

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. І.ФРАНКА

*На правах рукопису*

**ВУБЛИК**

**МИРОСЛАВА ІВАНІВНА**

**ТЕМПЕРАТУРНА ТА ЧАСОВА ЕВОЛЮЦІЯ  
НЕСПІВМІРНОЇ ФАЗИ В ЗОВНІШНІХ ПОЛЯХ**

01.04.10. - фізика напівпровідників та діелектриків

**Автореферат дисертації  
на здобуття наукового ступеня кандидата  
фізико-математичних наук**

Львів-95



Дисертація є рукопис

Робота виконана на кафедрі нелінійної оптики фізичного факультету та у відділі низьких температур і криогенної техніки Львівського державного університету ім.І.Франка

Науковий керівник - доктор фізико-математичних наук, професор  
**ПОЛОВИНКО Ігор Іванович**

Офіційні опоненти: - доктор фізико-математичних наук, професор  
**НОСЕНКО Анатолій Єрофійович**  
- кандидат фізико-математичних наук, доцент  
**ГАБА Володимир Михайлович**

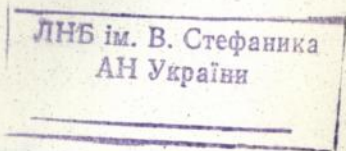
Провідна установа - Фізико-технічний інститут низьких температур  
ім.Б.І.Веркіна НАН України (м.Харків)

Захист відбудеться "3" січня 1996 р. о 15<sup>15</sup> год на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 04.04.08 при Львівському державному університеті ім. І. Франка за адресою:  
200005, м.Львів, вул.Кирила і Мефодія, 8а, Велика фізична аудиторія

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці Львівського державного університету ім. І. Франка, м.Львів, вул.Драгоманова, 5.

Автореферат розісланий "28" листопада 1995 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
доктор фізико-математичних наук,  
професор



Л.Ф.Блажівський  
*Л. Блажівський*

AB - 33.678

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Про існування неспівмірних (НС) фаз в діелектриках відомо з кінця 70-х років. Широкі дослідження їх властивостей почали проводити лише після виявлення цих фаз в діелектричних кристалах групи  $A_2BX_4$ . Сьогодні дані кристали використовуються як піро- і п'єзодатчики, матеріали для збереження і передавання інформації, перетворення і реєстрування різних видів випромінювання.

Останнім часом увагу дослідників привертає НС фаза, в якій хвильовий вектор неспівмірності  $\vec{k}$  є перервною функцією температури і пробігає всі раціональні числа в одиницях вектора оберненої ґратки вихідної структури. Така його залежність від температури була названа "чортовою драбиною". Існує припущення, що температурний інтервал існування такої НС фази є послідовністю довгоперіодичних співмірних (ДПС) фаз, розділених перехідними областями. Цілковито природньо постають питання про справедливість такого припущення та характер еволюції хвильового вектора неспівмірності у ДПС фазах та перехідних областях.

Доступними та інформативними методами для вирішення цих питань є оптичні та діелектричні дослідження. Вони дають інформацію про природу аномалій приросту двозаломлення  $\delta(\Delta n)$ , інтенсивності малокутового розсіяння світла (МРС)  $I_\theta$ , дійсної частини діелектричної проникливості  $\epsilon'$  і тангенса діелектричних втрат  $\text{tg}\delta$ , що раніше систематично не досліджувалися. Вплив зовнішніх факторів (температури, електричного та механічного полів, опромінення рентгенівськими променями) приводить до змін цих фізичних властивостей. Такі особливості роблять кристали з модульованою структурою перспективними для створення датчиків температури, сили, тиску, рентгенівського випромінювання.

Отже, з наукової точки зору актуально отримати інформацію про структуру модульованої фази, про природу аномальних змін її макроскопічних характеристик, а з практичної - важливо виробити методику керування фізичними властивостями, що сприятиме новим можливостям використання кристалів з НС структурою.

Мета роботи полягала в тому, щоб детально дослідити температурні та часові зміни макроскопічних характеристик НС фаз оптичними і діелектричними методами та вивчити вплив на них зовнішніх полів.

