

УДК 538.911, 536.7

П.П.Гуранич¹, Р.Р.Росул¹, О.О.Гомоннай¹, О.Г.Сливка¹,
О.В.Гомоннай², І.Ю.Роман², П.Гуранич¹, Ж.М.Сарай¹

¹Ужгородський національний університет, 88000, Ужгород, вул. Волошина 54

²Інститут електронної фізики НАН України, 88017, Ужгород, вул. Університетська 21

e-mail: pguranich@gmail.com

ДОМЕННА СТРУКТУРА В КРИСТАЛАХ $TlInS_2$ ПРИ ВИСОКИХ ТИСКАХ

Досліджено доменну структуру в кристалах $TlInS_2$ в області існування фаз високого тиску при $p > 550$ МПа. Сегнетоеластична доменна структура у фазах високого тиску спостерігається в площині шарів кристалу і проявляється у виді тканино-подібної структури. Вивчені особливості її поведінки при зміні тиску.

Ключові слова: сегнетоелектрики, сегнетоеластики, фазові переходи.

Вступ

Кристали $TlInS_2$ представляють собою сегнетоелектрики – напівпровідники з «квазидвимиірною» структурою, в яких реалізується низка структурних фазових перетворень параелектрична – неспіврозмірна – сегнетоелектрична фази [1-7]. Детальному дослідженню діелектричних властивостей кристалів $TlInS_2$ в околі структурних фазових переходів присвячено ряд робіт [4-9]. Фізичні властивості кристалів $TlInS_2$ при високих гідростатичних тисках в досліджувались в [9-11]. В роботі [11] у фазах високого тиску, що спостерігаються в даних кристалах виявлено структуру сегнетоеластичних доменів.

Дана робота присвячена вивченню поведінки сегнетоеластичних доменів в кристалах $TlInS_2$ у фазах високого тиску.

Методика і техніка експерименту

Досліджувались зразки монокристалічного $TlInS_2$, отримані з розплаву методом Бріджмена. Методика отримання та основні параметри кристалів були описані в роботі [3]. Для дослідження доменної структури використовувалися зразки розмірами $4 \times 4 \times 1$ мм, що

розміщувались в оптичну двохвіконну камеру високого тиску. Зображення доменної структури фіксувалось монохромною CCD камерою.

Дослідження проведені в діапазоні гідростатичних тисків до 750 МПа. Робочою рідиною камери служив бензин, величина тиску контролювалася з точністю 1 МПа. Вимірювання температури зразків здійснювалося мідь-константановою термопарою з точністю 0.1 К.

Результати та їх обговорення

Фазова p, T – діаграма кристалів $TlInS_2$ досліджена нами в роботі [11], приведена на рис.1. На цій діаграмі область вище лінії переходів $T_{i1}(p)$ відповідає парафазі. Область існування неспірозмірної структури обмежена лініями $T_{i1}(p)$ та $T_{c2}(p)$. Область нижче лінії переходів $T_{c2}(x)$ відповідає сегнетоелектричному стану. Суцільні лінії $T_1(p)$ та $T_2(p)$ на p, T - діаграмі відповідають переходам при T_1 та T_2 у фази високого тиску. Дані переходи проявляються як переходи першого роду із значним (температурним та баричним) гістерезисом, а фази високого тиску є сегнетоеластичними.

