

# ЗАЛЕЖНІСТЬ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КРИСТАЛІВ $TlInS_2$ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ТА ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ

О.О. Гомоннай<sup>1</sup>, П.П. Гуранич<sup>1</sup>, О.Г. Сливка<sup>1</sup>,  
М.Ю. Риган<sup>2</sup>, І.Ю. Роман<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ужгородський національний університет, 88000, Ужгород, вул. Підгірна, 46

<sup>2</sup> Ужгородський НТЦ МОНІ Інституту проблем реєстрації інформації НАН України,  
88000, Ужгород, вул. Замкові сходи, 4

<sup>3</sup> Інститут електронної фізики НАН України, 88000, Ужгород, вул. Університетська, 21

Досліджено шаруваті сегнетоелектрики  $TlInS_2$  при високих гідростатичних тисках ( $p_{атм} \leq p \leq 660$  МПа). Встановлено, що в інтервалі тисків ( $p_{атм} \leq p \leq 580$  МПа) при збільшенні гідростатичного тиску спостерігається зміщення аномалій діелектричної проникності та тангенсу кута діелектричних втрат в область вищих температур і барична зміна температур характерних аномалій має лінійний характер, а при  $580 \leq p < 660$  МПа існує складна полікритична область.

## Вступ

Монокристали  $TlInS_2$  відносяться до моноклінної сингонії і при нормальних умовах належать до просторової групи  $C_{2h}^6$  [1, 2]. Результати детальних досліджень діелектричної проникності  $\epsilon$  та спонтанної поляризації в широкому інтервалі температур, виконані кількома групами авторів [3-6, 8-10], свідчать про існування ряду аномалій  $\epsilon(T)$  в кристалах  $TlInS_2$  при температурах 216, 206, 204, 201 та в діапазоні 190-195 К. Для їх опису використовувалися кілька теоретичних моделей [5, 7, 8]. Згідно [5], в кристалах  $TlInS_2$  розупорядкування (домішки, структурні дефекти) можуть призвести до роздвоєння фазового переходу (ФП) з неспівмірої (НС) фази у співмірну сегнетоелектричну (СЕ) в два близько розташовані переходи при  $T_{c1}=204$  К та  $T_{c2}=201$  К. Відповідно до цієї моделі аномалія  $\epsilon(T)$  при  $T_{i2}=206$  К відповідає появі нової неспівмірної структури. Аномальна поведінка  $\epsilon(T)$  в температурному інтервалі 190-195 К пояснюється як результат співіснування полярних співмірних областей, які з'являються при температурах  $T_{c1}=204$  К

та  $T_{c2}=201$  К, і ФП при цих температурах відповідають переходам із неспівмірної у невластну і власну сегнетоелектричну фазу [8]. ФП при температурах  $T_i=216$  К та  $T_{i2}=206$  К пояснюються як переходи в неспівмірну фазу типу I та II відповідно [8].

## Методика експерименту

Монокристали  $TlInS_2$  вирощено у кварцевих ампулах методом Бріджмена. Для вимірювань використовувалися зразки розмірами від  $2 \times 5 \times 0.25$  мм до  $2 \times 5 \times 2$  мм. Дослідження діелектричної проникності виконано на частоті 1 кГц з використанням мосту змінного струму Е8-4 зі швидкістю зміни температури в межах 0.03–0.1 К/сек. Вимірювання тангенсу кута діелектричних втрат  $tg\delta$  проведено на частоті 1 МГц з використанням мосту змінного струму Е7-12. В якості контактів використовувалася срібна паста. Температура зразків фіксувалася мідь-константановою термопарою. Гідростатичний тиск створювався в камері високого тиску з робочим об'ємом  $5 \text{ см}^3$  і контролювався з точністю 1 МПа. В якості середовища, що передає тиск, використовувався керосин.

### Експериментальні результати

Для  $\text{TlInS}_2$  при атмосферному тиску на температурних залежностях діелектричної проникності  $\epsilon(T)$  в інтервалі 77 – 300 К спостерігаються аномалії в діапазоні 190 –

220 К (рис. 1), які відповідають ряду послідовних ФП  $T_i=214$  К,  $T_{c1}=202$  К,  $T_{c2}=198$  К та  $T_c=193$  К, температури яких узгоджуються з відомими у літературі [2, 3, 8, 9,10 ].

