

МУЛЬТИКРИТИЧНА ПОВЕДІНКА ВЛАСНИХ ОДНОВІСНИХ СЕГНЕТОЕЛЕКТРИКІВ ТИПУ $Sn_2P_2S_6$

**В.В. Митровцій, Ю.М. Височанський, О.О. Грабар,
С.Ф. Мотря, С.І. Перечинський**

Інститут фізики і хімії твердого тіла Ужгородського університету, 294000, Ужгород,
вул.Волошина, 54

Досліджені температурні залежності оптичного двопроменезаломлення для номінально чистих кристалів $Sn_2P_2S_6$, а також цих кристалів з домішками атомів свинцю або селену, та твердих розчинів $Sn_2P_2(S_{1-x}Se_x)S_6$. Проаналізовані зміни аномалій цих температурних залежностей в околі сегнетоелектричного фазового переходу другого роду при зростанні дефектності кристалічної структури, та при індукованому зміною хімічного складу кристалів наближенні фазового переходу до точки Ліфшиця на фазовій діаграмі. Отримані експериментальні дані погоджуються з відомими результатами ренорм-групового аналізу асимптотичної поведінки дипольних систем в околі трікритичної точки Ліфшиця.

Вступ

Звичайні критичні точки характеризуються спеціальними значеннями двох термодинамічних полів. Наприклад, температура $T = T_0$, а значення поля, що лінійно спряжене параметру порядку фазового переходу (ФП), рівне нулеві. Поряд з цим можливі зміни інших термодинамічних полів, що не руйнують ФП. При цьому на фазовій діаграмі можуть існувати лінії або площини критичних точок. Такі лінії або площини можуть перетинатися в певних точках або на лініях, що називаються мультикритичними. Прикладами таких точок являються трікритична (ТКТ), бікритична і тетракритична точки, та точка Ліфшиця (ТЛ). Навіть складніші ситуації можуть реалізуватися – перетинання ліній мультикритичних точок. Так, лінія трікритичних точок перетинається з лінією точок Ліфшиця в трікритичній точці Ліфшиця (ТКТЛ) [1].

Кожна мультикритична точка характеризується специфічною критичною поведінкою певних фізичних величин (питомої теплоємності, параметра порядку, сприйнятливості), яка визначається інваріантними складовими

термодинамічного потенціалу, що зникають в мультикритичній точці. Клас універсальності, до якого відноситься мультикритична точка, характеризується областю взаємодій, що визначають нестійкість системи. В сегнетоелектриках наявність сильної одновісної дипольної взаємодії, на додаток до короткодіючих взаємодій, змінює асимптотичну критичну поведінку в околі звичайної критичної точки (ФП другого роду) зі степеневих законів з нетривіальними експонентами на степеневі закони з “середньопольовими” експонентами та мультипликовані логарифмічними поправками [2]. Подібні зміни внаслідок диполь-дипольних взаємодій очікуються і для критичних аномалій термодинамічних функцій поблизу мультикритичних точок [3,4].

Відомо [1,5], що поблизу ТЛ вплив флуктуацій на критичну поведінку посилюється, тоді як поблизу ТКТ цей вплив послаблюється, а одновісна дипольна взаємодія додатково послаблює прояв флуктуаційних ефектів. Баланс вказаних впливів зумовлює для ТКТЛ в одновісному сегнетоелектрику степеневі закони з “середньопольовими” екс-

понентами, що мультипліковані логарифмічними поправками, та незначні відхилення від “середньо-польових” значень експонент для ТЛ в одновісному сегнетоелектрику. Вказані закономірності встановлені при теоретичних дослідженнях критичної поведінки одновісних сегнетоелектриків в околі ТЛ та ТКТЛ методом ренормалізаційних груп в серії недавніх робіт [3,4,6-8]. В цих роботах також узагальнені результати попередніх робіт з теоретичного аналізу критичних аномалій в одновісних сегнетоелектриках. Як відзначено, логарифмічні мультиплікативні поправки до “середньо-польової” критичної поведінки також характерні для ФП другого роду у власних одновісних сегнетоелектриках. Таким чином, експериментальна ідентифікація мультикритичної поведінки в таких сегнетоелектриках являється досить складною і вимагає прецизійних досліджень.

