

ДИЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІКРИСТАЛІВ $TlIn(S_{0.96}Se_{0.04})_2$ ПРИ ВИСОКИХ ГІДРОСТАТИЧНИХ ТИСКАХ

Р.Р. Росул¹, О.О. Гомоннай¹, П.П. Гуранич¹, О.Г. Сливка¹,
В.М. Рубіш², М.Ю. Риган²

¹ Ужгородський національний університет, 88000, Ужгород, вул. Підгірна, 46

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

Досліджено температурні залежності діелектричних властивостей полікристалів $TlIn(S_{0.96}Se_{0.04})_2$ в околі фазових переходів при високих гідростатичних тисках. Збільшення гідростатичного тиску призводить до зсуву аномалій діелектричної проникності та тангенсу кута діелектричних втрат в область вищих температур та появи при тисках $p > 0.55$ ГПа складної полікритичної області. Побудована фазова p, T -діаграма.

Ключові слова: сегнетоелектрики, гідростатичний тиск, діелектрична проникність, фазові переходи, полікритичні явища.

Вступ

Кристали $TlInS_2$ відносяться до класу шаруватих сегнетоелектриків-напівпровідників, у яких при пониженні температури реалізується складна послідовність фазових переходів [1-3] з утворенням неспіврозмірної фази. Результати дослідження p, T -діаграми кристалів $TlInS_2$ свідчать про те, що під дією зовнішнього тиску температурний діапазон існування неспіврозмірної фази розширюється [3, 4], а при тисках $p \approx 0.53-0.66$ ГПа існує складна трансформація фазових переходів [4]. Заміщення атомів S на Se в аніонній підрешітці шаруватого кристалу $TlInS_2$ призводить до отримання ряду твердих розчинів $TlIn(S_{1-x}Se_x)_2$ [5]. При цьому, як показали дослідження [5], зростання вмісту Se до $x=0.05$ призводить до зсуву температур фазових переходів в область низьких температур та зменшення температурного діапазону існування неспіврозмірної фази до повного її зникнення при $x \approx 0.05$. У даній роботі вивчено вплив гідростатичного тиску на фазові переходи кристалів $TlIn(S_{0.96}Se_{0.04})_2$.

Методика експерименту

Досліджувались зразки полікристалічного $TlIn(S_{0.96}Se_{0.04})_2$, отримані з розплаву

стехіометричної суміші вихідних компонентів $TlInS_2$ та $TlInSe_2$. Вимірювання діелектричної проникності виконано в автоматизованому режимі на частоті 1 МГц з використанням мосту змінного струму Е7-12 зі швидкістю зміни температури в межах 0.01–0.02 К/с. Для вимірювань використовувалися зразки розмірами $4 \times 4 \times 2$ мм. В якості контактів використовувалася графітова паста. Вимірювання температури зразків здійснювалося мідь-константановою термопарою. Гідростатичний тиск створювався за допомогою камери високого тиску з робочим об'ємом 5 см^3 і контролювався з точністю 1 МПа.

Експериментальні результати

Температурні залежності дійсної ϵ' та уявної ϵ'' частин діелектричної проникності кристала $TlIn(S_{0.96}Se_{0.04})_2$ при атмосферному тиску приведені на рис. 1. На даних залежностях спостерігаються аномалії в вигляді максимумів при 182 К і 180 К для ϵ' і для ϵ'' відповідно. Значення ϵ' в максимумі дорівнює $\epsilon'_{\max} = 145$. Як видно, на температурних залежностях присутній лише один максимум значень діелектричної проникності, на відміну від кристала $TlInS_2$ в якому існує ряд послідовних фазових переходів при 193 К, 198 К, 202 К, 206,9 К, 214 К [1,4]. Така поведінка ϵ добре