Для досягнення цієї мети вирішувалися наступні завдання:

➤ вирощування кристалів  $[N(CH_3)_4]_2MeCl_4$  (скорочено ТМА- $MeCl_4$ , де  $Me=Co, Zn, Fe, Cu$ );

➤ розробка методик та монтаж установок для дослідження МРС, деформації та повороту оптичної індикатрисы;

➤ вивчення впливу форми зразка на макроскопічні властивості кристалу;

➤ дослідження температурних залежностей  $\epsilon'$  і  $\delta(\Delta n)$  для різних зрізів кристалів ТМА- $MeCl_4$  ( $Me=Co, Zn, Fe, Cu$ ) при різних значеннях прикладених електричних та механічних полів;

➤ вивчення температурних та часових змін МРС та вплив на нього поляризації падаючого світла, дефектності зразка, швидкості зміни температури.

Об'єктами для досліджень були вибрані кристали тетраметиламонію тетрахлорметалату ТМА- $MeCl_4$  ( $Me=Co, Zn, Fe, Cu$ ). Вибір об'єктів зумовлювався наступними міркуваннями:

♦ ці кристали є модельними об'єктами при дослідженні багатьох властивостей НС структур;

♦ оптично однорідні кристали цієї групи можуть бути легко отримані в лабораторних умовах;

♦ дані кристали володіють НС фазами в температурних інтервалах, які зручні для досліджень.

**Наукова новизна** виконаної роботи полягає в наступному:

♦ показано, що у "в'язкій" взаємодії беруть участь рухомі дефекти з різними значеннями коефіцієнтів дифузії. Природа сили, яка діє на солітон і змушує проявлятися ефект "в'язкої" взаємодії, пов'язана з хвилею надлишкової концентрації цих дефектів навколо солітона;

♦ встановлено, що під впливом одновісного механічного напруження та електричного поля змінюються умови взаємодії модульованої структури з дефектами, що веде до зростання областей метастабільності, в яких проходить зміна амплітуди параметра порядку;

♦ оптичними методами вперше отримано інформацію про температурні залежності хвильового вектора неспівмірності, та підтверджено, що НС фаза є послідовністю ДПС фаз, розділених областями з НС властивостями;

♦ виявлено, що аномальна температурна залежність дійсної частини діелектричної проникливості  $\epsilon'$  пов'язана із співіснуванням ДПС фаз із перехідними областями і доведено, що ДПС фази в НС фазі володіють властивостями як співмірних, так і НС фаз;

♦ вперше методами МРС підтверджено теоретичні висновки феноменологічної теорії про те, що розсіяння світла відбувається на фазоні і зумовлене змінами як потенціальної, так і кінетичної енергій солітонної структури;

♦ у НС фазі виявлено "пульсуючий" характер деформації оптичної індикатриси та її поворот в областях існування ДПС фаз;

♦ вперше встановлено, що клиноподібна форма зразка приводить до появи топологічних дефектів НС структури, що і

викликає появу аномальної температурної залежності фізичних величин.

**Практична цінність роботи.** На основі результатів досліджень температурних залежностей зміни двозаломлення запропоновано спосіб задання температурного інтервалу, який ґрунтується на аномальній поведінці двозаломлення в температурній області існування НС фази під дією зовнішніх факторів.

**Основні положення, які виносяться на захист:**

1. Принципова можливість оптичними методами отримати інформацію про температурні та польові зміни хвильового вектора неспівмірності.

2. Загальні закономірності взаємодії солітонів з точковими (рухомими, нерухомими) і з топологічними дефектами НС структури при малих швидкостях руху модульованої структури. Утворення навколо солітона надлишкової концентрації дефектів з різними коефіцієнтами дифузії. Поява топологічних дефектів НС структури при клиноподібній формі зразка.

3. Особливості характеру аномалій приросту двозаломлення  $\delta(\Delta n)$ ,  $n'$ -ззооптичних коефіцієнтів  $n_j$ , дійсної частини діелектричної проникливості  $\epsilon'$ , тангенсу діелектричних втрат  $\text{tg}\delta$  на температурних та польових залежностях у кристалах ТМА- $\text{MeCl}_4$  ( $\text{Me}=\text{Co}, \text{Zn}, \text{Fe}, \text{Cu}$ ). Пояснення цих аномалій.

4. Результати досліджень залежностей інтенсивності МРС від швидкості зміни температури, дефектності зразка, поляризації падаючого світлового пучка в кристалах ТМА- $\text{FeCl}_4$ .