Можливість дослідження ТЛ наявна для багатьох систем зі структурними, магнітними та сегнетоелектричними ФП, для рідких кристалів, поліелектролітів (див. огляди [9,10]). Та найбільш зручні можливості для вивчення дипольної ТЛ та дипольної ТКТЛ доступні при вивченні кристалів власних одновісних сегнетоелектриків $Sn_2P_2(Se_xS_{1-x})_6$ [11]. Для цих сегнетоелектриків сукупність термо-динамічних властивостей в наближенні середнього поля узгоджено описується [12] припускаючи близькість ТЛ при $x = 0,28$ (для атмосферного тиску) до ТКТЛ на фазовій діаграмі цих кристалів. Про критичну поведінку цих сегнетоелектриків вперше повідомлялося в [13], де зверталася увага на зростання флуктуаційних затягувань в паралелектричну фазу на температурних залежностях кута повороту площини оптичної індикатриси в цих моноклінних кристалах (просторова група $P2_1/c$ при $T > T_0$, та Pc при $T < T_0$) при зростанні концентрації селену в твердих розчинах

від 0 до 28%. При калориметричних дослідженнях [14] кристалів $Sn_2P_2S_6$ та $Sn_2P_2(Se_{0,28}S_{0,72})_6$ на температурних залежностях аномальної частини теплоємності в параелектричній фазі виявлена перша флуктуаційна поправка: $\Delta c_p \sim \tau^{-0,5}$ (тут приведена температура $\tau \equiv (T - T_0)/T_0$). Тобто, робився висновок [14] про ідентифікацію гаусівської критичної поведінки при $\tau > \tau_{Gi}$, де τ_{Gi} – число Гінзбурга-Леванюка (для $Sn_2P_2S_6$ $\tau_{Gi} \approx 0,02$ [13]). При дослідженні температурної залежності діелектричної сприйнятливості $Sn_2P_2S_6$ в паралелектричній фазі спостерігалось незначне відхилення від закону Кюри-Вейсса, яке описується мультиплікативною логарифмічною поправкою $\chi^{-1} = \tau \cdot (|\ln \tau|)^{0,1}$ [15].

Таким чином, попередні калориметричні і діелектричні дослідження кристалів типу $Sn_2P_2S_6$ загалом погоджуються з результатами ренорм-групового аналізу критичної поведінки одновісних сегнетоелектриків поблизу ТКТЛ з одномірною модуляцією [6-8]. Однак, актуальними є дослідження еволюції критичної поведінки кристалів $Sn_2P_2(Se_xS_{1-x})_6$ при наближенні до точки Ліфшиця шляхом зміни хімічного складу твердих розчинів. Такі дослідження можуть сприяти розділенню в спостережуваних критичних аномаліях властивостей кристалів вкладу розвинених флуктуацій параметра порядку від вкладу дефектів, роль яких стає домінуючою в безпосередній близькості до температури ФП. Так, для дефектів типу “випадкова температура” в околі ФП другого роду очікується вклад в аномалію теплоємності $\Delta c_p \sim \tau^{-1,5}$ [16]. До речі, калориметричні дані для $Sn_2P_2S_6$ аналізувалися [14] припускаючи наявність в аномальній частині теплоємності параелектричної фази суперпозиції першої флуктуаційної поправки та вкладу від дефектів типу “випадкова температура”. Для більш надійного аналізу необхідне співставлення

критичної поведінки кристалів з різним співвідношенням амплітуд флуктуаційного та дефектного вкладів. Така можливість наявна при дослідженні кристалів типу $Sn_2P_2S_6$ з частковим заміщенням атомів сірки на селен в аніонній підґратці, або олова на свинець в катіонній підґратці кристалічної структури.

Експериментальні результати

В даній роботі виконані дослідження температурної залежності двоприменезаломлення $\Delta n(T)$ кристалів $Sn_2P_2(Se_xS_{1-x})_6$ з $x = 0; 0,15; 0,28$ та $0,29$. Також досліджувалося двоприменезаломлення кристалів $Sn_2P_2S_6$ з домішками типу "випадкова температура" (0,5 % Pb) та типу "випадкове поле" (0,5 % Se). Для вимірювання $\Delta n(T)$ використовувався метод Сенармона, в якому визначається кут φ повороту площини поляризації світла після його проходження через

зразок та пластинку $\lambda/4$. Величина кута пропорційна величині двоприменезаломлення. Застосовувалося поляризоване випромінювання He-Ne лазера з

довжиною хвилі 6328 А. Досліджувані зразки знаходилися в парах азоту в кріостаті системи УТРЕКС. Температура зразків визначалася з точністю 0,01К [14]. Вимірювання проводилися в режимі повільного охолодження кристалів після їх "відпалу" в параелектричній фазі біля 400К на протязі декількох годин. Зразки виготовлялися в формі пластин (001) зрізу монокристалів. Розміри зразків становили біля $1 \times 3 \times 5$ мм³. Монокристали вирощувалися методом газового транспорту [13].

На рис.1,а зображена температурна залежність $\varphi(T)$ для кристалу $Sn_2P_2S_6$.