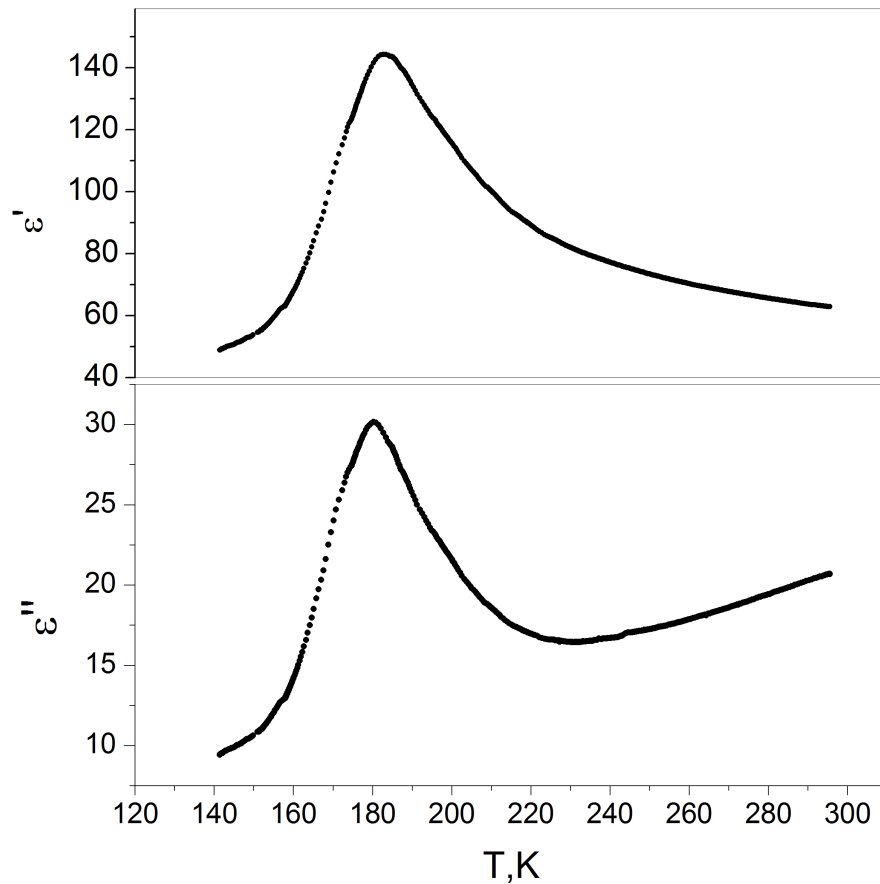


Рис. 1. Температурна залежність дійсної ϵ' та уявної ϵ'' частин діелектричної проникності полікристалів $\text{TlIn}(\text{S}_{0.96}\text{Se}_{0.04})_2$ при атмосферному тиску.

узгоджується з [5] для монокристалів $\text{TlIn}(\text{S}_{0.96}\text{Se}_{0.04})_2$. Згідно з результатами роботи [5] в кристалах $\text{TlIn}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_2$ при концентрації $x=0.04$ ширина неспівмірної фази складає близько 8K, однак розмиття переходів ускладнює розділення аномалій ϵ що відповідають неспіврозмірним фазовим переходам. На рис. 2 наведено температурні залежності діелектричної проникності кристалів $\text{TlIn}(\text{S}_{0.96}\text{Se}_{0.04})_2$ при різних значеннях гідростатичного тиску в режимі нагрівання. При збільшенні тиску, даний фазовий перехід T_1 зміщується в область вищих температур. В інтервалі тисків $p_{\text{атм}} \geq p > 0.54 \text{ ГПа}$ зсув максимуму описується лінійним законом з коефіцієнтом $\partial T_1 / \partial p = 43 \text{ K} / \text{ГПа}$. При цьому величина ϵ'_{max} незначно зменшується, і аномалії дійсної ϵ' та уявної ϵ'' частини діелектричної проникності дещо розмиваються. Таке розмиття можна пояснити вважаючи, що в даному випадку мають місце декілька близько розташованих аномалій діелектричної проникності, що відповідають неспіврозмірним фазовим переходам пара-

електрична–неспіврозмірна та неспіврозмірна–сегнетоелектрична фази, і згідно з результатами роботи [3, 4] гідростатичне стиснення для даного типу сполук збільшує температурний інтервал існування неспіврозмірної фази, що і призводить до розмиття.

При значеннях тиску більших за 0.54ГПа, лінійний закон зсуву фазового переходу T_1 порушується. Це супроводжується різким зменшенням максимальних значень ϵ' (вставка до рис. 2) та в області температур 210-240K з'являються дві додаткові аномалії при T_2 , T_3 (рис. 4). На температурних залежностях діелектричних втрат кристалів $\text{TlIn}(\text{S}_{0.96}\text{Se}_{0.04})_2$, виявлено максимум при T_1 , що відповідає області найбільш стрімкої зміни діелектричної проникності. На рис. 3 зображено баричну залежність уявної ϵ'' частин діелектричної проникності полікристалів $\text{TlIn}(\text{S}_{0.96}\text{Se}_{0.04})_2$.

