага пераходу, з павелічэннем тэмпературы вымярэння, ϵ манатонна ўзрастае і толькі паблізу T_c адбываецца рэзкае і значнае павелічэнне ϵ .

Значэнні дыэлектрычнай пранікальнасці пры $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ складаюць (39—54). Максімальныя значэнні $\bar{\epsilon}_{\text{макс}}$ адрозніваюцца па пірамідзе росту. Так, у пірамідзе росту (110) $\bar{\epsilon}_{\text{макс}}$ складае $\approx 13,9\text{ }10^3$, а ў пірамідзе (001) — $\approx 3,4\text{ }10^3$ (табл. 1).

Вышэй тэмпературы фазавага пераходу дыэлектрычная пранікальнасць зноў манатонна памяншаецца і пры тэмпературы $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ значэнні ϵ складаюць ≈ 120 . З даных табл. 1 вынікае, што прымяненне камбінаванага мадыфікатара (Ni, PO_4) значна ўплывае на дыэлектрычныя характарыстыкі крышталёў. Так, у пірамідзе (001) крышталёў TGSP, Ni значэнні $\epsilon_{\text{макс}}$ значна ніжэй, чым у крышталёў TGS і TGSP. Ужыванне такога

Таблиця 1

Сярэднія значэнні дыэлектрычных характарыстык
мадыфікаваных крышталёў TGS

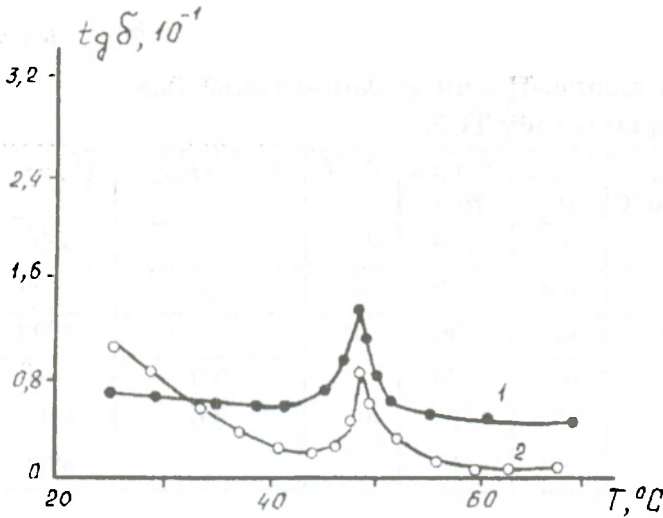
Крышталёў	Піраміда росту	$\epsilon_{\text{доч. пры } 20^\circ\text{C}}$	$\epsilon_{\text{макс. } 10^3}$	$\epsilon_{\text{пры } 70^\circ\text{C}}$	$T_c, ^\circ\text{C}$	$tg\alpha_1/tg\alpha_2$	$C, \text{град}$
TGS	(001)	80	9,5	100	49,3	2,7	3200
TGS, Nb	(001)	80	5,3	360	49	2,8	3400
TGSP	(001)	38	6,2	130	49	3,1	4200
TGSP, Ni	(001)	54	3,4	120	48,4	2,9	3640
	(110)	39	13,9	120		3,6	4000
	($\bar{1}\bar{1}0$)	40	6,8	118		3,4	3820

мадыфікатара значна адбіваецца і на тэмпературы фазавога пераходу. Так, тэмпература Кюры паніжаецца прыблізна на $0,9^\circ$ у параўнанні з чыстым TGS.

У наваколлі тэмпературы фазавога пераходу характар змянення (ϵ^{-1}) адпавядае закону Кюры — Вейса для ўсіх пірамід росту. Значэнні тэмпературы Кюры (T_c) і тэмпературы Кюры — Вейса (T_0) адрозніваюцца $\sim 0,1^\circ$. Разлікі паказалі, што сярэдняе значэнне пастаяннай Кюры — Вейса (C) складае (3820 ± 200) , а стасунак тангенсаў вуглоў нахілу ліній у сегнетаэлектрычнай фазе да нахілу ліній у параэлектрычнай (непалярнай) фазе ($tg\alpha_1/tg\alpha_2$) складае прыкладна 3,3. Значэнні C і стасунак $tg\alpha_1/tg\alpha_2$ адпавядае велічыням, якія характарызуюць крышталі з фазавым пераходам II роду.