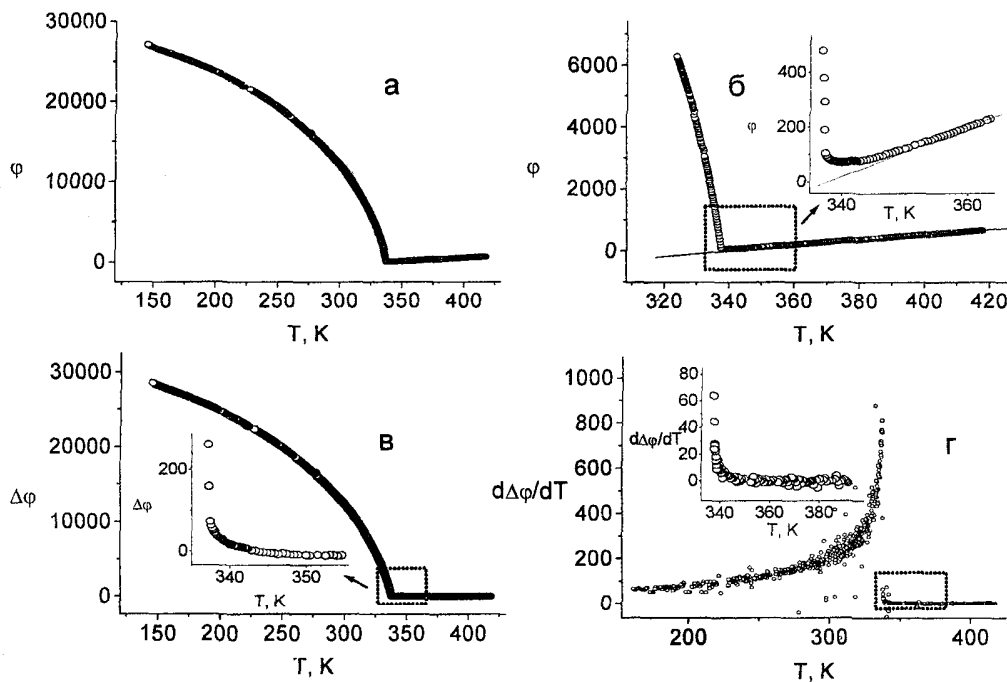


Рис.1. Температурна залежність двоприменезаломлення для кристалу $Sn_2P_2S_6$ – а; визначення регулярного ходу двоприменезаломлення (суцільна лінія) в параелектричній фазі $Sn_2P_2S_6$ – б; зумовлена ФП другого роду аномалія двоприменезаломлення – в; температурна залежність температурної похідної від аномальної складової двоприменезаломлення в околі ФП в $Sn_2P_2S_6$ – г. На вставках - околі температури ФП у

збільшеному масштабі

Для виділення зумовленої ФП другого роду аномалії $\Delta\varphi(T)$ (рис.1,в) визначався регулярний температурний хід $\varphi(T)$ шляхом лінійної екстраполяції вказаної залежності з параелектричної фази в область низьких температур (рис.1,б). При описі критичної поведінки кристалів важливо досить точно визначити температуру ФП T_0 . Очевидно, що при T_0 максимального значення досягає температурна швидкість зміни аномальної частини двопротене-

заломлення $d\Delta\varphi/dT$ (рис.1,г). До речі, температурна похідна $d\Delta\varphi/dT$ пропорційна пов'язаній з ФП аномальній частині ізобаричної питомої теплоємності Δc_p [17]. Таким чином, дані про температурну залежність двопротене-заломлення дозволяють дослідити критичну поведінку питомої теплоємності кристалів: $d\Delta\varphi/dT \sim \Delta c_p \sim \tau^{-\alpha}$, де α - критичний індекс для теплоємності.

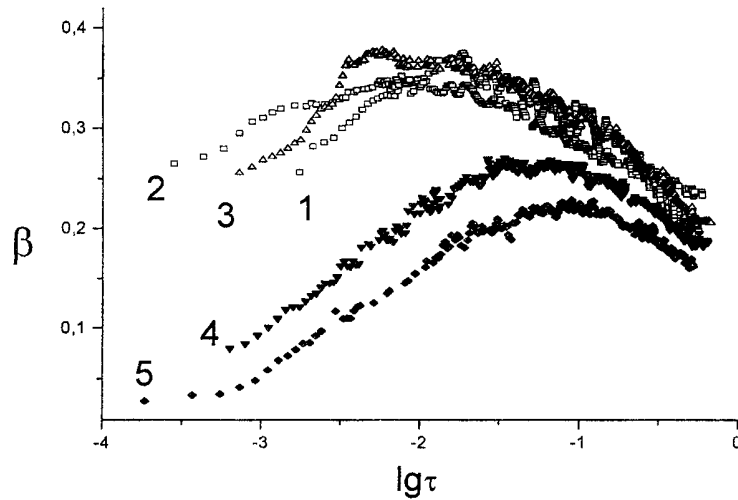


Рис.2. Температурні залежності ефективного значення критичного індекса параметра порядку в сегнетоелектричній фазі кристалів $Sn_2P_2S_6$ (1), $(Pb_{0,005}Sn_{0,995})_2P_2S_6$ (2), $Sn_2P_2(Se_{0,005}S_{0,995})_6$ (3), $Sn_2P_2(Se_{0,15}S_{0,85})_6$ (4) та $Sn_2P_2(Se_{0,29}S_{0,71})_6$ (5).