5. "Пультуючий" характер деформації оптичної індикатриси та її поворот у співмірних областях НС фази кристалів ТМА- $\text{FeCl}_4$ , ТМА- $\text{CuCl}_4$ .

**Структура й об'єм роботи.** Дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновків і списку літератури. Вона викладена на 172

сторінках, в тому числі містить 129 сторінок машинописного тексту, 83 рисунки, поданих по ходу тексту. Список літератури містить 133 бібліографічних найменування.

**Апробація роботи.** Викладені в дисертації результати доповідались й обговорювались на VIII Міжнародній європейській зустрічі по сегнетоелектриці (Ніймеген, 1995), Міжнародній школі по квазікристалах (Балатонфуред, 1995), Міжнародній конференції по аперіодичних кристалах (Лес-Дяблеретс, 1994), III Міжнародному симпозиумі по доменній структурі сегнетоелектриків та споріднених кристалів (Закопане, 1994), IX Міжнародному симпозиумі по застосуванню сегнетоелектриків (Пенсильванія, 1994), VIII Міжнародній зустрічі по сегнетоелектриці (Гейтерсберг, 1993), XI Українській школі-семінарі "Спектроскопія молекул та кристалів" (Харків, 1993), VII Єврофізичній конференції по дефектах в ізоляційних матеріалах (Ліон, 1994), V Російсько-японському симпозиумі по сегнетоелектриці (Москва, 1994), VI Міжнародному семінарі по фізиці сегнетоеластиків (Воронеж, 1994), Українсько-польській та Східно-Європейській школі-семінарі по сегнетоелектриці й фазових переходах (Ужгород-Ремети, 1994), V Всесоюзній школі-семінарі з фізики сегнетоеластиків (Ужгород, 1991), Республіканській науково-технічній конференції "Параметрична кристалооптика і її застосування" (Карпати, 1990).

**Публікації.** По матеріалах дисертації опубліковано 18 праць, подано одну заявку на патент України.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.

**У вступі** обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета роботи, новизна отриманих результатів і основні положення, що виносяться на захист, подано короткий зміст дисертації.

Перший розділ носить оглядовий характер, в якому коротко викладено сучасні уявлення про НС фази. Показано, що існування НС модульованої фази описується мінімумом термодинамічного потенціалу, в який входять градієнтні члени, інваріантні відносно групи симетрії вихідної фази. Дано поняття про м'яку моду, яка "конденсується" при критичній температурі, що руйнує симетрію високотемпературної вихідної фази. Існування надструктури супроводжується появою двох нових мод - амплітудона і фазона. При цьому амплітудон аналогічний м'якій моді звичайних сегнетоелектриків, а фазон - це флуктуаційні збурення, пов'язані зі змінами фази параметра порядку. Ці моди проявляються в спектрах МРС. В околі  $T_c$  - точки переходу із НС фази в співмірну фазу - виникає метастабільний хаотичний стан солітонів. У розділі наводиться опис та основні механізми його виникнення. В рамках феноменологічної теорії Ландау розглянуто вплив зовнішніх полів на симетрію НС фази. Показано, що основні висновки цієї теорії підтверджуються відомими з літератури результатами експериментальних досліджень температурної та часової еволюції НС фаз [1]. У кінці розділу наведено загальний огляд характеристик досліджуваних кристалів ТМА- $MeCl_4$  ( $Me=Co, Zn, Fe, Cu$ ).

Другий розділ містить опис методики вирощування кристалів та підготовки зразків для досліджень. Усі досліджувані кристали групи ТМА- $MeCl_4$  вирощувались із водних розчинів методом повільного випаровування при кімнатній температурі (~300 К). Опромінення зразків для дослідження впливу дефектів проводилось на рентгенівській установці "ИРИС".

Приведено опис експериментальних установок для дослідження температурних і польових залежностей приросту двоазомлення  $\delta(\Delta n)$  методом Сенармона. Точність вимірювання  $\delta(\Delta n)$  становить  $2 \cdot 10^{-7}$ . У температурних дослідженнях використовувалась

уніфікована терморегульована криостатна система "Утрекс". Описано методику односторонньої температурної дії на зразок (нагрівання), яка дозволяла прецизійно вимірювати температуру. Похибка становила не більше 0.1 мК.

Дослідження *деформації оптичної індикатриси, її повороту та MPC* проводились за аналізом інтенсивності світла, яке проходило через кристал. Для цих досліджень були зібрані установки на базі поляризаційно-оптичного методу.

