

УДК 537.94
PACS number(s): 78.20.Fm

ВПЛИВ РОЗМІРІВ ЗРАЗКІВ НА ТЕМПЕРАТУРИ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ ВИХІДНА–НЕСПІВМІРНА–СЕГНЕТОЕЛЕКТРИЧНА ФАЗИ КРИСТАЛІВ $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$

**І. Карпа, С. Свелеба, І. Куньо, І. Катеринчук,
О. Семотюк, О. Фіщич, Ю. Панківський¹**

*Львівський національний університет ім. І.Франка
факультет електроніки, кафедра нелінійної оптики
вул. ген. Тарнавського 107, 79017 Львів, Україна
e-mail: sveleba@electronics.wups.lviv.ua*

¹*Національний лісотехнічний університет України, кафедра екології
вул. О. Кобилянської 1, 79005 Львів, Україна
e-mail: pankivyyu@lvivonline.com*

Вивчено фазову діаграму розмір зразка кристала (d) – температура (T) для кристала $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ в інтервалі температур $280 \text{ K} < T < 320 \text{ K}$ і $20 \times 10^{-6} \leq d \leq 500 \times 10^{-6} \text{ м}$. Показано, що зі зменшенням розмірів зразка кристала ($d < 250 \times 10^{-6} \text{ м}$) відбувається зміщення температури фазового переходу неспівмірна–співмірна фаза у високотемпературну область, зумовлене просторовим обмеженням зміни періоду модульованої надструктури. Зміна величини параметра неспівмірності при $d < 200 \text{ мкм}$, спричиняє зміщення температури фазового переходу вихідна–неспівмірна фаза та появу на фазовій d, T діаграмі нової співмірної фази.

Ключові слова: двозаломлення, фазові переходи, параметр неспівмірності, неспівмірна фаза.

Кристали $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ належать до сімейства кристалів A_2BX_4 і характеризуються складною послідовністю фазових переходів, у тім числі і неспівмірну фазу. Згідно з рентгеноструктурними дослідженнями у вихідній фазі ці кристали володіють просторовою групою симетрії D_{2h}^{16} та параметрами кристалічної ґратки: $a = 9,031 \text{ \AA}$, $b = 15,155 \text{ \AA}$, $c = 12,127 \text{ \AA}$ [1]. Неспівмірна модуляція, що виникає при $T_1 = 297 \text{ K}$ вздовж осі c , характеризується хвильовим вектором $q = (1/3 - \delta)c^*$, де зміни δ є незначними ($\delta \approx 0,0075 - 0,0070$), $c^* = \frac{1}{c}$ [1]. Під дією гідростатичного тиску відбувається зменшення температурного інтервалу існування неспівмірної фази ($T_c = 291,1 \text{ K} - T_i$; $\Delta T = 7,54 \text{ K}$) до $\Delta T \approx 1 - 1,1 \text{ K}$ при $P = 10 - 20 \text{ МПа}$. Подальше збільшення величини гідростатичного тиску зумовлює розширення температурного інтервалу існування неспівмірної фази та локалізацію хвильового вектора неспівмірності на співмірних значеннях вищого порядку з утворенням співмірних довгоперіодичних (СД) фаз [2].

Неспівмірну модуляцію, якщо керуватися рентгеноструктурними дослідженнями, у цьому випадку описують хвильовим вектором $q = (1/3 + \delta)c^*$.

Підсумовуючи вище сказане, при тиску $P_k \approx 10 - 20$ МПа в цих кристалах спостережується злиття чотирьох ліній ФП на P - T площині. Зазначені лінії визначають область існування двох неспівмірних фаз: з хвильовими векторами $k/c^* < 1/3$ ($P < P_k$) та $k/c^* > 1/3$ ($P > P_k$), відповідно [3].