Двопротенезаломлення, що індуковане спонтанною поляризацією кристалу, описується співвідношенням $\Delta\varphi \sim \eta^2 \sim \tau^{2\beta}$. Як бачимо з рис.2, в сегнетоелектричній фазі $Sn_2P_2S_6$ величина ефективного значення критичного індекса β для параметра порядку η залежить від температури. Ця залежність очевидно зумовлена кросоверами в критичній поведінці вказаного одновісного сегнетоелектрика в околі ФП другого роду, що близький до ТКТЛ на фазовій діаграмі, і буде обговорюватися нижче.

В параелектричній фазі $Sn_2P_2S_6$ аномальна частина двопротенезаломлення задовільняє співвідношенню $d\Delta\varphi/dT \sim \tau^{-\alpha}$ з критичним індексом $\alpha \approx 0.45$ (рис.3,а). Відомо [18], що заниження значення показника степені α відносно значення 0,5 може бути зумовлене мультиплікативною логарифмічною поправкою. Дійсно, як показано на (рис.3,б), для парафази $Sn_2P_2S_6$ експериментальні дані добре описуються функцією

$$d\Delta\varphi/dT \sim \tau^{-\alpha} \cdot (\ln \tau)^\beta, \quad (1)$$

де $\alpha = 0,5$ та $b = 0,1$.

Температурна поведінка аномальної частини двопронезаломлення в параелектричній фазі також проаналізована з врахуванням можливого вкладу в критичну аномалію від татичних дефектів. Як відзначалося [16], вклад дефектів в критичну аномалію теплоємності

$\Delta c_p \sim \tau^{-1,5}$. Таким чином, суперпозиція флуктуаційного та дефектного вкладів може бути описана співвідношенням

$$d\Delta\varphi/dT \sim A \cdot \tau^{-0,5} + B \cdot \tau^{-1,5}. \quad (2)$$

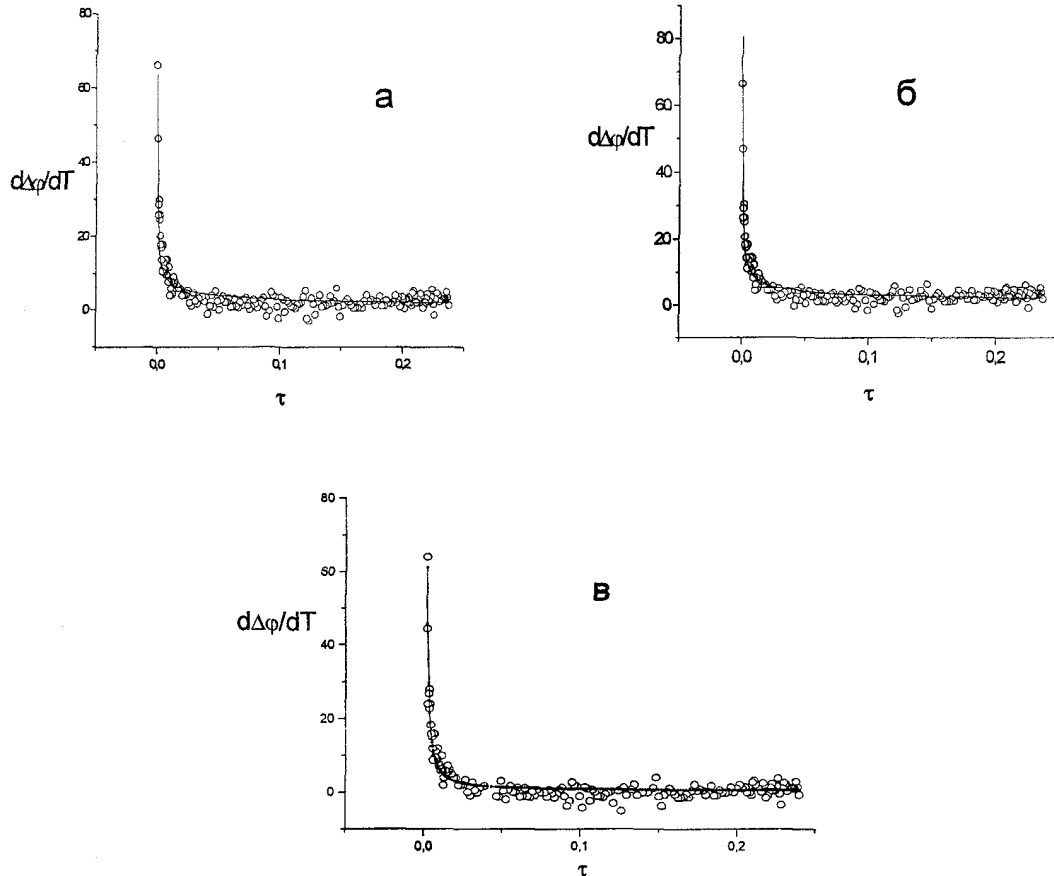


Рис.3. Співставлення залежності $d\Delta\varphi/dT$ в параелектричній фазі кристалу $Sn_2P_2S_6$: з співвідношенням (1) при $\alpha = 0,45$ та $b = 0$ - а; з співвідношенням (1) при $\alpha = 0,5$ та $b = 0,1$ — б; з співвідношенням (2) при $A = 0,25$ та $B = 0,0004$ — в.