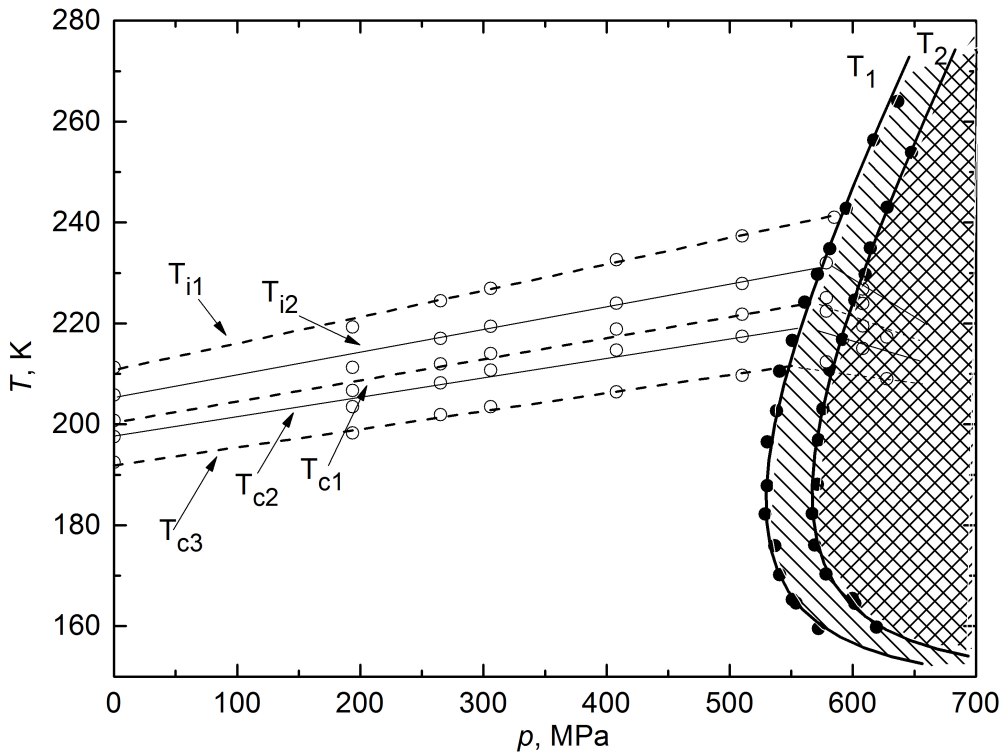


Рис. 1. Фазова p, T - діаграма кристала TIInS_2 . (Заштриховані області – сегнетоеластичні фази).

На рис.2 приведено зображення монокристалу TIInS_2 , в схрещених поляризаторах, при температурі та тисках, що відповідають різним фазам на фазовій p, T - діаграмі. Зображення (а) відповідає області сегнетоелектричної фази в якій спостерігається однорідна структура зразка. Зображення (b) відповідає області між лініями фазових переходів $T_1(p)$ та $T_2(p)$ (фаза з одинарною штриховкою див. рис. 1). Тут спостерігається розмита структура смуг, яка стає чіткою при подальшому зростанню тиску. На зображеннях (c) та (d) видно структуру паралельних смуг, яскравість яких змінюється при зміні орієнтації системи поляризатор – аналізатор (рис.3.), і яка є характерною для структури сегнетоеластичних доменів. Дослідження поведінки сегнетоеластичних доменів показали, що у фазі високого тиску може спостерігатися також система двох паралельних структур схрещених під кутом 90° (елементи такої структури проявляються на рис.2.d).

Доменна структура в цій фазі, при віддалені від фазового переходу, змінюється слабо тобто є «замороженою».

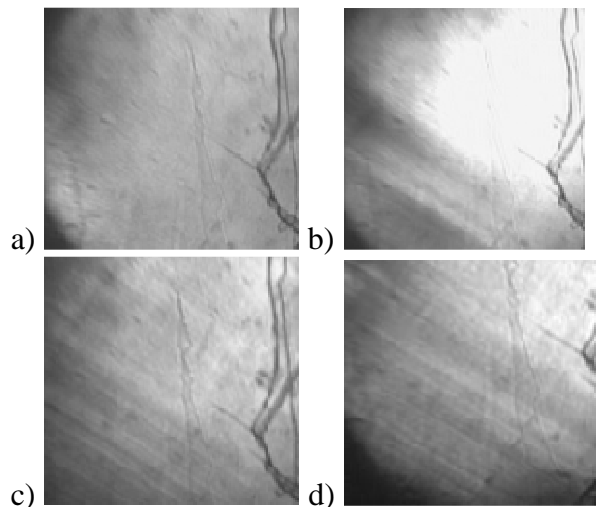


Рис. 2. Зображення монокристалу TIInS_2 в схрещених поляризаторах при температурі 190К і при різних значеннях гідростатичного тиску, МПа: а – 450; b - 530; c – 570; d - 590. (Масштаб рисунків по горизонталі – близько 1.5мм).