Відомо [4], що на еволюцію хвильового вектора неспівмірності в солітонному режимі неспівмірної фази впливають розміри кристала. Тобто параметр неспівмірності δ може змінюватися від товщини кристала. Тому в роботі досліджено вплив розмірів ($d = Nc$, де N – кількість елементарних комірок, c – розміри елементарної комірки у вихідній фазі) кристала $[N(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ вздовж осі c на температурну поведінку двозаломлення $\delta(\Delta n_c)$.

Кристали $(\text{TMA})_2\text{CuCl}_4$ вирощувалися з водного розчину солей $[N(\text{CH}_3)_4]\text{Cl}$ і CuCl_2 , взятих у стехіометричному співвідношенні за кімнатної температури. Досліджували приріст лінійного двозаломлення методом Сенармона з використанням автоматизованої установки з модуляцією оптичного сигналу [5] на довжині хвилі $\lambda = 633$ нм. Температуру досліджених зразків вимірювали з точністю $\pm 0,1$ К з використанням автоматизованої системи на основі “Утрекс” [5].

Товщину зразків обчислювали за допомогою оптичного мікроскопа з точністю ± 5 мкм. Плоскопаралельність зразків забезпечувалась шліфуванням і поліруванням зразків закріплених на скляній підкладці.

На рис. 1 показано температурну залежність $\delta(\Delta n_c)$ для кристала $[N(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ при різних значеннях товщини зразка. У разі зменшення товщини зразка ($d < 350$ мкм) спостерігається звуження температурного інтервалу існування неспівмірної фази. Отримана залежність $T_i \sim f(d)$, $T_c \sim f(d)$ (де T_i – температура переходу кристала із вихідної в НС фазу, а T_c – температура переходу кристала із НС фази в співмірну-сегнетоеластичну фазу) є нелінійною.

Звуження температурного інтервалу існування НС фази супроводжується зменшенням величини приросту двозаломлення при T_c . Поряд з цим відбувається зміщення температур та простежується збільшення температурного інтервалу існування нелінійної з температурною поведінки $\delta(\Delta n_c)$ у вихідній фазі. За товщини зразка $d \approx 50$ мкм спостерігається незначний ($\Delta T \approx 0,4$ К) температурний інтервал існування неспівмірної фази (рис. 1, рис. 2). Подальше зменшення значення d ($d < 50$ мкм) супроводжується вклинюванням та розширенням температурного інтервалу існування нової фази. Розширення температурного інтервалу нової фази зумовлено подальшим підвищенням температури фазового переходу вихідна-неспівмірна фаза, та зниженням температури спостережувального нового фазового переходу (T_c). Цей фазовий перехід (ФП) супроводжується збільшенням приросту $\delta(\Delta n_c)$ при ньому зі зменшенням величини d . Це явище (появи нової фази) супроводжується зменшенням температурного інтервалу існування нелінійної з температурною поведінки $\delta(\Delta n_c)$ у вихідній фазі.

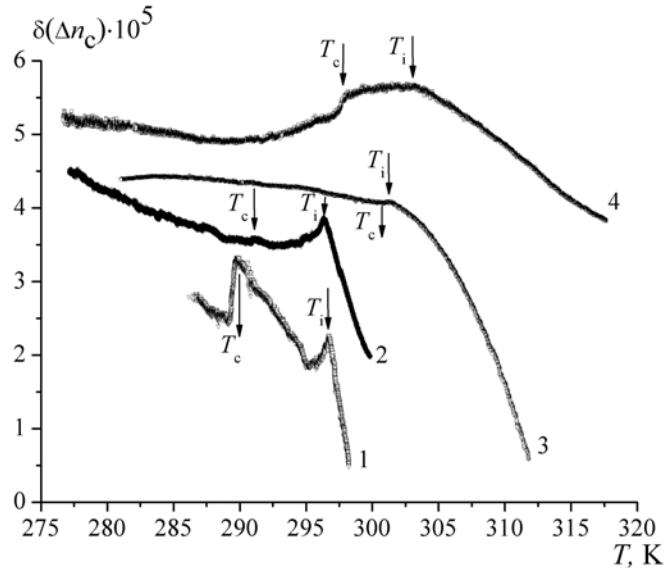


Рис. 1. Температурна залежність $\delta(\Delta n_c)$ кристала $[N(CH_3)_4]_2CuCl_4$ за різних значень товщини зразка: 1 – $d \approx 350$ мкм; 2 – $d \approx 170$ мкм; 3 – $d \approx 50$ мкм; 4 – $d \approx 20$ мкм