Як бачимо (рис.3,в), для $Sn_2P_2S_6$ амплітуда дефектного вкладу значно менша від амплітуди флуктуаційного вкладу в критичну аномалію ($B/A \approx 10^{-3}$), однак в безпосередньому околі T_0 ($\tau \leq 10^{-3}$) вклад дефектів становиться домінуючим.

Для температурних залежностей $\varphi(T)$, спостережуваних для кристалів $Sn_2P_2S_6$ з домішкою селену чи свинцю, а також для

твердих розчинів $Sn_2P_2(Se_xS_{1-x})_6$, виконаний аналогічний аналіз. Порівняння даних для кристалів $(Pb_{0,005}Sn_{0,995})_2P_2S_6$, а також для $Sn_2P_2(Se_{0,005}S_{0,995})_6$, $Sn_2P_2(Se_{0,15}S_{0,85})_6$ та $Sn_2P_2(Se_{0,29}S_{0,71})_6$ свідчить, що внесення в $Sn_2P_2S_6$ 0,5% домішки свинцю чи селену не впливає суттєво на температурну залежність ефективного значення критичного індекса β для параметра

порядку в сегнетоелектричній фазі (рис.2). Поряд з тим, збільшення вмісту селену до $x_{ТЛ} = 0,28$ суттєво зменшує ефективне значення індекса β .

При зміні хімічного складу кристалів яскраво проявляється еволюція аномальної частини $\Delta\varphi(T)$ в параелектричній фазі (рис.4). Затягування залежностей $d\Delta\varphi/dT$ в область високих температур нарастають при наближенні

значення x до $x_{ТЛ}$. Їх апроксимація функцією $d\Delta\varphi/dT \sim A \cdot \tau^{-0,5} + B \cdot \tau^{-1,5}$ свідчить, що при переході від $Sn_2P_2S_6$ до $(Pb_{0,005}Sn_{0,995})_2P_2S_6$ та $Sn_2P_2(Se_{0,005}S_{0,995})_6$ (Рис.5) суттєво збільшується амплітуда B вкладу дефектів в критичну аномалію. Надалі, при переході до $Sn_2P_2(Se_{0,15}S_{0,85})_6$ та $Sn_2P_2(Se_{0,28}S_{0,72})_6$ (рис.6), вже значно наростає амплітуда A флуктуаційного вкладу.

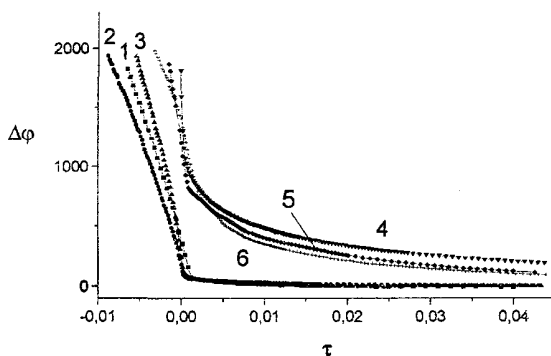


Рис.4. Аномалія температурної залежності двоприменезаломлення в околі ФП для кристалів $Sn_2P_2S_6$ (1), $(Pb_{0,005}Sn_{0,995})_2P_2S_6$ (2), $Sn_2P_2(Se_{0,005}S_{0,995})_6$ (3), $Sn_2P_2(Se_{0,15}S_{0,85})_6$ (4), $Sn_2P_2(Se_{0,28}S_{0,72})_6$ (5) та $Sn_2P_2(Se_{0,29}S_{0,71})_6$ (6).

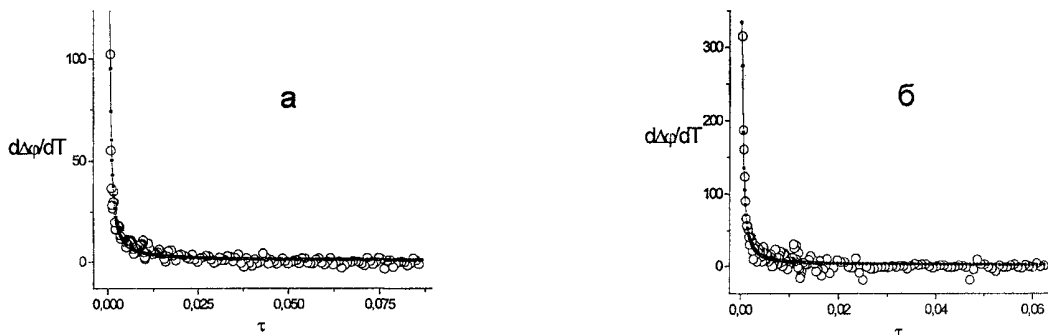


Рис.5. Співставлення залежності $d\Delta\varphi/dT$ в параелектричній фазі з співвідношенням (2) при: $A = 0,25$ та $B = 0,0004$ для кристалу $(Pb_{0,005}Sn_{0,995})_2P_2S_6$ - а; $A = 0,35$ та $B = 0,003$ для кристалу $Sn_2P_2(Se_{0,005}S_{0,995})_6$ - б.

