

ПОВЕДІНКА КРИТИЧНОГО ІНДЕКСУ ПАРАМЕТРА ПОРЯДКУ ВЗДОВЖ p, T -ДІАГРАМИ В КРИСТАЛАХ $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$

Р.В.Кабаль

Ужгородський національний університет,
вул. Волошина 32, Ужгород, 88000
e-mail: optics@univ.uzhgorod.ua

На основі експериментальних результатів вимірювання двопронезаломлення визначено критичні індекси параметра порядку β та теплоємності α в сегнетоелектричних твердих розчинах $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$ з $x=0; 0,1$ та $0,2$. Побудовано баричні залежності β для досліджуваних кристалів в околі точки Ліфшиця.

Вступ

Відомо, що для власних сегнетоелектриків аномальна частина двопронезаломлення пропорційна квадрату спонтанної поляризації $\Delta n \sim P_s^2 \sim \tau^{2\beta}$ (де $\tau=(T-T_0)/T_0$ – приведена температура), а перша похідна по температурі – аномальній частині питомої теплоємності $d\Delta n(T)/dT \sim \Delta C_p \sim \tau^{-\alpha}$. Це дає змогу за експериментальними залежностями $\Delta n(T)$ визначити критичний індекс для параметра порядку β та критичний індекс для теплоємності α .

Кристали $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$ є власними сегнетоелектриками, на p, T, x -діаграмі яких реалізується лінія полікритичних точок – точок Ліфшиця (ТЛ) [1]. При атмосферному тиску в даних кристалах (при $x < 0,3$) спостерігається фазовий перехід (ФП) другого роду, а ТЛ реалізується при $T_{ТЛ}=295$ К і $p_{ТЛ}=0,18$ ГПа для $x=0$, $T_{ТЛ}=294$ К і $p_{ТЛ}=0,11$ ГПа для $x=0,1$ та $T_{ТЛ}=293$ К і $p_{ТЛ}=0,04$ ГПа для $x=0,2$. Актуальним є дослідження поведінки критичних індексів для цих кристалів вздовж p, T, x -діаграми при наближенні до ТЛ.

Методика експерименту

У даній роботі проводилися дослідження температурної залежності двопронезаломлення $\Delta n(T)$ кристалів

$\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$ з $x=0; 0,1$ та $0,2$ при різних фіксованих значеннях гідростатичного тиску. Вимірювання $\Delta n(T)$ проводилося методом Сенармона. Він полягає у визначенні кута φ повороту площини поляризації світла після його проходження через зразок та пластинку $\lambda/4$. В свою чергу, величина кута φ пропорційна Δn . В ролі джерела поляризованого випромінювання використовувався He-Ne лазер з довжиною хвилі $\lambda=0,6328$ мкм.

Досліджувані монокристали $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$, отримані методом газотранспортних реакцій, були виготовлені у формі пластин (001) та (010) зрізів із лінійними розмірами $1 \times 2 \times 3$ мм³. Зразок знаходився всередині тривіконної оптичної камери, тиск в якій створювався за допомогою установки високого тиску. В ролі робочої рідини було використано спеціальний технічний бензин тонкої очистки. Вимірювання $\Delta n(T)$ проводилися в режимі повільного нагрівання протягом 2 год при фіксованому значенні тиску.

З отриманої експериментальної залежності $\varphi(T)$ виділялася аномальна частина $\Delta\varphi(T)$, обумовлена ФП другого роду. Тобто, від залежності $\varphi(T)$ віднімалася регулярна частина – лінійна екстраполяція параелектричної фази. При цьому важливо досить точно визначити температуру ФП T_0 . Як правило, при T_0

швидкість зміни аномальної частини двоприменезаломлення $d\Delta\varphi/dT$ досягає максимального значення. Значення β визначалось за нахилом залежностей $\Delta\varphi \sim f(\tau)$, побудованих в подвійному логарифмічному масштабі із співвідношення $\ln(\Delta\varphi) \sim 2\beta \ln(\tau)$.