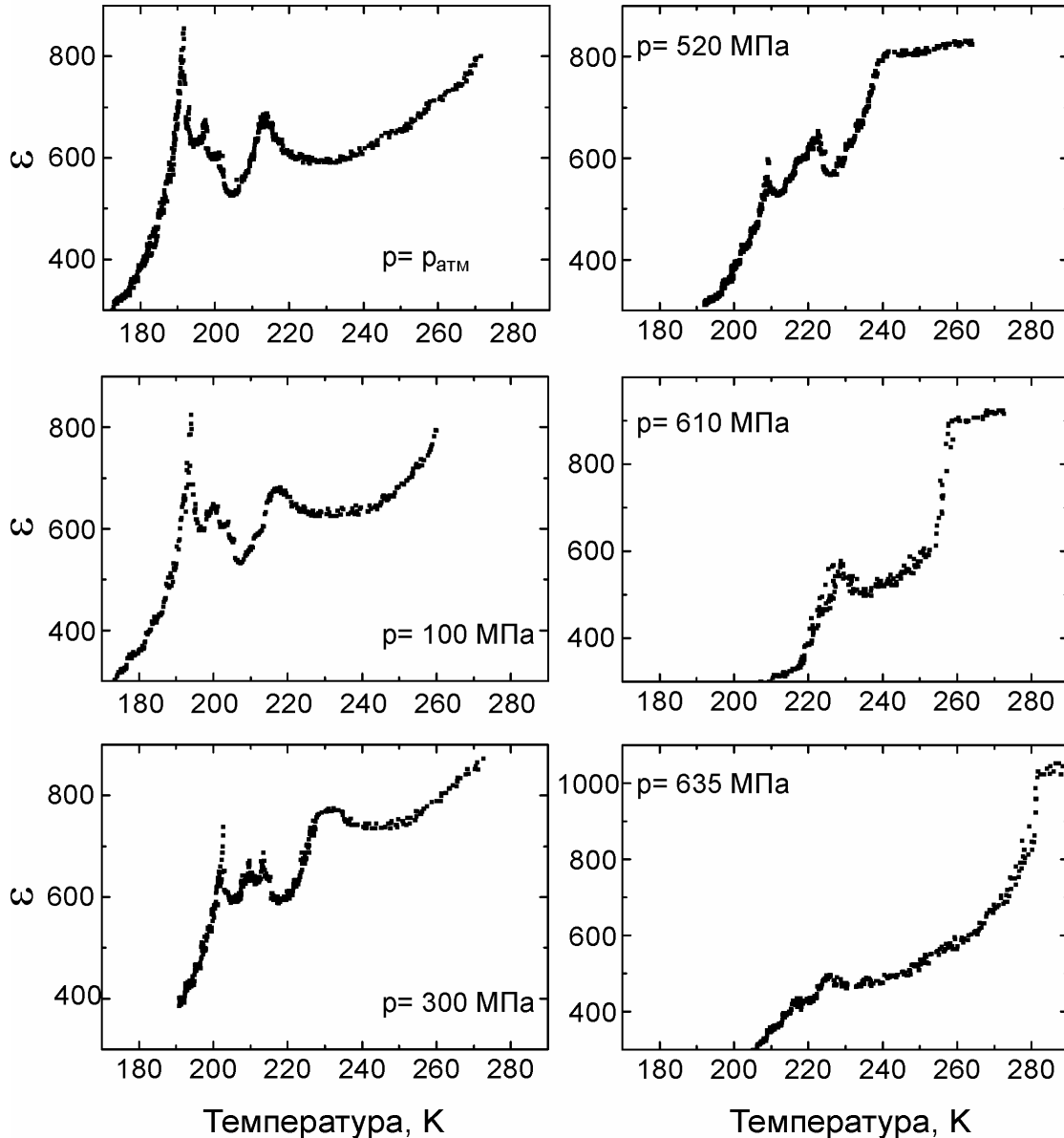


Рис. 1. Температурні залежності діелектричної проникності  $\epsilon(T)$  кристалів  $\text{TlInS}_2$  в режимі охолодження на частоті 1 кГц перпендикулярно кристалографічному напрямку [001] при різних гідростатичних тисках.

При збільшенні тиску до 520 МПа спостерігається лінійне зміщення аномалій діелектричної проникності в область вищих температур, зменшення максимального значення аномалій

діелектричної проникності при  $T_c$ ,  $T_{c1}$ ,  $T_{c2}$  і збільшення величини  $\epsilon$  при  $T_i$  (рис. 1). Додатний знак баричного зсуву температур аномалій  $\epsilon(T)$  вказує на те, що фазові

перетворення, які їм відповідають, можна характеризувати як ФП типу лад-безлад.