Дійсна частина *діелектричної проникливості  $\epsilon'$  і тангенс діелектричних втрат  $\text{tg}\delta$*  визначались традиційним методом вимірювання ємності конденсатора. Точність вимірювання ємності зразка становить 0,001 пФ, а відносна похибка визначення  $\epsilon'$  - 0,5-1%.

У третьому розділі експериментально вивчено взаємодію солітонів з дефектами НС структури, коли швидкості руху дефектів і солітонів є близькі ("в'язка" взаємодія). Розраховано залежність швидкості руху солітонів від сили, що діє зі сторони дефектів та розподіл надлишкової концентрації дефектів для сходинко-, піко-, "S"- подібних аномалій на температурних залежностях приросту двозаломлення у кристалах TMA-FeCl<sub>4</sub>. Встановлено, що у взаємодії беруть участь домішки чотирьох типів (визначено коефіцієнти дифузії), а природа сили, яка діє на солітон зі сторони дефектів, пов'язана з хвилею надлишкової концентрації дефектів навколо солітона.

Вивчено взаємодію НС структури з нерухожими дефектами. Дослідження аномальної поведінки температурних залежностей ємності  $C$  і тангенсу діелектричних втрат  $\text{tg}\delta$  для різної форми зразків кристалів TMA-ZnCl<sub>4</sub> показали, що існує градієнт густини солітонів вздовж зразка. Розраховано розподіл густини солітонів вздовж осі модуляції  $\epsilon$  із врахуванням граничних умов, згідно з

якими в зразку повинно поміщатися ціле число елементарних комірок і ціле число хвиль модуляції:

$$m\lambda/lc=1, \quad (1)$$

де  $\lambda$ - довжина хвилі неспівмірності;  $c$ - параметр елементарної комірки вздовж осі модуляції;  $m, l$ - цілі числа.

Проведено дослідження впливу електричного поля на діелектричні властивості кристалів TMA-CoCl<sub>4</sub>. Отримано фазові E,T-діаграми для різних напрямків  $\vec{E}$ , одна з яких наведена на рис.1.

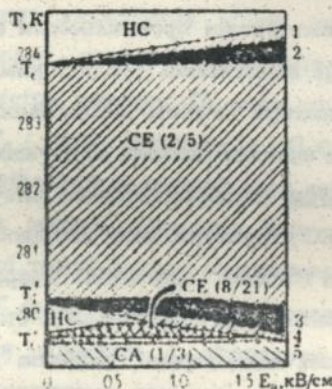


Рис.1. Фазова  $E_0, T$ -діаграма для TMA-CoCl<sub>4</sub>. Позначення: - CE фаза, - нова CE фаза, - сегнетоеластична (CA) фаза. У дужках наведено співмірні значення, на яких відбувається локалізація  $\vec{k}$ .

Польова зміна температурного інтервалу існування нової співмірної сегнетоелектричної (CE(8/21)) фази проходить за рахунок збільшення області локалізації  $\vec{k}$  в НС фазі, і НС фаза витісняється CE(8/21) фазою. Крім того спостерігаються додаткові фази, які пов'язані з розщепленням фазових переходів при  $T_c$  (фази 1,2),  $T_c'$  (фази 3,4) і  $T_c''$  (фаза 5).

Досліджено температурну еволюцію хвильового вектора в НС фазі і його поведінку в ДПС фазах і в перехідних областях. Використано апроксимаційні розрахунки температурних змін  $\delta(\Delta n)$  із вра-

хуванням вкладу енергії солітонної ґратки у термодинамічний потенціал. Показано, що температурні аномалії  $\delta(\Delta n)$  задовільно описуються на основі припущення про те, що має місце локалізація хвильового вектора неспівмірності на значенні  $k=m/l$  вищого порядку.

У четвертому розділі викладено результати досліджень залежності інтенсивності МРС від температури і часу та виявлено фізичні процеси, що спричиняють її аномальний хід.