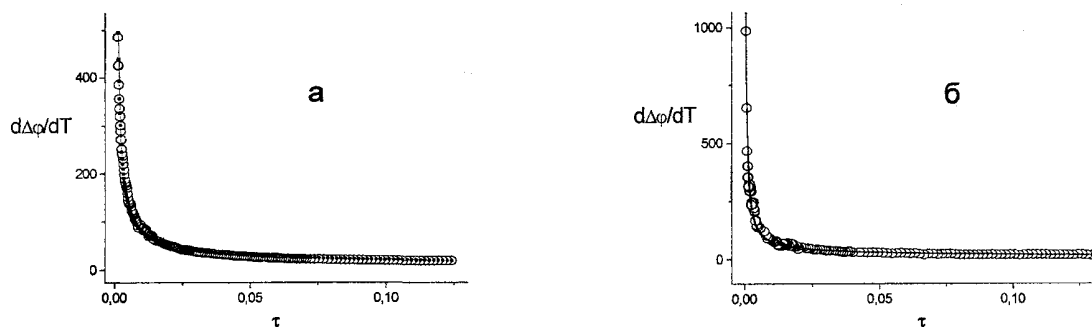


Рис.6. Співставлення залежності $d\Delta\varphi/dT$ в параелектричній фазі з співвідношенням (2) при: $A = 5,97$ та $B = 0,02$ для кристалу $Sn_2P_2(Se_{0,15}S_{0,85})_6$ - а; $A = 5,78$ та $B = 0,02$ для кристалу $Sn_2P_2(Se_{0,28}S_{0,72})_6$ - б.

Обговорення результатів

При аналізі критичної поведінки кристалів в околі структурних ФП важливим є знання верхньої критичної розмірності d_u , вище якої не виконується наближення середнього поля. В наближенні середнього поля, при $d < d_u$, незалежно від специфіки ФП для всіх випадків маємо однакову критичну експоненту для сприйнятливості $-\gamma = 1$ (Табл.1). Експонента для параметра порядку β залежить від степені незникаючого в точці ФП інваріанту в розкладі Ландау для вільної енергії. Тому $\beta = 0,5$ для ФП другого роду, при якому присутній додатний інваріант η^4 , та $\beta = 0,25$ для ТКТ, в якій залишається позитивний інваріант η^6 . Критична експонента для питомої теплоємності α задовольняє відомому співвідношенню: $2 - \alpha = 2\beta + \gamma$. В табл.1 приведені значення перерахованих експонент в наближенні середнього поля. Табл.2 містить значення d_u , та результати ренорм-групових розрахунків критичних експонент для різних класів універсальності [3,4,8]. Використані такі позначення: S – звичайна критична точка (ФП другого роду) в системі з лише ізотропними короткодіючими взаємодіями; U – звичайна критична точка в системі, що характеризується також одновісною дипольною взаємодією; T – трикритична точка; L – точка Ліфшиця. Розглядується тільки випадок одновісної ТЛ, що відповідає ситуації “зародження” в цій точці неспівмірної фази з одним напрямком хвильового вектора просторової модуляції параметра порядку ($m=1$). Важливим результатом теоретичних розрахунків [2,3] є те, що при співпаданні фізичної розмірності ($d = 3$) з критичною розмірністю d_u степеневі температурні залежності модифікуються мультипліка-

тивними логарифмічними поправками $(|\ln \tau|)^b$. Наприклад, для класу універсальності UTL, $m=1$, для сприйнятливості отримуємо

$$\chi = \tau^\gamma \cdot (|\ln \tau|)^b, \quad \gamma = 1 \text{ та } b = 0,1.$$

Поблизу мультикритичних точок, а також із-за наявності короткодіючих та дальнодіючих взаємодій, очікується прояв різних типів кроссоверів в критичній поведінці. Так, з однієї сторони, спостерігається кроссовер від регулярного температурного ходу термодинамічних властивостей системи до критичної поведінки, а з іншої сторони – в критичній області очікується прояв кроссоверів між різними типами поведінки, що відповідають різним класам універсальності. В околі фазових переходів другого роду можливий кроссовер від регулярного ходу до одновісної дипольної фіксованої точки (U) через область, в якій домінує короткодіюча взаємодія (S). В околі ТЛ необхідно враховувати кроссовер від регулярного ходу до звичайної критичної точки (S) через область, де домінує ліфшицівська поведінка (L). Для одновісних сегнетоелектриків кроссовер від аномальної поведінки в околі ФП другого роду (U) до ліфшицівської критичної поведінки (UL) вивчався в [6]. При аналізі експериментальних даних для одновісних сегнетоелектриків найбільш складною є ситуація, коли на діаграмі станів поряд розміщені трикритична точка (UT) та точка Ліфшиця (UL), або ж реалізується трикритична точка Ліфшиця (UTL). При цьому необхідно розрізняти гаусівську критичну поведінку [18] (першу флуктуаційну поправку по термінології [19]) в околі звичайної критичної точки (S) від критичної поведінки поблизу одновісної дипольної трикритичної точки Ліфшиця (UTL, $m=1$). Отримані експериментальні дані