Слід відзначити, що при  $p > 605$  МПа спостерігається зміна характеру аномалії  $\epsilon(T)$ , яка відповідає переходу  $T_i$  з

параелектричної (ПЕ) в НС фазу і при збільшенні тиску до 660 МПа зміщується в область вищих температур, а аномалії  $\epsilon(T)$  при  $T_c$ ,  $T_{c1}$ ,  $T_{c2}$  не фіксуються (рис. 1).

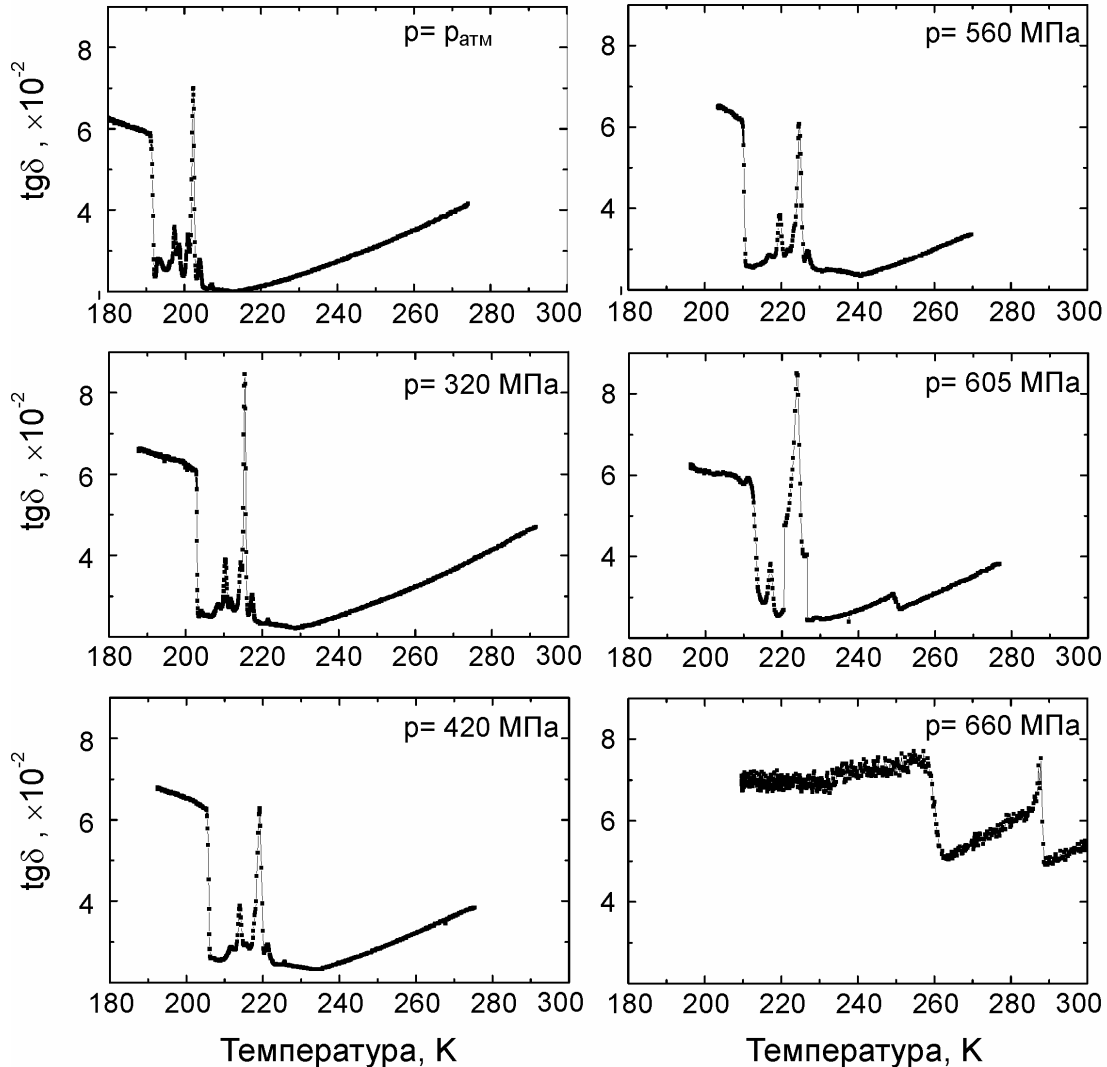


Рис. 2. Температурні залежності тангенсу кута діелектричних втрат  $tg \delta$  кристалів  $TlInS_2$  в режимі охолодження на частоті 1 МГц при різних гідростатичних тисках.