Така поведінка діелектричних властивостей в $\text{TlIn}(\text{S}_{0.96}\text{Se}_{0.04})_2$ в основних рисах є аналогічною до поведінки в

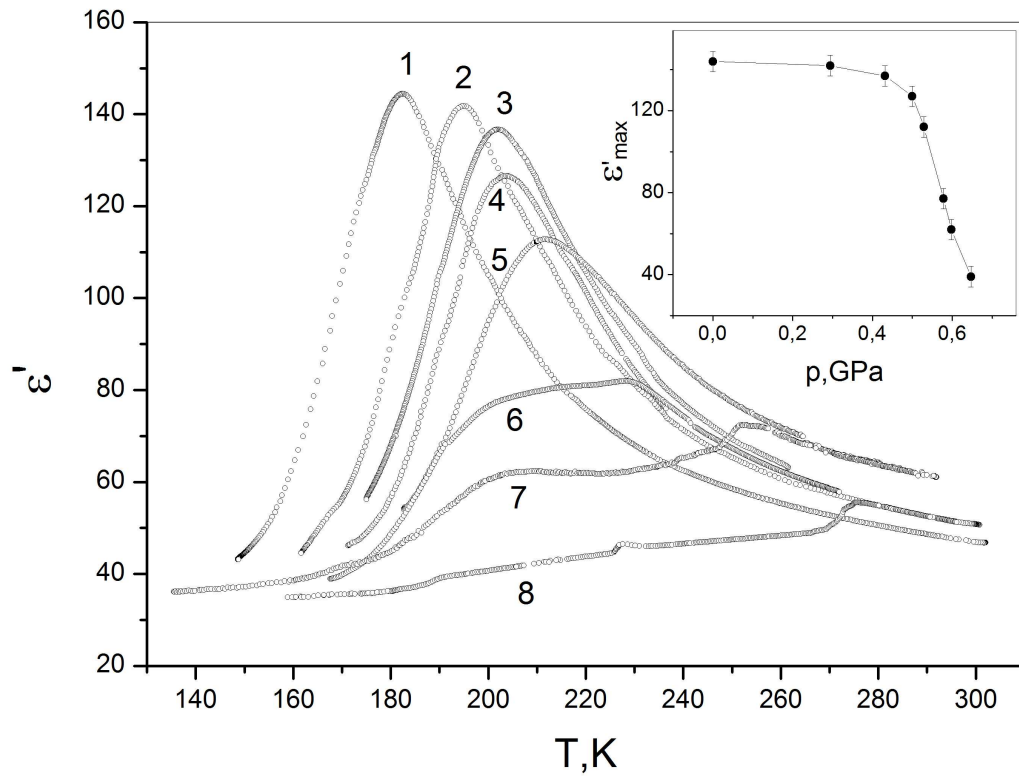


Рис. 2. Температурні залежності діелектричної проникності полікристалів $\text{TIIn}(\text{S}_{0.96}\text{Se}_{0.04})_2$ при різних значеннях гідростатичного тиску: 1 – p_{atm} ; 2 – 0.3 ГПа; 3 – 0.44 ГПа; 4 – 0.51 ГПа; 5 – 0.54 ГПа; 6 – 0.59 ГПа; 7 – 0.61 ГПа; 8 – 0.66 ГПа. Вставка: Барична поведінка максимуму ϵ' .