Пры вывучэнні дыэлектрычных уласцівасцяў сегнетаэлектрычных крышталёў важнай характарыстыкай з'яўляецца тангенс вугла дыэлектрычных страт ($tg\delta$) і яго тэмпературная залежнасць. На рыс. 1 прадстаўлены тэмпературныя залежнасці $tg\delta = f(T)$ крышталёў TGSP, Ni і TGSP. Значэнні $tg\delta$ пры тэмпературы 25°C складаюць $(0,085-0,110)$ для TGSP і $(0,060-0,080)$ для TGSP, Ni ў залежнасці ад піраміды росту. З павелічэннем тэмпературы ў сегнетаэлектрычнай фазе, велічыня $tg\delta$ памяншаецца і толькі паблізу T_c назіраецца некаторае павелічэнне значэнняў $tg\delta$. Так, для крышталёў TGSP, Ni $tg\delta_{\text{макс}} \sim (0,13-0,33)$, у той час як для TGSP $tg\delta_{\text{макс}} \approx (0,08-0,14)$. Для крышталёў TGSP, Ni найменшыя значэнні $tg\delta$ у пірамідах (110) і ($\bar{1}\bar{1}0$).

У параэлектрычнай вобласці, удалечыні ад тэмпературы Кюры (T_c), тангенс дыэлектрычных страт складае $(0,014-0,070)$, што некалькі вышэй, чым для крышталёў TGS, TGSP.



Рыс. 1.
Тэмпературныя залежнасці дыэлектрычных страт крышталёў TGSP, Ni (1) і TGSP (2). Тэмпература росту 30°C , піраміда росту (001)

2. Дыэлектрычная пранікальнасць (моцныя электрычныя палі)

Характэрнай асаблівасцю сегнетаэлектрычных крышталёў з'яўляецца іх здольнасць да перапалярызацыі, г. зн. да змянення кірунку вектара спантаннай палярызаванасці пад дзеяннем слабага электрычнага поля. Звычайна сегнетаэлектрычны крышталі не з'яўляецца аднародна палярызаваным, а складаецца з даменаў, кірунак палярызацыі якіх адрозніваюцца.

Пры ўнясенні сегнетаэлектрычнага крышталю (узору) у знешняе электрычнае поле адбываецца пераарыентацыя электрычных момантаў даменаў і ўвесь узор аказваецца палярызаваным. Таму для сегнетаэлектрычных крышталёў залежнасць $\epsilon = f(E_)$ не з'яўляецца лінейнай. Даследаванне залежнасці $\epsilon(E_)$ для крышталёў TGSP, Ni праведзена па вымярэнні петляў дыэлектрычнага гістэзісу з улікам залежнасці дыэлектрычнага зрушвання $D = f(E)$.

Як вынікае з атрыманых даных, дыэлектрычная пранікальнасць крышталёў TGSP, Ni з павелічэннем напружанасці пераменнага электрычнага поля ($E_$) значна змяняецца.

Характар змянення $\epsilon(E_)$ залежыць ад піраміды росту. На рыс. 2 прадстаўлены залежнасці $\epsilon(E_)$ для розных пірамід росту. У параўнальна слабых палях (да 250 В/см) у пірамідах (100) і (100) ϵ узрасце павольна, затым у больш моцных палях — рэзка, пры некаторым значэнні ($E_$) дасягае свайго максімальнага значэння, праходзіць яго і памяншаецца. Аналагічны выгляд залежнасці $\epsilon(E_)$ уласцівы ў асноўным і для пірамід росту (010), (111), ($\bar{1}10$). Аднак для гэтых пірамід змяненне $\epsilon(E_)$ пачынаецца ў палях $\approx 2 \text{ кВ/см}$ (для піраміды росту (010)), у той час як для піраміды ($\bar{1}11$) павелічэнне ϵ адзначаецца ўжо ў палях $\approx 50 \text{ В/см}$. На крывых залежнасцяў $\epsilon(E_)$ можна выдзеліць некалькі характэрных абласцей нелінейнасці (рыс. 2). У вобласці I ϵ параўнальна