свідчать, що критична поведінка кристалу $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ в околі ФП другого роду, що близький до ТКГЛ на діаграмі станів, загалом задовільняє розрахованій поведінці для класу універсальності UTL, $m=1$. А саме, згідно отриманої температурної залежності двопроектного заломлення для цього сегнетоелектрика аномалія питомої теплоємності в паралельній фазі показує поведінку $\Delta c_p \sim \tau^{-0.5} \cdot (\ln \tau)^{\frac{b}{2}}$ з досить малим значенням показника степені логариф-

мічної поправки. Така критична поведінка досить подібна на гаусівську критичну поведінку ($\Delta c_p \sim \tau^{-\alpha_G}$ з $\alpha_G = 0,5$) в околі ФП другого роду в системах з лише короткодіючими взаємодіями (тобто, на першу флуктуаційну поправку). До речі, гаусівська критична поведінка з $\alpha_G = 0,5$ при $\tau > \tau_{Gi}$ характерна для багатьох класів універсальності [8]: S, T, UT та UL і UTL з $m=1$.

Табл.1. Критичні індекси для теплоємності α , параметра порядку β і сприйнятливості γ для різних критичних точок в наближенні середнього поля, та для теплоємності α_G в гаусівському наближенні [3,8].

Система	α_G	α	β	γ
S	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	1
U	0	0	$\frac{1}{2}$	1
T	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	1
UT	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	1
L	$\frac{3}{4}$	0	$\frac{1}{2}$	1
TL	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	1
UL	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{3}$	1
ULT	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	1

Табл.2. Верхня критична розмірність d_u , а також критичні індекси для теплоємності α , параметра порядку β , сприйнятливості γ та показник степені логарифмічної поправки b (символ * вказує на наявність такої поправки до степеневі температурної залежності відповідної термодинамічної функції) для різних критичних точок, розраховані методом ренормалізаційних груп [3,8].

Система	d_u	α	β	γ	b
S	4	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$1 \frac{1}{6}$	0
U	3	0*	$\frac{1}{2}$ *	1*	$\frac{1}{3}$
T	3	$\frac{1}{2}$ *	$-\frac{1}{4}$ *	1*	$\frac{1}{3}$
UT	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	1	0
L	$4 \frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$1 \frac{1}{4}$	0
TL	$3 \frac{1}{2}$	$\frac{9}{14}$	$\frac{1}{7}$	$1 \frac{1}{28}$	0
UL	$3 \frac{2}{3}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$1 \frac{1}{6}$	0
ULT	3	$\frac{1}{2}$ *	$\frac{1}{4}$ *	1*	$\frac{1}{10}$

Незначна величина спостережуваної для $Sn_2P_2S_6$ логарифмічної поправки вказує на те, що для досліджуваного сегнетоелектрика спостерігається практично класична (“середньо-польова”) трикритична поведінка. Така поведінка являється наслідком компенсації ефекту підсилення флуктуацій параметра порядку в околі точки Ліфшиця ефектом їхнього подавлення дальнодіючою кулонівською взаємодією.

Для твердих розчинів $Sn_2P_2(Se_xS_{1-x})_6$ при наближенні до ТЛ, і водночас до ТКТЛ [12], спостерігається кроссовер до більш виразної трикритичної поведінки – зменшується індекс β для параметра порядку в сегнетоелектричній фазі та збільшується амплітуда степеневі функції $d\Delta\varphi/dT \sim \tau^{-0.5}$ в параелектричній фазі. При переході від кристалу $Sn_2P_2S_6$ до змішаних кристалів суттєво збільшується амплітуда дефектного вкладу в критичні аномалії. Цей факт не дає можливість прослідити за зміною впливу логарифмічної поправки при наближенні до ТЛ. Однак, суттєве зменшення ефективного значення критичного індекса β ($\beta \rightarrow 0,2$), що нижче від характерної для ТКТ величини) при зростанні x до ХТЛ ймовірно зумовлене підсиленням ролі логарифмічної поправки до степеневі трикритичної поведінки параметра порядку - $\eta \sim \tau^{0.25} \cdot (\ln \tau)^b$.