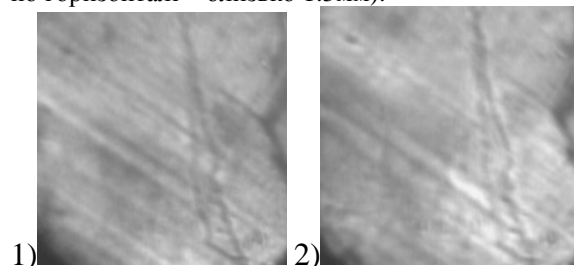


Рис. 3. Зображення монокристалу TIInS_2 в схрещених поляризаторах при температурі 200К та значенні гідростатичного тиску 600МПа при повороті аналізатора, град: 1–0; 2–15.

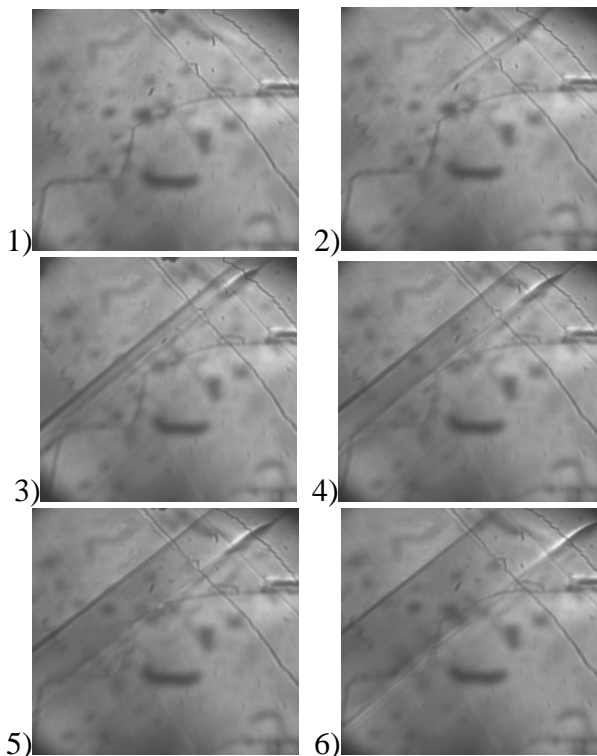


Рис. 4. Зображення монокристалу TIInS₂ (зразок 2) в схрещених поляризаторах при температурі 220К і при різних значеннях гідростатичного тиску, МПа: 1) – 565; 2) - 570; 3) -575; 4) – 580; 5) – 585; 6) - 590. (Масштаб рисунків по горизонталі – 1,5мм).

В протипагу цьому, дослідження виявили, що доменна структура у фазі між лініями $T_1(p)$ та $T_2(p)$ є набагато динамічною, тобто чутливою до режимів зміни температури та тиску, спостерігається також ефект

запам'ятовування структури доменів фази високого тиску та інше. Так, наприклад, на рис.4. приведено серію зображень кристала TIInS₂ (зразок 2) в даній фазі при зростанні тиску. Тут спостерігається розростання доменних областей із збільшенням тиску.

Така поведінка доменної структури вказує на те, що, очевидно, фаза між лініями $T_1(p)$ та $T_2(p)$ є псевдоеластичною. Подібна ситуація спостерігалася в кристалах Sr(Ca)TiO₃ [12], в яких перехід в сегнетоеластичну фазу відбувається через проміжкову - псевдоеластичну фазу.

Висновки

Досліджено доменну структуру в кристалах TIInS₂ в області існування фаз високого тиску на p, T -діаграмі стану. При зростанні тиску вище 550 МПа, при переході у фази високого тиску, в площині шарів кристалу виявлено появу сегнетоеластичних доменів які проявляється у виді тканино-подібної структури. При цьому доменна структура в сегнетоеластичній фазі при більших тисках, змінюється слабо, тобто є «замороженою», а у проміжковій - сегнетоеластичній фазі спостерігаються численні динамічні ефекти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kashida S. and Kobayashi Y. X-ray study of the incommensurate phase of TIInS₂.\\ J. Phys. Condens. Matter. – 1999. – №11. – P.1027–1035.
2. Panich A.M.. Electronic properties and phase transition in low-dimensional semiconductors.\\ J. Phys.: Condens. Matter.- 2008.- 20 , 42pp.
3. Gomonnai A.V., Petryshynets I., Azhniuk Yu.M., Gomonnai O.O., Roman I.Yu., Turok I.I., Solomon A.M., Rosul R.R., Zahn D.R.T.. Growth and characterisation of sulphur-rich TIIn(S_{1-x}Se_x)₂ single crystals.\\ Journal of Crystal Growth. Volume 367, 15 March 2013, P.35–41 .
4. Suleimanov R.A., Seidov M.Yu., Salaev F.M., Mikailov F.A.. Model of sequential structural phase transitions in TIInS₂ layered crystal.\\ Fiz. Tverd. Tela. – 1993.- 35, P.348–354.
5. Allakhverdiev K.R., Turetken N., Salaev F.M., Mikailov F.A.. Succession of the low temperature phase transitions in TIInS₂ crystals.\\ Solid State Commun.- 1995.-96, P.827–831.
6. Salaev F.M., Allakhverdiev K.R., Mikailov F.A. Dielectric properties and metastable states in ferroelectric TIInS₂ crystals.\\ Ferroelectrics.- 1992.- 131.- P.163-167.
7. Mikailov F.A., Basaran E., Mammadov T.G., Seyidov M.Y, Senturk E., Currat R.. Dielectric susceptibility behaviour in the