Згідно з феноменологічною теорією [2] інтегральна інтенсивність  $I_q$  малокутового розсіяння світла в НС фазі пов'язана з розсіянням світла на фазоні:

$$I_q \sim (\gamma_1^2 l^2 \rho_l^{2l} \cos^2 l \varphi_l + \gamma_2^2 \rho_l^4 q_y^2) \langle |\varphi(\bar{q})|^2 \rangle, \text{ де} \quad (2)$$

$$\langle |\varphi(\bar{q})|^2 \rangle = k_B T \chi_q / V, \quad (3)$$

$\bar{q}$  - вектор розсіяння;  $k_B$  - стала Больцмана;  $T$  - температура;  $V$  - об'єм;  $\chi_q$  - статична сприйнятливність;  $\gamma_1, \gamma_2$  - відповідні коефіцієнти розкладу термодинамічного потенціалу,  $\rho_l$  та  $\varphi_l$  - рівноважні значення амплітуди та фази параметра порядку;  $l$  - ціле додатне число у виразі для хвильового вектора модульованої структури  $\bar{k} = m \bar{c}^* / l$ . Теоретичний аналіз інтенсивності МРС в звичайній НС фазі та в НС фазі типу "чортової драбини" показав, що вона в ДПС фазах ( $q_y=0$ ) стає рівною нулеві тільки, коли  $\gamma_1=0$ , що залежить від парності  $m$  і  $l$  та є нерегулярним з температурою. У роботі такі нерегулярні стрибки вперше експериментально виявлені на температурних залежностях МРС.

Результати дослідження інтенсивності МРС для кристалу ТМА- $\text{FeCl}_4$  показали, що в перехідній області інтенсивність  $I_q$  аномально зростає з температурою, що узгоджується з формулою (2). У даному випадку має місце процес зміни хвильового вектора неспівмірності  $\bar{k}$  (рис.2). Температурним областям існування ДПС фаз в кристалах ТМА- $\text{FeCl}_4$  відповідають ділянки з практично по-

стійною інтенсивністю МРС. Виявлено, що різка зміна інтенсивності  $I_q$  в перехідній області відповідає неперервному переходу від однієї співмірної області до іншої.

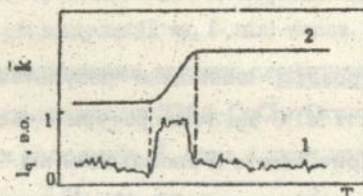


Рис.2. Температурна залежність інтенсивності МРС  $I_q$  (1) та відповідна поведінка хвильового вектора неспівмірності  $\tilde{k}$  (2) в межах існування НС фази для кристалу ТМА-FeCl<sub>4</sub>.

На залежностях  $I_q - f(T)$  при великих  $I$  виявлено звуження температурних областей існування ДПС фаз, що добре узгоджується з літературними даними [3]. НС фаза складається із набору ДПС фаз, температурний інтервал яких може значно відрізнятися один від одного, навіть якщо ці області знаходяться як зазвичай близько одна від одної. Встановлено, що області існування ДПС фаз залежать від дефектності зразка, попередньої історії та швидкості зміни температури. Підтвердженням висновку про розсіяння світла на фазоні є результати досліджень інтенсивності МРС в перехідній області в залежності від поляризації падаючого світла, в яких встановлено різку залежність  $I_q$  від напрямку  $\vec{q}$ .

Досліджено часову залежність інтенсивності МРС, що дало можливість зробити висновок про зміни потенціальної енергії, пов'язаної зі змінами періоду солітонної структури, і кінетичної енергії, пов'язаної з її рухом.

П'ятий розділ присвячений опису п'єзооптичних та електрооптичних властивостей НС фаз. Досліджено деформацію оптичної індикатрисы та її поворот в ДПС фазах і перехідних областях НС

фази в кристалах  $\text{TMA-FeCl}_4$  і  $\text{TMA-CuCl}_4$ . Виявлено "пульсуючий" характер деформації оптичної індикатриси з температурою. Вперше спостерігався поворот оптичної індикатриси в перехідних областях, що свідчить про співіснування в цих областях двох ДПС фаз. Отриманий висновок узгоджується з результатами структурного аналізу [4].