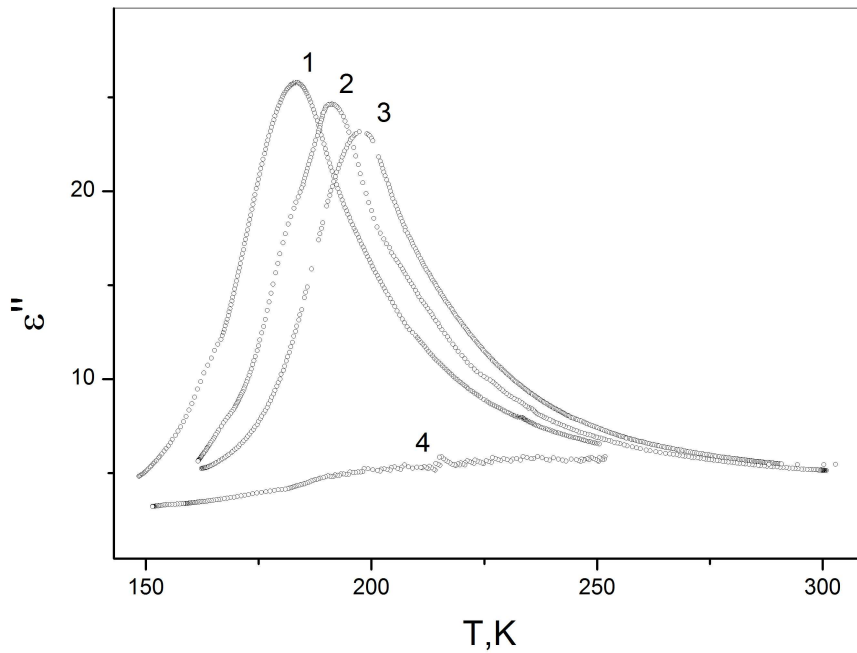


Рис. 3. Температурні залежності діелектричних втрат полікристалів $\text{TIIn}(\text{S}_{0.96}\text{Se}_{0.04})_2$ при різних значеннях гідростатичного тиску: 1 – 0.12 ГПа; 2 – 0.3 ГПа; 3 – 0.44 ГПа; 4 – 0.51 ГПа.

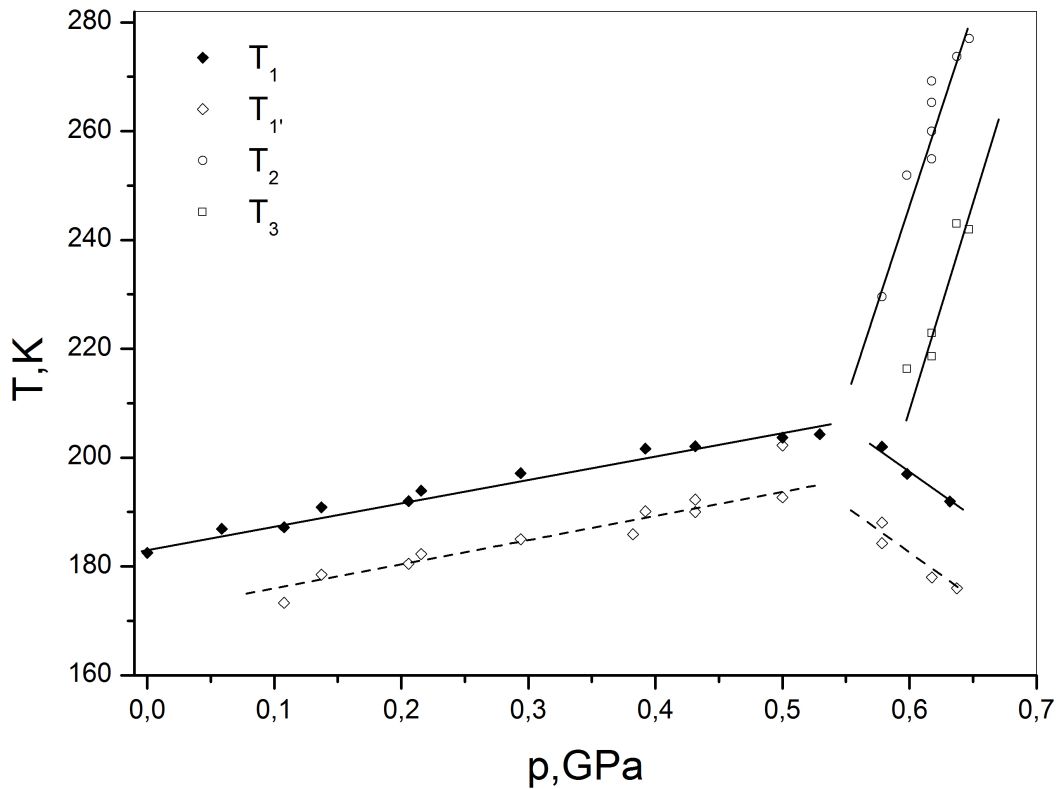


Рис. 4. Фазова p, T - діаграма кристала $\text{TlIn}(\text{S}_{0.96}\text{Se}_{0.04})_2$.

діелектричних властивостей кристалах TlInS_2 , де в діапазоні тисків ($0.58 \text{ ГПа} \leq p < 0.66 \text{ ГПа}$) спостерігається полікритична область. Визначено баричні коефіцієнти зміщення температур аномалій, які складають: $\partial T_1 / \partial p = 43 \text{ K / ГПа}$; $\partial T_2 / \partial p = 698 \text{ K / ГПа}$; $\partial T_3 / \partial p = 757 \text{ K / ГПа}$.