Експериментальні результати та їх обговорення

На рис.1 представлено залежності $\Delta\varphi$ від температури для кристалів $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$ при різних значеннях гідростатичного тиску. В області $T=T_0$ спостерігається аномалія в поведінці $\Delta\varphi$, яка зумовлена сегнетоелектричним ФП другого роду. Збільшення величини гідростатичного тиску призводить до зсуву аномалій $\Delta\varphi(T)$ в область низьких температур з баричним коефіцієнтами: $dT_0/dp = -220$ К/ГПа для $x=0$, $dT_0/dp = -224$ К/ГПа для $x=0,1$ та $dT_0/dp = -226$ К/ГПа для $x=0,2$, що узгоджується з результатами діелектричних досліджень [1].

Розглянемо зміну ефективного значення критичних індексів для теплоємності α та для параметра порядку β визначених за даними термооптичних досліджень кристалів $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$ методом Сенармона. В параелектричній фазі $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$ аномальна частина двоприменезаломлення задовольняє співвідношення $d\Delta\varphi/dT \sim \tau^{-\alpha}$ з критичним індексом $\alpha \approx 0,5$. З урахуванням вкладу статичних дефектів можна записати: $d\Delta\varphi/dT \sim A\tau^{-0,5} + B\tau^{-1,5}$, де коефіцієнт A відповідає за флуктуаційний вклад, а B – за дефектний вклад [2]. При зміні хімічного складу в кристалах $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$ від значення $x=0$ до $x=0,2$ (рис.2) спостерігається зростання вкладу дефектів у критичну аномалію від $B/A=10^{-3}$ до 10^{-2} , про що свідчить зростання затяжок на залежностях $d\Delta\varphi/dT$ в параелектричній фазі. Аналогічна поведінка відношення коефіцієнтів A і B для цих твердих розчинів спостерігалася і в [3]. Зростання

гідростатичного тиску суттєво не змінює відношення B/A для даних кристалів.

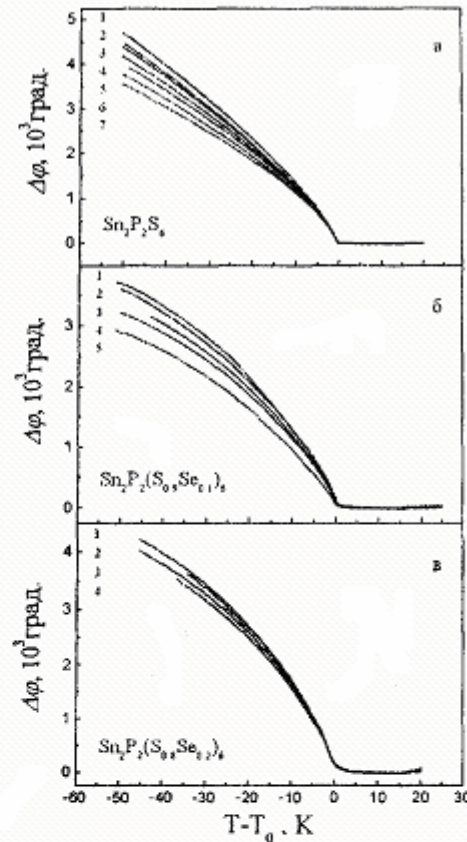


Рис.1. Температурні залежності аномальної частини двоприменезаломлення твердих розчинів $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$ при різних значеннях гідростатичного тиску, атм:

- а) 1 – 0; 2 – 170; 3 – 510; 4 – 700; 5 – 1020; 6 – 1290; 7 – 1640.
- б) 1 – 100; 2 – 135; 3 – 405; 4 – 740; 5 – 1120.
- в) 1 – 30; 2 – 65; 3 – 195; 4 – 300.

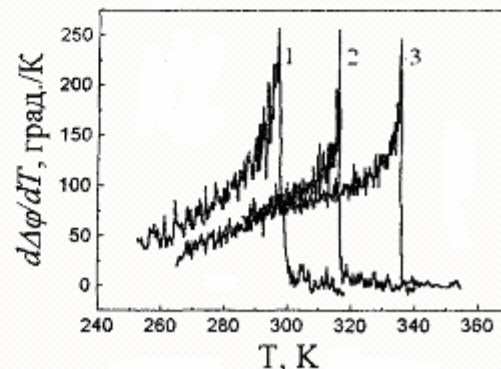


Рис.2. Температурна залежність похідної від аномальної складової двоприменезаломлення $d\Delta\varphi/dT$ кристалів $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$ при різних x , мол. %: 1 – $x=0,2$; 2 – $x=0,1$; 3 – $x=0$.