Встановлено, що під впливом одновісного механічного напруження  $\sigma_{ij}$  та електричного поля змінюються умови взаємодії модульованої структури з дефектами. Це приводить до зростання температурних областей існування ДПС фаз, що проявляється на залежностях  $\delta(\Delta n) \sim f(T)$ . Досліджено температурні залежності ефективних п'єзооптичних коефіцієнтів  $\pi_{ij}^0$  в НС фазі. Встановлено, що аномальні зміни на цих залежностях викликані зміною як амплітуди, так і фази параметра порядку під впливом  $\sigma_{ij}$ . Проведений в рамках феноменологічної теорії аналіз показав, що в кристалах  $\text{TMA-FeCl}_4$  зміни  $\pi_{66}^0$  під дією механічного напруження  $\sigma_6$  описуються виразом:

$$\pi_{66}^0 \sim \sigma_6 \times (\partial p / \partial \sigma_6). \quad (4)$$

Експериментально встановлено, що коефіцієнт  $\pi_{66}^0$  прямопропорційний  $\sigma_6$  (рис.3,а), а температурна поведінка величини  $\pi_{66}^0 / \sigma_6$  співпадає із температурними змінами  $\partial p / \partial \sigma_6$  (рис.3,б).

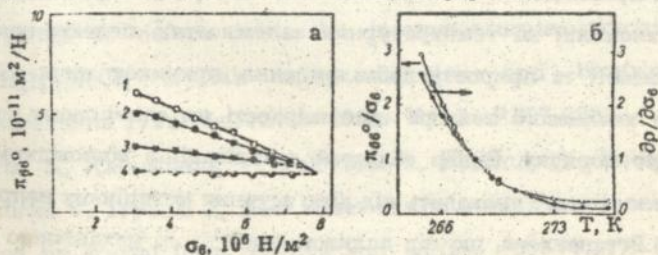


Рис.3. Залежність  $\pi_{66}^0 \sim f(\sigma_6)$  при  $T = 268$  К (1); 271 К (2); 273 К (3); 276 К (4) - (а); температурні залежності величин  $\pi_{66}^0 / \sigma_6$  (о) і  $\partial p / \partial \sigma_6$  (\*) у відносних одиницях (б) для кристалу  $\text{TMA-FeCl}_4$ .

У роботі показано, що прикладання механічних та електричних полів приводить до зміни областей локалізації хвильового вектора неспівмірності на співмірних значеннях вищого порядку, а дія зсувних механічних напружень спричинює появу областей локалізації з відповідними значеннями  $k=m/l$ .

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ Й ВИСНОВКИ.

### У результаті виконання роботи:

1. Вирощено кристали ТМА- $\text{MeCl}_2$  ( $\text{Me}=\text{Cu}, \text{Fe}, \text{Zn}, \text{Co}$ ), змонтовано установки для дослідження деформації та повороту оптичної індикатриси і МРС при швидкостях зміни температури, що забезпечували "в'язку" взаємодію дефектів із хвилею модуляції.

2. Експериментально підтверджено, що при малих швидкостях руху модульованої структури навколо солітона утворюється хвиля надлишкової концентрації дефектів, яка взаємодіє з цією структурою. Встановлено, що у взаємодії беруть участь рухомі домішки з різними значеннями коефіцієнтів дифузії. Показано, що поява аномальної поведінки діелектричних характеристик кристалів спричинена топологічними дефектами НС структури.

3. Прикладання електричного поля до зразків приводить до появи аномалій на температурних залежностях діелектричної проникливості та приросту двозаломлення, причиною яких є локалізація хвильового вектора неспівмірності на співмірному значенні вищого порядку. Відбір областей локалізації з відповідними значеннями  $k=m/l$  проходить під дією зсувних механічних напружень.

4. Встановлено, що під впливом одновісного механічного напруження та електричного поля порушуються умови взаємодії модульованої структури з дефектами, що веде до змін параметра по-

рядку в ДПС фазах, і до зміни фази параметра порядку в перехідних областях.

5. На основі оптичних методів вперше отримано інформацію про температурні залежності хвильового вектора неспівмірності, яка свідчить про те, що НС фаза є послідовністю ДПС фаз, розділених перехідними областями.

6. Встановлено, що МРС у НС фазі зумовлене розсіянням світла на фазоні. Аномалії на температурних та часових залежностях пов'язані зі змінами потенціальної та кінетичної енергій солітонної системи. Виявлено, що в перехідній області інтенсивність розсіяного світла залежить від поляризації падаючого світла, а її аномальна поведінка із температурою вказує на різку залежність від напрямку вектора розсіяння.

7. На основі оптично-поляризаційних досліджень отримано, що деформація оптичної індикатриси в НС фазі має "пульсуючий" характер. Її поворот в ДПС фазах свідчить про виникнення нових параметрів порядку.