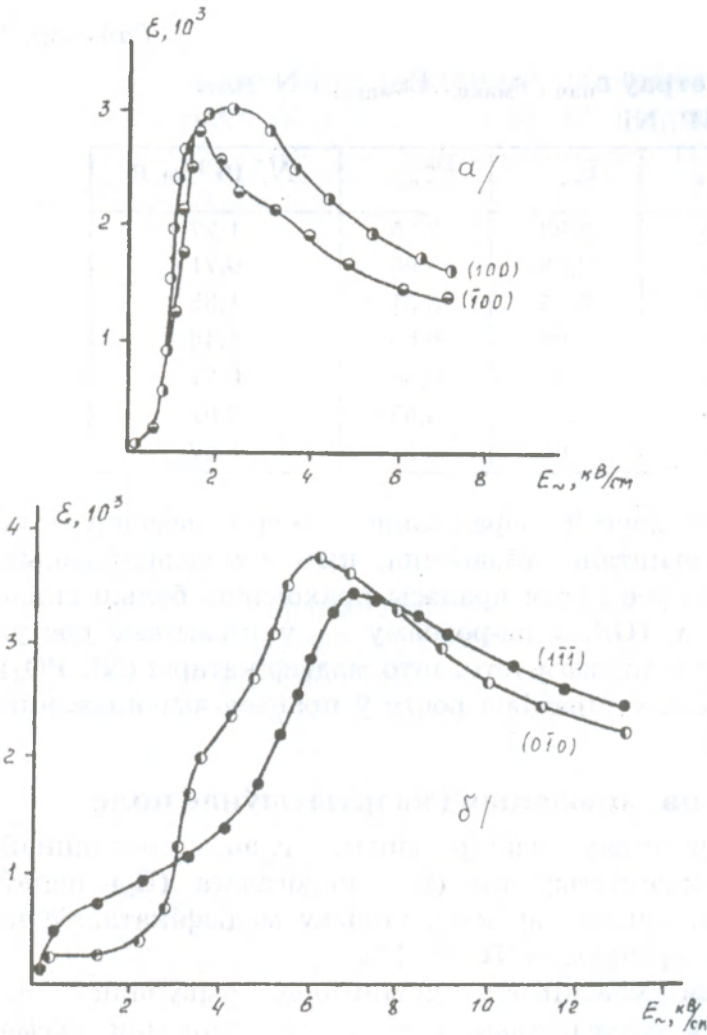


Рис. 2.
 Залежності $\epsilon(E)$
 кристалёў TGSP,
 Ni. Тэмпература
 росту 30°C
 а) піраміды росту
 (100) і $(\bar{1}00)$
 б) піраміды росту
 $(0\bar{1}0)$ і $(1\bar{1}\bar{1})$

на слаба залежыць ад E . У вобласці II нелінейнасці ϵ рэзка ўзрастае з павелічэннем E . Аднак для пірамід росту (100) і $(\bar{1}00)$ гэта вобласць знаходзіцца ў інтэрвале палёў $(0,5-1,5) \text{ кВ/см}$, а для пірамід росту $(0\bar{1}0)$ і $(1\bar{1}\bar{1})$ — $(1-3,5) \text{ кВ/см}$. У гэтых пірамідах росту можна выдзеліць і вобласць III нелінейнасці, якая назіраецца ў палях ад 5 да 7 кВ/см (рыс. 2б). Пры далейшым павелічэнні поля (E) дыэлектричная пранікальнасць экспаненцыяльна спадае. Значэнні $\epsilon_{\text{пач.}}$, $\epsilon_{\text{макс.}}$, $E_{\text{макс.}}$ і нелінейнасці N па пірамідах росту прыведзены ў табл. 2.