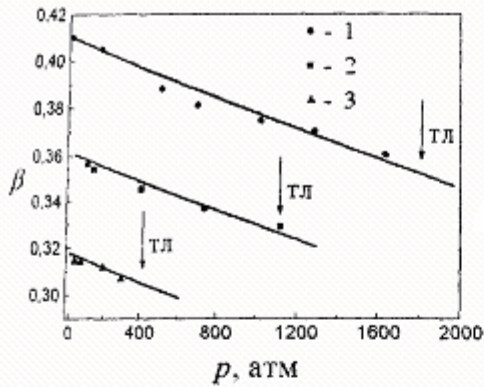


Рис.3. Баричні залежності критичного індексу параметра порядку β кристалів $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$ при різних x , мол. %: 1 – $x=0$; 2 – $x=0,1$; 3 – $x=0,2$.

На рис.3 наведено баричні залежності критичного індексу параметра порядку β для кристалів $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$. Як видно, при атмосферному тиску, збільшення вмісту Se зменшує значення β від 0,41 для $x=0$ до 0,32 для $x=0,2$, що можна пояснити наближенням до ТЛ на концентраційній

x, T -діаграмі ($x_{\text{TL}}=0,28$) і добре узгоджується з результатами [3]. Збільшення тиску призводить до лінійного зменшення β від значень $\beta_{\text{атм}}=0,41$ при $p=p_{\text{атм}}$ до $\beta_{\text{ТЛ}}=0,35$ для $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$, та від $\beta_{\text{атм}}=0,36$ до $\beta_{\text{ТЛ}}=0,33$ для $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{0,9}\text{Se}_{0,1})_6$, та від $\beta_{\text{атм}}=0,32$ до $\beta_{\text{ТЛ}}=0,3$ для $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{0,8}\text{Se}_{0,2})_6$.

Висновки

Таким чином, в даних кристалах вже при атмосферному тиску критичний індекс β відрізняється від критичного індексу для ФП другого роду ($\beta=0,5$). Вздовж лінії полікритичних точок на p, T, x -діаграмі кристалів $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$ критичний індекс параметра порядку зменшується і приймає значення від $\beta_{\text{ТЛ}}=0,35$ для $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ до $\beta_{\text{ТЛ}}=0,3$ для $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{0,8}\text{Se}_{0,2})_6$, і є близьким до теоретично очікуваного значення $\beta = 0,33$ для ТЛ класу універсальності UL [4,5].

Література

1. A.G.Slivka, E.I.Gerzanich, P.P.Guranich, V.S.Shusta, *Ferroelectrics* **103**, 71 (1990).
2. А.А.Исавердиев, Н.И.Лебедев, А.П.Леванюк, А.С.Сигов, *ФТТ* **31**, 272 (1989).
3. В.В.Митровцій, Ю.М.Височанський, О.О.Грабар, С.Ф.Мотря, С.І.Перечинський, *Наук. вісник Ужг. унів. Сер. Фіз.* **3**, 82 (1998).
4. R. Folk, G. Moser, *Phys. Rev. B* **47**, 1392 (1993).
5. I.Nasser, A.Abdel-Hady, R.Folk, *Phys. Rev. B* **56**, 154 (1997).

THE BEHAVIOUR OF CRITICAL INDEX OF THE ORDER PARAMETER ALONG THE p, T -DIAGRAM OF $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$ CRYSTALS

R.V. Kabal

Uzhhorod National University
32 Voloshyna St., Uzhhorod, 88000
e-mail: optics@univ.uzhgorod.ua

Based on the experimental results of measurement of birefringence the critical index of order parameter β and heat capacity α of $\text{Sn}_2\text{P}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_6$ solid solutions with $x=0$; 0.1 and 0.2 are derived. The pressure dependences of β for these crystals in the vicinity of Lifshitz point ω constructed.