## СПИСОК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Polovinko I., Sveleba S., Kapustianik V., Zhmurko V., Bublyk M. Interaction of defects with the incommensurate structure in  $[N(CH_3)_4]_2MeCl_4$  crystals using dielectric and birefringence measurements. // *Ferroelectrics*.- 1994.- V.153.- P.327-332.
2. Sveleba S., Kapustianik V., Polovinko I., Krochuk A., Bublyk M., Zhmurko V., Trybula Z. New effect in the incommensurate phase, caused by crystal form. // *Phys. stat. sol(a)*.- 1995.- V.147.- P.625-632.

3. Sveleba S., Kapustianik V., Polovinko I., Bublyk M., Zhmurko V.  
Behaviour of the optical indicatrix and small-angle light scattering  
in the case of "devil's staircase". //Phys. stat. sol.(b).- 1994.- V.183.-  
P.291-298.
4. Sveleba S., Polovinko I., Bublyk M., Kapustianik V., Zhmurko V.  
Peculiarities of the piezooptic effect in the incommensurate crystals.  
//Phys. stat. sol.(b).- 1995.- V.191.- P.227-234.
5. Sveleba S., Polovinko I., Bublyk M., Kapustianik V., Trybula Z.  
Physical properties of commensurate domains in an  
incommensurate phase. //Phys. stat. sol.(a).- 1995.- V.147.- P.611-  
623.
6. Sveleba S., Kapustianik V., Polovinko I., Krochuk A., Bublyk M.  
Scattering of light on small angles in the conditions of devil's  
staircase existence within the incommensurate phase. //Phys. stat.  
sol.(b).- 1994.- V.186.- P.289-302.
7. Sveleba S., Kapustianik V., Polovinko I., Bublyk M., Czapla Z.,  
Styrkowec R. Specific sequence of commensurate long-period  
regions inside the incommensurate phases. //Phys. stat. sol.(a).-  
1995.- V.147.- P.257-266.
8. Влох О.Г., Половинко И.И., Свелеба С.А., Жмурко В.С., Бублик М.И.  
Двулучепреломление и фазовые диаграммы кристаллов  
 $[N(CH_3)_4]_2CuCl_4$  под влиянием механического напряжения  $\sigma_5$  и  $\sigma_6$ .  
//ЖТФ.- 1993.- Т.63.- С.55-60.
9. Влох О.Г., Варикаш В.М., Боброва З.А., Мокрый В.И., Бублик  
М.И., Половинко И.И., Свелеба С.А., Сосновский Т.М. Несораз-  
мерная фаза в новом сегнетоэлектрике. //УФЖ.- 1991.- Т.36.-  
С.1149-1150.

10. Влох О.Г., Бублык М.И., Жмурко В.С., Половинко И.И., Свелеба С.А. Особенности  $\sigma_6$ -T- и  $\sigma_3$ -T- фазовых диаграмм кристаллов  $[N(CH_3)_4]_2FeCl_4$ . // УФЖ.- 1992.- Т.37.- С.1390-1394.
11. Sveleba S., Kapustianik V., Bubyk M., Zhmurko V., Krochyk A., Polovinko I. Optics of incommensurate structures. // Proceed. of the International Conference on Aperiodic Crystals, Les Diablerets, Switzerland. Ed. by G.Chapuis, W.Paciorek. - Univ. Lausanne.- 1995.- P.240-245.
12. Sveleba S., Polovinko I., Bubyk M., Kapustianik V. Manifestation of defect network around soliton of incommensurate TMA-MeCl<sub>4</sub> crystals // Abstract of the 3-rd international symposium on domain structure of ferroelectrics and related materials, September, 18-22, 1994, Zakopane.- P. P4:06.
13. Sveleba S., Polovinko I., Bubyk M., Kapustianik V., Zhmurko V. Influence of defects on the dynamics of incommensurability wave vector. // Abstracts of Seventh Europhysical Conference on defects in insulating materials, Eurodim'94, July, 5-8, 1994, Lyon, France.- P.472.
14. Sveleba S., Polovinko I., Bubyk M., Kapustianik V. The peculiarities of the electrooptic coefficient behaviour in the incommensurate phase of the A<sub>2</sub>BX<sub>4</sub> group crystals. // Abstract of the Fifth Russian-Japanese Symposium on Ferroelectricity, August, 22-27, 1994, Moscow, Russia.- P. P18.
15. Sveleba S., Polovinko I., Krochuk A., Bubyk M., Kaluza S. Anomalous behaviour of piezooptic and electrooptic coefficients within the incommensurate phase. // Abstract of the 8-th European Meeting on Ferroelectricity, July, 4-8, 1995, Nijmegen, The Netherland. - P. P05-16.