Адзначаныя асаблівасці ў характары залежнасцяў $\epsilon(E)$ могуць быць растлумачаны, зыходзячы з уяўленняў аб даменнай структуры сегнетаэлектрыкаў. Залежнасць $\epsilon(E)$ у асноўным вызначаецца залежнасцю ад поля арыентацыйнай палярызацыі. Уплыў яе практычна заўсёды больш за ўплыў палярызацыі, абумоўленай іншымі механізмамі Пад уздзеяннем электрычнага поля арыентацыйная палярызацыя ажыццяўляецца шляхам пераарыентацыі цэлых даменаў, росту даменаў адной арыентацыі і

Табліца 2

Значэнні параметраў $\epsilon_{\text{пач.}}$, $\epsilon_{\text{макс.}}$, $E\epsilon_{\text{макс.}}$ і N для крышталёў TGSP, Ni

Піраміда росту	$\bar{\epsilon}_{\text{пач.}}$	$\epsilon_{\text{макс}}$	$\bar{E}\epsilon_{\text{макс}}$	$N \cdot 10^{-2}$ см/В
(100)	75	2,98	2,25	1,77
(0 $\bar{1}0$)	90	3,78	5,95	0,71
($\bar{1}10$)	100	5,15	3,91	1,32
(001)	40	3,90	6,83	1,43
(1 $\bar{1}\bar{1}$)	235	3,45	6,88	0,21
(010)	65	2,20	5,55	0,61
(110)	100	5,60	3,81	1,47

выяснення даменаў другой, зараджэннем новых даменаў і іх прарастання праз крышталі. Відавочна, што ў мадыфікаваных крышталях TGSP, Ni ўсе гэтыя працэсы праходзяць больш складана, чым у чыстым TGS, і па-рознаму — у пірамідах росту. Ускосна гэта служыць доказам таго, што мадыфікатары (Ni, PO₄) па-рознаму ўваходзяць у піраміды росту ў працэсе вырошчвання крышталёў TGSP, Ni.

3. Спантанная палярызацыя і каэртытыўнае поле

Вывучэнне параметраў палярызацыі, г. зн. спантаннай палярызацыі (P_s), каэртытыўнага (E_c), парогавага ($E_{\text{п}}$) палёў дазваляе паўней вызначыць характар уплыву мадыфікатараў на даменную структуру крышталёў TGSP, Ni.

Палярызацыйныя ўласцівасці крышталёў вывучаліся па петлях гістэрэзісу ў сінусаідальных палях па вядомай схеме Сойера — Таўэра. Пры ўсіх вымярэннях (у моцных палях) узоры замацоўваліся ў спецыяльных трымальніках і размяшчаліся ў камеры з ачышчанага газай (для папярэджання награвання ўзораў пры павелічэнні вымяральнага поля). Уласная ёмістасць кожнай камеры не перавышала 2—3 пФ. Для падтрымання неабходнай тэмпературы ўзораў, пры адпаведных вымярэннях, ажыццяўлялася тэрмастатыраванне з дакладнасцю рэгулявання тэмпературы $\pm 0,02^\circ$.

Як паказалі даследаванні, крышталі TGSP, Ni валодаюць дастаткова развітымі, з невялікай асіметрыяй, петлямі гістэрэзісу. У асноўным асіметрыя можа быць заўважана ў палях (E), меншых, чым значэнні каэртытыўных палёў (E_c) гэтых крышталёў. Пры дасягненні палёў насычэння ($E_{\text{нас.}}$) асіметрыя петляў гістэрэзісу практычна знікае. Выгляд насычаных (завершаных) петляў гістэрэзісу залежыць ад піраміды росту крышталёў TGSP, Ni. Практычна прамавугольная петля гістэрэзісу назіраецца ў пірамідзе ($1\bar{1}\bar{1}$). Велічыня спантаннай палярызацыі P_s , вызначаная

Таблиця 3

Сярэднія значэнні спантаннай палярызацыі (P_s), каэрттытыўных (E_c), парогавых (E_n), зрушаючых ($E_{зр}$), насычаючых ($E_{нас}$) палёў крышталёў TGSP, Ni пры 20 °C