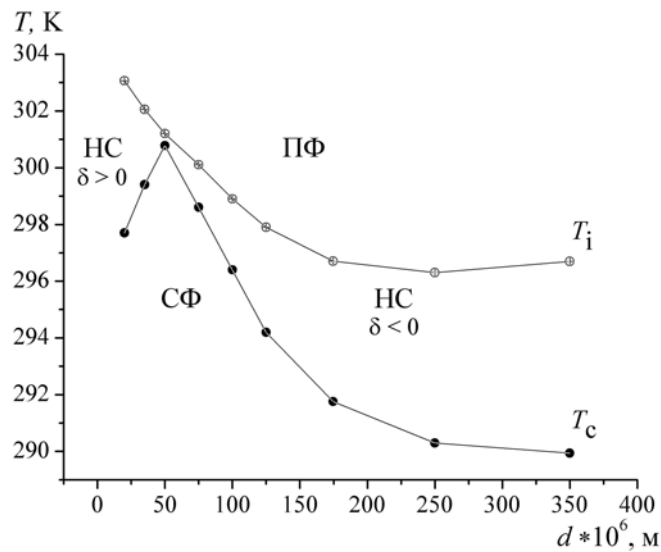


Рис. 2. Фазова d, T – діаграма кристала $[N(CH_3)_4]_2CuCl_4$ стану, отримана на рідставі експериментальних значень температурної поведінки двозаломлення $\delta(\Delta n_c)$

Отримана фазова $d-T$ діаграма наведена на рис. 2, є подібною до фазової $P-T$ діаграми [6]. Ця подібність засвідчує, що при $d < 50$ мкм в кристалі $[N(CH_3)_4]_2CuCl_4$, можливо, виникає неспівмірна фаза з $q \approx (1/3 + \delta)^*$. Це припущення підтверджується існуванням температурного глобального гістерезису в температурному інтервалі існування цієї

фази. Зазначимо, що температурна залежність $\delta(\Delta n_c)$ у цій фазі є сходинчастою, що свідчить про існування метастабільних станів. Метастабільні стани – це стани, в яких хвильовий вектор неспівмірної структури набуває співмірного значення вищого порядку.

Як відомо [7], у неспівмірних системах типу I, до яких належить неспівмірна фаза кристала $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$, ФП із вихідної парафази (ПФ) в низькосиметричну співмірну фазу (СФ) пов'язаний з багатокомпонентним параметром порядку (Q_1, Q_2, \dots, Q_N) , який належить до зірки хвильових векторів $(k_{c1}, k_{c2}, \dots, k_{cL})$. При цьому симетрія ПФ допускає існування лінійних градієнтних інваріантів, сконструйованих з компонент параметра порядку. Одним із таких лінійних градієнтних інваріантів є добре відомий інваріант Ліфшиця $i\delta(Q_1 dQ_2 / dz - Q_2 dQ_1 / dz)$, складений з двокомпонентного параметра порядку. У плоскохвильовому наближенні він дає лінійний (по відношенню до хвильового вектора k) внесок в дисперсію м'якої моди, яка поблизу співмірної точки $\pm k_i$ може бути записана як:

$$\omega(k) = \alpha + 2\delta(k - k_c) + h(k - k_c)^2, \quad (1)$$

де традиційно $\alpha = A_0(T_0 - T)$ і h – коефіцієнт розкладу при градієнтному членові вищого порядку. Із (1) є очевидним, що мінімум дисперсійної гілки м'якої моди $\omega^2(k)$ відповідає точці $k_i = -\delta/h$. Отже, якщо тільки $\delta \neq 0$, то безпосередній ФП другого роду ПФ→СФ виявляється неможливим. Зокрема, цей ФП мав би відбутися за умови $a = 0$, але його випереджає інший ФП другого роду в неоднорідну НС фазу, що з'являється при $\alpha_i = A_0(T_i - T_0) = \delta^2/h > 0$. Остання нерівність фактично є математичним формулюванням одного з добре відомих принципів теорії Ландау для ФП другого роду – так званої умови Ліфшиця. Умова $\alpha = \delta = 0$ визначає положення ізольованої точки ФП другого роду ПФ→СФ на координатній α - δ площині (рис. 3). Зазначена точка з'являється на перетині ліній ФП у НС фазу, тобто, за своєю будовою вона є тетракритичною [8, 9]. Очевидно, що хвильовий вектор неспівмірної модуляції $k_i \rightarrow 0$ при наближенні до тетракритичної точки.

Оскільки коефіцієнти розкладу δ та h є довільними, то і значення k_0 є також довільним. ФП другого роду у співмірно модульовану фазу можливий лише за умови, коли $\delta = 0$. На фазовій діаграмі ця умова відповідає тетракритичній точці, в якій виклинюються дві НС фази з $\delta > 0$ та $\delta < 0$. Тобто можна допустити, що в кристалі $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ при $d \approx 50$ мкм змінюється знак величини параметра неспівмірності δ .

Як легко зазначити, період неоднорідності параметра порядку k_i визначається різницею хвильових векторів неспівмірної та співмірної модуляції. Оскільки, як правило, $k_0 \ll k_c$, то період неспівмірної модуляції $L_i \gg L_c = na/m$.

Зокрема, у кристалі $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$, $k_i = \left(\frac{1}{3} - \delta\right)c^*$, $k_0 = \frac{1}{3}c^*$, а період неспівмірної модуляції $L_i = 2\pi/k_i \approx c/0.0075 \approx 133c \approx 1617 \text{ \AA}$ при $T \approx 297 \text{ K}$.

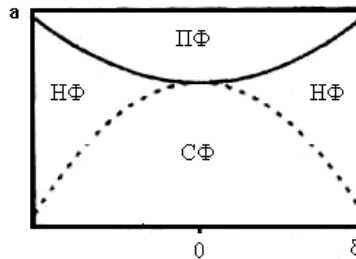


Рис. 3. Типовий випадок діаграми стану неспівмірних діелектриків типу I з тетракритичною точкою. Суцільна та пунктирна лінії відповідають ФП II та I роду, відповідно

Очевидно, що зміна точки конденсації м'якої моди під час переходу через тетракритичну точку в роботі [6] пов'язана з критичною баричною поведінкою коефіцієнта розкладу вільної енергії δ , який змінює свій знак при $P = P_k$. Враховуючи, що $k_0 = k_c - \delta/h$, можна зробити висновок про знак цього коефіцієнта в обох неспівмірних фазах. Очевидно, що $\delta > 0$ при $P > P_k$. В самій тетракритичній точці $\delta = 0$, отже, період неспівмірної модуляції

$$L|_{P \rightarrow P_k} = \frac{2\pi}{k_i} = \frac{2\pi}{k_0 - k_c} = \frac{2\pi h}{\delta} \rightarrow \infty.$$