- incommensurate phase of TlInS_2 . \\\ Physica B.- 2003,- 334.- P.13–20.
8. Mikailov F.A., Basaran E. and Senturk E.. Improper and proper ferroelectric phase transitions in TlInS_2 layered crystal with incommensurate structure. \\\ J. Phys.: Condens. Matter.- 2001, - 13.- P.727–733.
 9. Gomonnai O.O., Guranich P.P., Rigan M.Yu., Roman I.Yu., Slivka A.G.. Effect of hydrostatic pressure on phase transitions in ferroelectric TlInS_2 . \\\ High Press. Research.- 2008.-28.- P.615-619.
 10. Gomonnai O.O., Rosul R.R., Guranich P.P., Slivka A.G., Roman I.Yu., Rigan M.Yu. Optical properties of TlInS_2 layered crystal under pressure \\\ High Pressure Research. – 2012. –V. 32. – No 1. – P.39-42.
 11. Guranich P.P., Rosul R.R., Gomonnai O.O., Slivka A.G., Roman I.Yu., Gomonnai A.V. Ferroelasticity of TlInS_2 crystal \\\ Solid State Communication .- April 2014.- 184.- P.21-24.
 12. Harrison RJ, Redfern SAT, Street J.. The effect of transformation twins on the seismic-frequency mechanical properties of poly crystalline $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$ perovskite. \\\ American Mineralogist,- 2003.- 88.- P.574–582.

Стаття надійшла до редакції 23.06.2014

P.P. Guranich¹, R.R. Rosul¹, O.O. Gomonnai¹, A.G. Slivka¹,
A.V. Gomonnai², I.Yu. Roman², P.Huranych¹, Zh.M.Sarai¹.

¹Department of Optics, Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine;

²Institute of Electron Physics, Ukr. Nat. Acad. Sci., Uzhhorod, Ukraine;

e-mail: pguranich@gmail.com

DOMAIN STRUCTURE OF CRYSTALS TlInS_2 AT HIGH PRESSURE

Domain structure in crystals TlInS_2 in the region of high pressure phases at $p > 550$ MPa are investigated. Ferroelastic domain structure in the high-pressure phases observed in the plane of the layers of the crystal and is manifested in the form of stripe-type structures. The features of this domain structure were studied.

Keywords: ferroelectrics, ferroelastics, phase transitions.

П.П.Гуранич¹, Р.Р.Росул¹, О.О.Гомоннай¹, О.Г.Сливка¹,
О.В.Гомоннай², И.Ю.Роман², П.Гуранич¹, Ж.М.Сарай¹

¹Ужгородский национальный университет, 88000, Ужгород, ул. Волошина 54

²Институт электронной физики НАН Украины, 88000, Ужгород, ул. Университетская, 21

e-mail: pguranich@gmail.com

ДОМЕННАЯ СТРУКТУРА В КРИСТАЛЛАХ TlInS_2 ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Исследовано доменную структуру в кристаллах TlInS_2 в области существования фаз высокого давления при $p > 550$ МПа. Сегнетоэластическая доменная структура в фазах высокого давления наблюдается в плоскости слоев кристалла и проявляется в виде ткане-образной структуры. Изучены особенности ее поведения при изменении давления.

Ключевые слова: сегнетоэлектрики, сегнетоэластики, фазовые переходы.