Крышталёў	Піраміда росту	\bar{P}_s , мкКл/см ²	E_c , кВ/см ²	\bar{E}_n , кВ/см ²	$\bar{E}_{нас}$, кВ/см ²	$\bar{E}_{см}$, кВ/см
TGSP, Ni	(001)	2,72	6,22	1,82	10,06	0,36
	($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$)	2,77	11,78	1,40	12,93	0
	(100)	0,95	1,74	0,70	6,71	0,37
	(010)	1,38	9,95	1,96	12,68	0,67
	(110)	2,49	4,46	1,72	10,63	0,41
	($0\bar{1}0$)	2,58	9,77	1,35	15,26	0
	($\bar{1}10$)	2,23	5,17	1,05	8,43	0

па петлях гістэрэзісу, пры 20 °C складае (0,95–2,77) мкКл/см² у залежнасці ад піраміды росту (табл. 3).

Так, у пірамідах ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$), (001), (110), (010) P_s дасягае значэнняў (2,49–2,77) мкКл/см², у той час як у пірамідах (100) і (010) не перавышае значэнняў 1,38 мкКл/см².

Вымярэнне залежнасцяў P_s ад амплітуды вымяральнага поля пры пастаяннай тэмпературы 20 °C паказала, што ў ходзе крывых P_s (E) крышталёў TGSP, Ni назіраюцца значныя адрозненні па пірамідах росту. Парогавыя палі (E_n), з якіх пачынаюцца петлі гістэрэзісу, больш нізкія для пірамід росту (100) і ($\bar{1}\bar{1}\bar{0}$). Значэнні $E_n \approx (0,70-1,07)$ кВ/см. Для іншых пірамід росту крышталёў TGSP, Ni значэнні $E_n \approx (1,35-1,96)$ кВ/см.

Пры павелічэнні амплітуды вымяральнага поля P_s узрастае і пры некаторым значэнні ($E_{нас}$) дасягае насычэння. Значэнні палёў насычэння, а таксама зрушваючых палёў па пірамідах росту прадстаўлены ў табл. 3.

Даследаванні паказалі, што крышталі TGSP, Ni ў пірамідах (001), ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$), (010), (010) дастаткова «жорсткія», аб чым сведчаць значэнні каэрттытыўных (E_c) палёў у гэтых пірамідах, якія дасягаюць значэнняў (6,22–11,78) кВ/см.

Тэмпературныя залежнасці $P_s(T)$ і $E_c(T)$ для крышталёў TGSP, Ni ў інтэрвале тэмператур 20–45 °C змяняюцца хутчэй, чым у крышталёў TGS. Тэмпература T_c , вызначаная па залежнасцях $P_s(T)$, складала $49 \pm 0,2$ °C.

Эксперыментальныя вынікі паказваюць, што сегнетаэлектрычны пераход у крышталях TGSP, Ni з'яўляецца фазавым пераходам другога роду, паколькі спантанная палярызацыя P_s уяўляе сабой непарыўную функцыю тэмпературы. Аднак уваходжанне мадыфікатараў (Ni, PO₄) не аднолькава па пірамідах росту. Вадавочна, што «жорсткасць» пірамід (001), ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$), (010), (010) абумоўлена большым уваходжаннем мадыфікатара PO₄ у працэс росту крышталёў.

4. Піраэлектрычныя ўласцівасці

Даследаванне піраэлектрычных уласцівасцяў крышталёў TGSP, Ni праведзена дынамічным метадам [2]. Узоры крышталёў змяшчаліся ў тэрмастатыраваную камеру для вымярэнняў і награваліся ад пакаёвай тэмпературы (20 °С) да тэмпературы, пры якой пірасігнал практычна знікаў (г. зн. крышталі награваліся да тэмпературы вышэй T_c). Нагрэў узораў праводзіўся са скорасцю 0,5° у хвіліну, што ў шмат разоў менш чым цеплавая пастаянная ўзору. Гэтым забяспечваліся раўнамерны нагрэў узору. Вымярэнні пірасігналаў праводзіліся як пры награванні, так і пры наступным павольным ахалоджванні ўзораў да зыходнай тэмпературы.