Але в працях [2, 6] було зазначено, що фази: вихідна (I), неспівмірна (II) з $\delta < 0$, неспівмірна (II') з $\delta > 0$ не сходяться точно в одній точці на P-T площині. Тобто дві неспівмірні фази II і II' з'єднані між собою вузьким каналом. З'ясуємо механізм, чому хвильовий вектор модуляції q змінюється від значення менше $1/3$ до значення більше, чим $1/3$ у вузькому каналі неспівмірної фази. У роботі [10] також повідомлялось, що в системі $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_{4(1-x)}\text{Vg}_{4x}$ параметр неспівмірності δ під час переходу між фазами I – II змінює знак при $x = 0,1$. За такої концентрації Vg температурний інтервал неспівмірної фази досягає мінімуму, але все-таки залишається кінцевим, відмінним від нуля. Така ситуація аналогічна до P-T фазової діаграми кристала $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$. Другою цікавою проблемою є вплив перебудови кристалічної ґратки на критичну поведінку. У праці [11] розглянуто термодинамічний потенціал для кристала $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ за наявності напруженості електричного поля E_a .

Цьому потенціалу [11], окрім вихідної фази (I), відповідають, ще дві співмірні фази: C_1 стійка при $\alpha_1' > 0$ зі спонтанним значенням P . Розглянута в роботі [11] фазова E_a , T-діаграма кристала $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ засвідчує, що електричне поле E_a індукує нову співмірну (C_2) полярну фазу ($C_{2v}^9 - P2_1\text{cn}$). Переходи між співмірними фазами C_1 і C_2 є неперервними фазовими переходами. Неспівмірна фаза (II) одна, але структура її різна (II₁, II₂) у різних областях фазової діаграми. Границя II₁→II₂ визначається з умови $k^2 = 0$, не є лінією фазових переходів. Поряд з цим електричне поле E_a може індукувати другу фазу з тим же самим q_1 , і на фазовій діаграмі виникає нова співмірна фаза $C_{1/3}$. Це можливо за умови, що для фази $C_{m/l}$ (де m/l – значення безрозмірного хвильового числа $q_{m/l}$, що характеризує цю фазу) є два різні розв'язки i , відповідно, можуть бути дві різні фази з різною симетрією. Реалізація того, чи іншого розв'язку залежить від знака коефіцієнта при анізотропному інваріанті (α_1') в термодинамічному потенціалі. В праці [12] показано, що зовнішнє електричне поле E_a для кристала $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ індукує нову співмірну фазу (точкова група симетрії $P2_1\text{cn} - C_{2v}^9(x)$ [13]) з безрозмірним хвильовим числом $q = 1/3$. Тобто фазовий перехід між неспівмірними фазами з $\delta < 0$ і $\delta > 0$ проходить через вузьку сегнетоелектричну фазу з безрозмірним хвильовим числом

$q = 1/3$. За цієї умови вузький канал, що з'єднує дві неспівмірні фази Π_1 і Π_2 , є нічим іншим, як інтервал існування сегнетоелектричної фази.

Якщо розглядати фазову d, T -діаграму рис. 2, зменшення розмірів зразка $d < 350$ мкм супроводжується підвищенням величини температури фазового переходу T_c , а величина температури фазового переходу при T_i залишається практично незмінною аж до значення $d \approx 150$ мкм. Отримані залежності $T_i \sim f(d)$ і $T_c \sim f(d)$ засвідчують, що при цих товщинах (300–50 мкм) при зменшенні d проходить обмеження температурної зміни величини періоду модульованої надструктури. Подальше зменшення $d < 150$ мкм (рис. 2) зумовлює зміну (збільшення) не тільки T_c , але і T_i . Якщо подальша зміна (збільшення) температури при T_c можна обґрунтувати обмеженням зміни періоду модульованої надструктури внаслідок зменшення d , то зміну T_i можна пов'язати тільки із зміною параметра неспівмірності δ (оскільки $L \ll d$ при T_i). Зміна δ може відбуватися при дії зовнішніх факторів: електричного поля [14], механічного напруження [15], гідростатичного тиску [2, 3]. Оскільки досліджувальні кристали мають скінченні розміри, то згідно з працею [16] при поверхневому шарі товщиною d виникає дипольний момент P порядку атомних величин. В незакороченому зразку квадрупольний момент з густиною j повинен створювати неоднорідне електричне E поле з градієнтом $\nabla E \sim j/l^2$ (l – розмір зразка) [16], яке своєю чергою може спричинити спонтанну однорідну складову деформації $u = D\nabla E$ і двозаломлення $\Delta n \sim u$. Для кристалів з неспівмірною надструктурою $d \sim L \sim 10^2 c$ (де c – параметр елементарної комірки), $V \approx 3 \times 10^3$ В; $P_0 \sim 10^{-4}$ мкКл/м². Хоч як це зазначалось в роботі [16] u , що виникає, є досить малою, але, на нашу думку, вона може змінити δ при T_i .