На рис.2 наведено температурні залежності тангенсу кута діелектричних втрат  $tg \delta$  при різних значеннях гідростатичного тиску. При атмосферному тиску на залежностях  $tg \delta(T)$  спостерігаються аномалії при температурах  $T_i=214$  К,  $T_{i2}=206.5$  К,  $T_{c1}=202$  К,  $T_{c2}=198$  К, та  $T_c=193$  К. Зазначимо, що аномалії  $tg \delta$  та  $\epsilon(T)$  при  $T_{i2}=206.5$  К фіксуються тільки на частоті 1 МГц, що, можливо пов'язано з особливостями дисперсії діелектричної

проникності в кристалах  $TlInS_2$ . При збільшенні тиску до 560 МПа спостерігається зміщення аномалій  $tg \delta$  в область вищих температур, а при  $p > 605$  МПа, як і для  $\epsilon(T)$  відбувається зміна характеру залежностей, що також свідчить про зміну типу ФП (рис. 1 і рис. 2). Як видно з рис. 2, наприклад при  $p=660$  МПа, спостерігаються тільки дві аномалії  $tg \delta(T)$ , що свідчить про існування складної полікритичної області.

### Висновки

Таким чином, встановлено, що для  $\text{TlInS}_2$  в інтервалі тисків ( $p_{амм} \leq p \leq 580$  МПа) при збільшенні гідростатичного тиску спостерігається зміщення аномалій діелектричної проникності та тангенсу кута

діелектричних втрат в область вищих температур, барична зміна температур характерних аномалій має лінійний характер, а при  $580 \leq p < 660$  МПа існує складна полікритична область.

### Література

1. Kashida S., Kobayashi Y., J. Phys.: Condens. Matter. 11, 1027 (1999).
2. Panich A.M., J. Phys.: Condens. Matter 20, 293202-1 (2008).
3. Allakhverdiev K.R., Baranov A.I., Mamedov T.G., Sandler V.A., Sharifov Ya.N., Fiz. Tverd. Tela. 30 1751 (1988).
4. Salaev F.M., Allakhverdiev K.R., Mikailov F.A., Ferroelectrics 131, 163 (1992).
5. Suleimanov R.A., Seidov M.Yu., Salaev F.M., Mikailov F.A., Phys. Sol. St. 35, 177 (1993).
6. Allakhverdiev K.R., Turetken N., Salaev F.M., Mikailov F.A., Solid State Commun. – 96, 827 (1995).
7. Gadjiev B.R., Seidov M.Yu., Abdurakhmanov V.R. Phys. Solid State. 38, 3 (1996).
8. Mikailov F.A., Basaran E., Mammadov T.G., Seyidov M.Y., Senturk E., Currat R., Physica B. 334, 13 (2003).
9. Gomonnai O.O., Guranich P.P., Rigan M.Yu., Roman I.Yu., Slivka A.G. 46th EHPRG International Conference, Valencia (Spain), 7-12 September 2008, p. 155.
10. Гомоннай О.О., Гуранич П.П., Риган М.Ю., Роман І.Ю., Сливка О.Г. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика. – 22, 31 (2008).

## INFLUENCE OF TEMPERATURE AND HYDROSTATIC PRESSURE ON THE DIELECTRIC PROPERTIES OF $\text{TlInS}_2$ CRYSTALS

**A. Gomonnai<sup>1</sup>, P. Guranich<sup>1</sup>, A. Slivka<sup>1</sup>, M. Rigan<sup>2</sup>, I. Roman<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Uzhhorod National University, Pidhirna St. 46, Uzhhorod, 88000, Ukraine

<sup>2</sup>Uzhhorod scientific – technological center for materials of optical information carriers, Institute for information recording, Ukr. Nat. Acad. Sci., Zamlovi schodi St. 4, Uzhhorod, 88000, Ukraine

<sup>3</sup>Institute of Electron Physics, Ukr. Nat. Acad. Sci., Universytetska St. 21, Uzhhorod, 88000, Ukraine

Influence of high hydrostatic pressure ( $p_{амм} \leq p \leq 660$  МПа) on the dielectric anomalies and dielectric loss tangent of layered  $\text{TlInS}_2$  crystals was studied. Pressure increase in the range  $p_{амм} \leq p < 580$  МПа is shown to result in a shift of the anomalies of dielectric constant and dielectric loss tangent towards higher temperatures, the variation of temperatures of the characteristic anomalies is observed to be linear. A complex polycritical region is shown to exist in the range  $580 \leq p < 660$  МПа.