16. Sveleba S., Polovinko I., Krochuk A., Bublyk M., Zhmurko V. Properties of long period commensurate phases within the incommensurate phase of the  $[N(CH_3)_4]_2MeCl_4$  crystals. // Abstract of the 8-th European Meeting on Ferroelectricity, July, 4-8, 1995, Nijmegen, The Netherland. - P. Po5-17.
17. Sveleba S., Polovinko I., Bublyk M. Manifestation of phason vibration branch in  $[N(CH_3)_4]_2MeCl_4$  crystals. // Abstract of the 8-th European Meeting on Ferroelectricity, July, 4-8, 1995, Nijmegen, The Netherland. - P. Po5-25.
18. Sveleba S., Polovinko I., Bublyk M., Kapustianik V., Zhmurko V. Peculiarities of the piezooptic effect in the incommensurate crystals. // Abstract of the Ninth International Symposium on the Applications of Ferroelectrics, August, 7-10, 1994, Pennsylvania, USA. - P.59.

### ЦИТОВАНА ЛИТЕРАТУРА

1. Cummins H.Z. Experimental studies of structurally incommensurate crystal phase. // Physics Reports.-1990.- V.185, N5,6.- P.211-409.
2. Головкин В.А., Леванюк А.П. Особенности рассеяния света в НС фазе при наличии "дьявольской лестницы". // ФТТ.- 1981.- Т.23, №10.- С.3179-3185.
3. Санников Д.Г. Феноменологическое описание дьявольской лестницы // ЖЭТФ.-1989.- Т.-96, №6(12).- С.2198-2208.
4. Kusz J., Pietraszko A., Kucharczyk. Coexistence of the modulated phases of TMA-ZnCl<sub>4</sub>. // Phase Transitions.- 1992.- V.37.- P.261-270.

*М. М. Мухоморов*

**M.Bublyk. The temperature and time evolution of incommensurate phase under the influence of external fields.**

*Thesis on obtaining of the scientific degree of candidate of Physical and Mathematical Sciences; speciality 01.04.10.- physics of semiconductors and dielectrics, Lviv State University, Lviv, 1995.*

The results of experimental investigations of temperature and time dependences of physical properties of the  $A_2BX_4$  group dielectrics with incommensurate phase are defended. It is proved that the anomalous behaviour of the temperature dependences of birefringence and dielectric permittivity in the crystals with incommensurate modulated structure is caused by properties of the soliton system. The investigated results of the small-angle light scattering intensity exhibit that the nature of incommensurate phase consist in the existence of the sequence of long-period phases divided by transition regions. The method of the temperature interval stabilization under the influence external factor are proposed.

**Бублык М.И. Температурная и временная эволюция несоизмерной фазы во внешних полях.**

*Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10. - физика полупроводников и диэлектриков, Львовский государственный университет, Львов, 1995.*

Защищаются результаты экспериментальных исследований температурных и временных зависимостей физических свойств диэлектриков группы  $A_2BX_4$  с несоизмерной фазой. Установлено, что аномальное поведение температурных зависимостей приращения двулучепреломления, диэлектрической проницаемости в кристаллах с несоизмерно-модулированной структурой обусловлено свойствами солитонной системы. Результаты исследований интенсивности рассеяния света на малые углы показали, что природа несоизмерной фазы заключается в существовании последовательности длиннопериодических фаз, разделенных переходными областями. Предложен метод стабилизации температурного интервала под воздействием внешних факторов.

Ключові слова: неспівмірна фаза, довгоперіодична співмірна фаза, діелектричні властивості, солітонна структура, малокутове розсіяння світла.

ЛНБ ім. В. Стефанива  
АН України

452625

Ав 33.618

**АВ 33.618**

---

Зам. № 103. Підписано до друку 20 *II* 1995  
Формат 60x84 1/16. Ум.друк.арк. 1,0. Тираж 100 пр.

---

Ротопринт Львівської наукової бібліотеки ім.В.Стефаніка  
НАН України, вул.Лермонтова, 15.