Отже зміна розмірів зразка кристала $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ супроводжується змінами температур фазових переходів при T_c і T_i , а також появою на фазовій d, T -діаграмі нової, можливо сегнетоелектричної фази з $q = c^*/3$.

1. Gesi K., Iizumi M. Neutron diffraction study on the incommensurate phase in $[\text{N}(\text{CH}_3)_4\text{CuCl}_4]$ // J. Phys. Soc. Jpn. 1980. Vol. 48. N 5. P. 1775–1776.
2. Shimomura S., Fukui T., Terauchi H. Pressure-Induced Phase Transitions and Change in Crystal Color in $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ // J. Phys. Soc. Japan. 1997. Vol. 66. P. 1242–1244.
3. Влох О.Г., Китик А.В. Кристалічні діелектрики з неспівмірно модульованою структурою. Львів: Вид-во нац. ун-ту „Львівська політехніка”, 2002. 284с.
4. Булаевский Л.Н., Хомский Д.И. Эффекты соизмеримости и коллективные возбуждения в системах с волнами зарядовой плотности // Письма в ЖЭТФ. 1978. Т. 74. Вып. 5. С. 1863–1871.
5. Половинко І., Рузак О., Свелеба С. та ін. Автоматизація температурних досліджень приросту оптичного двопронезаломлення методом Сенармона // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. фіз. 2002. Вип. 35. С. 48–53.
6. Геси К. Фазовая диаграмма давление – температура для $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ // Кристаллография. 1999. Т. 44. № 1. С. 89–94.
7. Изюмов Ю.А., Сыромятникова В.М. Фазовые переходы и симметрия кристаллов. М.: Наука, 1984. 248 с.
8. Cowley R.A., Bruce A.D. The theory of structurally incommensurate systems. I. Disordered – incommensurate phase transition // J. Phys. C. 1978. Vol. 11. N 17. P. 3577–3590.

9. Cowley R.A., Bruce A.D., Murray A.F. The theory of structurally incommensurate systems. II. Commensurate – incommensurate phase transition // J. Phys. C. 1978. Vol. 11. N 17. P. 3591–3608.
10. Gesi K., Machet R., Perret R., Jannd B. Effect of hydrostatic pressure on the phase transition of $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{ZnCl}_{4-x}\text{Br}_x$ mixed crystals // J. Phys. Soc. Japan. 1991. Vol. 60. P. 324–329.
11. Санников Д.Г., Головки В.А. Несобственный ферроэластик с несоизмерной фазой во внешнем электрическом поле // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1989. Т. 53 № 7. С. 1251–1253.
12. Санников Д.Г. Индуцирование электрическим полем новой соразмерной фазы для кристалла $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ // Физ. тверд. тела. 2005. Т. 47. Вып. 2. С. 311–317.
13. Санников Д.Г. Теоретическая фазовая диаграмма температура – дальность для кристалла $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ // Физ. тверд. тела. 2000. Т. 42. Вып. 12. С. 2213–2218.
14. Durand D., Denoyer F., More M. Neutron diffraction study of deuterated $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{ZnCl}_4$ under an applied electric field // Sol. Stat. Comm. 1988. Vol. 66. N 12. P. 1195–1199.
15. Влох О.Г., Жмурко В.С., Половинко И.И., Свелеба С.А. Особенности поведения двулучепреломления кристаллов Cs_2CdBr_4 и Cs_2HgBr_4 в поле одноосного механического напряжения // Физ. тверд. тела. 1991. Т. 33. № 10. С. 3109–3112.
16. Леванюк А.П., Гладкий В.В. О возможности наблюдения в ограниченном кристалле макроскопических свойств, запрещенных точечной группой симметрии // Писма в ЖЭТФ. 1980. Т. 31. Вып. 11. С. 651–654.