Значэнні γ/ϵ у інтэрвале тэмператур 20—35 °С пры павышэнні тэмпературы змяняюцца слаба (асабліва ў пірамідзе росту $(1\bar{1}\bar{1})$), а затым рэзка спадаюць паблізу тэмпературы фазавага пераходу. Значэнні T_c , вызначаныя па змяненні $\gamma/\epsilon(T)$, складаюць $\approx(49,2 \pm 0,5)$ °С, што некалькі не ўзгадняецца з дадзенымі T_c пры вымярэнні залежнасцяў $\epsilon(T)$. Гэта звязана з тым, што ў мадыфікаваных крышталях TGSP, Ni слабая піраактыўнасць захоўваецца і пры $T > T_c$, прычым інтэрвал $\Delta T = T - T_c$ залежыць ад піраміды росту.

Пры ахалоджанні ўзораў TGSP, Ni пасля папярэдняга 5—10-хвіліннага прагрэву пры ≈ 60 °С у крышталях у асноўным захоўваецца першапачатковы (г. зн. абумоўлены ўмовамі росту) напрамак палярызацыі. Аднак піраактыўнасць пасля прагрэву значна меншая і не перавышае значэнняў $\gamma/\epsilon = (2-5,5) \cdot 10^{-6}$ Кл/м²К. Значэнні γ/ϵ і M_2 істотна залежаць ад піраміды росту (табл. 4).

Табліца 4

Значэнні γ/ϵ і M_2 крышталёў TGSP, Ni

Піраміда росту	γ/ϵ , 10^{-6} Кл/м ² К (пры 25 °С)	M_2 , 10^{-2} м ² /Кл (пры 25 °С)
(001)	24,6	120,4
$(1\bar{1}\bar{1})$	17,5	85,7
(010)	25,7	125,0
$(\bar{1}10)$	22,6	110,0
(100)	22,4	109,7
(010)	22,4	109,7
(010)	27,7	135,2

З прыведзеных у табл. 4 даных вынікае, што ў пірамідах росту (111) значэнні γ/ϵ найменшыя, аднак у гэтай пірамідзе піраактыўнасць захоўваецца да ≈ 55 °С (тэмпература фазавага пераходу $\approx 49,2$ °С).

Заклучэнне

Праведзеныя комплексныя даследаванні ўплыву прымясяў Ni і PO_4 на дыэлектрычныя, палярэзацыйныя і піраэлектрычныя характарыстыкі крышталёў TGSP, Ni дазволілі зрабіць наступныя вывады:

- 1) іёны Ni^{2+} і $[PO_4]^{3-}$ не аднолькава ўваходзяць у крышталі TGSP, Ni па пірамідах росту;
- 2) іёны Ni^{2+} і $[PO_4]^{3-}$, відавочна, робяць канкурыруючы ўплыў на працэс фарміравання даменнай структуры, такім чынам і на ўсе характарыстыкі, звязаныя з палярэзацыйнымі і піраэлектрычнымі ўласцівасцямі крышталёў TGSP, Ni ;
- 3) крышталі TGSP, Ni з'яўляюцца піраактыўнымі без уздзеяння знешняга падпалярэзуючага поля;
- 4) прымяненне камбінаваных мадыфікатараў дазваляе значна змяняць уласцівасці крышталёў групы TGS, такім чынам пашырыць магчымасці прымянення мадыфікаваных крышталёў у якасці пірапрыёмнікаў, мадулятараў ЗВЧ-дыяпазону і г. д.

ЛІТАРАТУРА

1. Гонтараў В. Ф., Ерафееў Р. П., Марголін Л. Н. Некаторыя схемы сагласавання лічбавых вымяральных прылад // Уласцівасці сегнетаэлектрыкаў: Зб. навук. пр. Мн., 1989. С. 73—82.
2. Цэдрык М. С., Забаройскі Г. А., Гонтараў В. Ф. Змяненне параметраў якасці піраэлектрычных матэрыялаў імпульсным дынамічным метадам // Сегнетаэлектрыкі: Зб. навук. пр. Мн., 1986. С. 101—111.

SUMMARY

Complex research of the influence of the combination of modifiers Ni^{2+} and $[PO_4]^{3-}$ on dielectric, polarization and pyroelectric properties of ferroelectric TGS crystals has been done.