Висновки

Виконаний аналіз температурних залежностей оптичного двопронезаломлення кристалів $Sn_2P_2S_6$ та твердих

розчинів на їх основі $Sn_2P_2(Se_xS_{1-x})_6$ свідчить, що для власних одновісних сегнетоелектриків в околі трикритичної точки Ліфшиця спостерігається “середньо-польова” трикритична поведінка, модифікована логарифмічними поправками. Важливим є те, що вказані поправки значно слабкіші в порівнянні з мультиплікативними логарифмічними поправками до класичної критичної поведінки одновісних сегнетоелектриків в околі ФП другого роду – показник їхньої степені $b \approx 1/10$ в порівнянні з таким показником $b = 1/3$ для останнього випадку. Трикритична поведінка власного одновісного сегнетоелектрика в околі ТКТЛ з $m = 1$ також відрізняється від трикритичної поведінки поблизу ТКТ в системах з лише короткодіючими взаємодіями – в останніх степеневі температурні залежності термодинамічних функцій з трикритичними індексами також модифікуються мультиплікативними логарифмічними поправками в степені $b = 1/3$.

Доцільними є дальші експериментальні дослідження співвідношення амплітуд критичних аномалій термодинамічних функцій в параелектричній та сегнетоелектричній фазах для кристалів власних одновісних сегнетоелектриків в околі ТКТЛ, та вивчення кроссоверів критичної поведінки вздовж різних термодинамічних шляхів на фазовій діаграмі в околі цієї мультикритичної точки.

1. A.Aharony, E. Domany, R.M. Hornreich e.a., Phys.Rev. B, 32, 3358 (1985).

2. A.I.Larkin, D.E. Khmel'nitzky, Zh.Eks. Teor. Fiz., 56, 2087 (1969).

3. R. Folk, G. Moser, Phys.Rev.B, **47**, 13992 (1993).
4. A. Abdel-Hady, R. Folk, Phys.Rev.B, **54**, 3851 (1996).
5. R.M.Hornreich, M. Luban, S. Shtriktman, Phys. Rev. Lett., **35**, 1678 (1975).
6. I. Nasser, R. Folk, Phys. Rev. B, **52**, 15799 (1995).
7. I. Nasser, A. Abdel-Hady, R. Folk, Phys. Rev. B, **56**, 154 (1997).
8. R. Folk, Phase Transitions, (1998)
9. W. Selke, Spatially modulated structures. In: Domb C. and Lebowitz J.I.(Eds.), Phase Transitions and Critical Phenomena, **15**, Academic Press, New York, (1992).
10. C.C. Becerra, H.J. Brumatto, N.F. Oliveira, Phys. Rev. B, **54**, 15997 (1996).
11. Yu.M. Vysochanskii, V.Yu. Slivka, So. Phys. Usp., **35**, 123 (1992).
12. Yu.M. Vysochanskii, M.M. Mayor, V.M. Rizak e.a., Sov. Phys. JETP, **68**, 782 (1989).
13. Yu.M.Vysochanskii, V.G. Furtsev, e.a, Zh. Eks. Teor. Fiz., **91**, 1384 (1986).
14. Yu. M. Vysochanskii, S.I. Perechinskii, V.M. Rizak, I.M. Rizak, Ferroelectrics, **143**, 59 (1993).
15. Yu.M.Vysochanskii, A.A.Molnar, A.A. Gorvat, Yu.S. Nakonechnii, Ferroelectrics, **169**, 141 (1995).
16. A.A. Isaverdiyev, N.I. Lebedyev, A.P. Levanyuk, A.S. Sigov, Fiz. Tverd. Tela, **31**, 272 (1989).
17. N.R. Ivanov, A.P. Levanyuk, S.A. Minyukov, J. Kroupa, J. Fousek, J.Phys. C, **2**, 577 (1990).
18. M.E. Fisher ,Scaling, universality and renormalization group theory. In: H. Araki, J. Ehlers, K. Hepp e.a. (Eds.), Lecture Notes in Physics, **186**, Springer-Verlag, Berlin, (1983).
19. B.A. Strukov, A.P. Levanyuk, Physical foundations of ferroelectric phenomena in crystals., Nauka, Moscow (1983).

MULTICRITICAL BEHAVIOR OF THE PROPER UNIAxIAL FERROELECTRICS OF $Sn_2P_2S_6$ TYPE

**V.V.Mytrovcij, Yu.M.Vysochanskii, A.A. Grabar,
S.F. Motrya, S.I. Perechinskii**

Institute of solid state physics and chemistry of Uzhgorod State University, 294000,
Uzhgorod, Voloshin st., 54

Temperature dependencies of the birefringence of nominally pure and doped by lead and selenium $Sn_2P_2S_6$ crystals, as well as $Sn_2P_2(Se_xS_{1-x})_6$ mixed crystals, were investigated. The variations of the anomalies of the measured dependencies in the vicinity of second order phase transitions produced by the variations in concentration of defects and in the composition of the crystals at approaching to the Lifshitz point were analysed. The results are in accordance with the renorm-group analysis of the behavior of the dipol systems in the vicinity of tricritical Lifshitz point.