**INFLUENCE OF CRYSTAL THICKNESS ON THE PARENT-INCOMMENSURATE-FERROELECTRIC PHASE TRANSITIONS TEMPERATURES
IN $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ CRYSTAL**

**I. Karpa, S. Sveleba, I. Kunyo, I. Katerynychuk,
O. Semotyuk, O. Phitsych, Y. Pankivsky¹**

*Ivan Franko Lviv National University
Department of Electronics, Non-linear Optics Chair
hen. Tarnavskogo, 107, 79017 Lviv, Ukraine
e-mail: sveleba@electronics.wups.lviv.ua*

¹*National Ukrainian University of Forestry, Department of Ecology
O. Kobylyanskoi, 1, 79005 Lviv, Ukraine
e-mail: pankivyu@lvivonline.com*

The phase diagram crystal thickness (d) – temperature (T) of $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ crystal in the temperature interval of $280 \text{ K} < T < 320 \text{ K}$ and $20 \times 10^{-6} \leq d \leq 500 \times 10^{-6} \text{ m}$ was studied. It has been shown that with the decreasing of thickness ($d < 250 \times 10^{-6} \text{ m}$) the displacement of temperature of phase transition incommensurate-commensurate phase takes place. It increases to higher temperatures due to spatial restriction on period of modulated superstructure. The changes of incommensurability parameter at $d < 200 \text{ mcm}$ causes displacement of parent-incommensurate phase transition and appearance of new commensurate phase on the d, T phase diagram.

Key words: birefringence, phase transitions, incommensurability parameter, incommensurate phase.

**ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ОБРАЗЦОВ НА ТЕМПЕРАТУРЫ ФАЗОВЫХ
ПЕРЕХОДОВ ИСХОДНАЯ–НЕСОРАЗМЕРНАЯ–СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ
ФАЗЫ КРИСТАЛЛОВ $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$**

**І. Карпа, С. Свелеба, І. Куньо, І. Катеринчук,
О. Семотюк, Е. Фицьч, Ю. Панківський¹**

*Львовский национальный университет им. І. Франко
факультет електроніки, кафедра нелінійної оптики
ул. генерала Тарнавського 107, Львов 79017, Україна
e-mail: sveleba@electronics.wups.lviv.ua*

¹*Национальный лесотехнический университет Украины, кафедра екології
ул. О. Кобылянской, 1, 79005 Львов, Україна
e-mail: pankivyu@lvivonline.com*

Изучена фазовая діаграма, розмір зразка кристалла (d) – температура (T) для кристалла $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]_2\text{CuCl}_4$ в інтервалі температур $280 \text{ K} < T < 320 \text{ K}$ і $20 \times 10^{-6} \leq d \leq 500 \times 10^{-6} \text{ м}$. Показано, що з уменшенням розмірів зразка кристалла ($d < 250 \times 10^{-6} \text{ м}$) відбувається зміщення температури фазового переходу несоразмерная–соразмерная фази в високотемпературну область, викликане просторовим обмеженням змінення періода модульованої суперструктури. Змінення величини параметра несоразмерности при $d < 200 \text{ мкм}$, влієє зміщення температури фазового переходу існуюча–несоразмерная фаза і появу на фазовій d, T діаграмі нової соразмерной фази.

Ключевые слова: двупреломление, фазовые переходы, параметр несоразмерности, несоразмерная фаза.

Стаття надійшла до редколегії 09.06.2008
Прийнята до друку 20.07.2009