Висновки

Досліджено температурні залежності діелектричної проникності полікристалічного $\text{TlIn}(\text{S}_{0.96}\text{Se}_{0.04})_2$ в околі фазових переходів при високих гідростатичних

тисках. Збільшення гідростатичного тиску призводить до зсуву аномалій діелектричної проникності та тангенсу кута діелектричних втрат в область вищих температур та появи при тисках $p > 0.54 \text{ ГПа}$ складної полікритичної області. Поведінка діелектричних властивостей в даній області в основних рисах є аналогічною до поведінки в кристалах TlInS_2 .

Побудована фазова p, T -діаграма кристалів $\text{TlIn}(\text{S}_{0.96}\text{Se}_{0.04})_2$.

Дослідження частково виконані в рамках проекту №5208 УНТЦ.

Література

1. Panich A.M. Electronic properties and phase transition in low-dimensional semiconductors // J. Phys. Condens. Matter. – 2008. – №20. – P. 93202-1–293202-42.
2. Kashida S. and Kobayashi Y. X-ray study of the incommensurate phase of TlInS_2 , J. Phys. Condens. Matter. – 1999. – №11. – P.1027–1035.

3. Influence of hydrostatic pressure on phase transitions, dielectric properties and conductivity of β -TlInS₂ / K.R. Allakhverdiev, A.I. Baranov, T.G. Mamedov, V.A. Sandler, and Y.N. Sharifov // Fiz. Tverd. Tela. – 1988. – №30. – P. 1751–1756.
4. Effect of hydrostatic pressure on phase transitions in ferroelectric TlInS₂ / O.O. Gomonnai, P.P. Guranich, M.Y. Rigan, I.Y. Roman, A.G. Slivka // High Pressure Research. – 2008. – V. 28, № 4. – P. 615-619.
5. Seyidov M.-H.Yu., Suleymanov R.A., Salehli F. Влияние „отрицательного химического“ давления на температуры фазовых переходов в слоистом кристалле TlInS₂ // ФТТ. – 2009. – Т.51. – №12. – С.2365 – 2370.

DIELECTRIC PROPERTIES OF TlIn(S_{0.96}Se_{0.04})₂ POLYCRYSTALS BY HIGH HYDROSTATIC PRESSURE

R. Rosul¹, O. Gomonnai¹, P. Guranich¹, A. Slivka¹, V. Rubish²,
M. Rigan²

¹Uzhhorod National University, Pidhirna Str. 46, Uzhhorod, 88000, Ukraine

²Uzhhorod scientific–technological center for materials of optical information carriers
Institute for information recording, Ukr. Nat. Acad. Sci.
Zamkovi schodi Str., 4, Uzhhorod, 88000, Ukraine

The temperature dependences of dielectric properties of TlIn(S_{0.96}Se_{0.04})₂ polycrystals in the region of phase transitions by the influence of high pressure was studied. Pressure increase leads to the shifting of dielectric constant and dielectric loss tangent towards higher temperatures. A complex polycritical region is shown to exist in the range $p > 0.55$ GPa. Phase pT -diagram was built.

Key words: ferroelectrics, hydrostatic pressure, dielectric permeability, phase transitions, polycritical phenomena.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИКРИСТАЛЛОВ TlIn(S_{0.96}Se_{0.04})₂ ПРИ ВЫСОКИХ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Р.Р. Росул¹, О.О. Гомоннай¹, П.П. Гуранич¹, О.Г. Сливка¹,
В.М. Рубіш², М.Ю. Риган²

¹ Ужгородский национальный университет, 88000, Ужгород, ул. Пидгирна, 46

² Ужгородский НТЦ МОНИ Института проблем регистрации информации НАН Украины, 88000, Ужгород, ул. Замкови сходы, 4

Исследовано температурные зависимости диэлектрических свойств поликристаллов TlIn(S_{0.96}Se_{0.04})₂ в окрестности фазовых переходов при высоких гидростатических давлениях. Увеличение гидростатического давления приводит к сдвигу аномалий диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь в область высоких температур и появления при давлениях $p > 0.55$ ГПа сложной поликритической области. Построена фазовая p, T -диаграмма.

Ключевые слова: сегнетоэлектрики, гидростатическое давление, диэлектрическая проницаемость, фазовые переходы, поликритические явления.