

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. І. ФРАНКА

На правах рукопису

Б Е Р Е Ж Н А
Світлана Юрїївна

**ВИКОРИСТАННЯ ПОЛЯРИМЕТРІЇ
В ОПТИЧНІЙ ТОМОГРАФІЇ
АНІЗОТРОПНИХ СЕРЕДОВИЩ**

01.04.05 — Оптика, лазерна фізика

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата фізико-математичних наук



АВ 33.819

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Львівському державному університеті ім. Івана Франка Міністерства освіти України.

Науковий керівник: доктор фізико-математичних наук,
професор Влох Орест Григорович

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук,
професор Довгий Ярослав Остапович,
доктор фізико-математичних наук,
професор Осадчук Василь Антонович

Провідна організація: Інститут фізики НАН України.

Захист відбудеться "16" січня 1996 р. о 15³⁰ на
засіданні Спеціалізованої вченої ради Д.04.07.01 при
Інституті фізичної оптики за адресою: 290005, м. Львів, вул.
Драгоманова, 23.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Інституту.

Автореферат розісланий "14" грудня 1995 р.

Вчений секретар

Спеціалізованої вченої ради

кандидат фізико-математичних наук

Болеста І.М.

Актуальність теми: В останні роки сформувалася та інтенсивно розвивається оптична комп'ютерна томографія (ОКТ) – нова галузь сучасної оптики, пов'язана з обробкою, перетворенням та відображенням багатовимірних сигналів і зображень. Серед напрямків, які існують на сьогодні в ОКТ, особливе місце належить діагностиці внутрішньої структури об'єктів, оскільки вона органічно поєднує інтереси сучасної оптичної науки і прикладних галузей.

ОКТ як метод діагностики включає в себе томографію скалярних (показник заломлення, коефіцієнт поглинання, коефіцієнт об'ємної емісії) та тензорних (тензор діелектричної проникливості ϵ_{ij} і тензор внутрішніх напружень σ_{ij}) полів. На відміну від ОКТ показника заломлення, яка на сьогодні вже достатньо розроблена (Левин Г.Г., Вишняков Г.Н. Оптическая томография.- М.: Радио и связь, 1989.- 224 с.), томографія тензора діелектричної проникливості перебуває на початковому етапі розвитку. При застосуванні томографічного підходу до вивчення розподілу фізичних параметрів в анізотропних середовищах виникає ряд труднощів принципового характеру. Так, для реконструкції тензорного поля в кожній точці слід визначити не одну, а декілька величин (компонент тензора). Крім того, вплив параметрів середовища на зондуєче випромінювання залежить від напрямку просвічування. Тому в ОКТ анізотропних середовищ існують особливі вимоги до експериментального методу: він повинен володіти високим рівнем інформативності та бути пристосованим до багатопрменевої трьохплощинної схеми сканування.

Базовим методом, який використовується на сьогодні в

ОКТ анізотропних середовищ, є метод інтегральної фотопружності (Абен Х., Пуро А., Іозепсон Ю.-І., Келл К.-Ю. та інші, Інститут кібернетики АН Естонії). Однак даний метод не можна вважати оптимальним, оскільки при його використанні не вдається отримати необхідну кількість незалежних експериментальних даних і технічно складно реалізувати трьохплощинну схему сканування. Адаптувати інші експериментальні методи, зокрема метод розсіяного світла (Кубо Х., Кіхара Т., Нагата Р., університет м.Осака, Японія), до потреб даної задачі не вдалося.

Розробка експериментального методу, максимально пристосованого для використання в ОКТ анізотропних середовищ, є на сьогодні одним із актуальних завдань, розв'язання якого сприятиме подальшому розвитку високоінформативних неруйнівних методів оптичної діагностики.

Метод роботи є розробка та апробація поляризаційно-оптичного методу, ефективного з точки зору його використання в оптичній томографії анізотропних середовищ.

Досягнення поставленої мети передбачає:

- відшукання способу поєднання в одному методі максимально можливого в поляриметрії рівня інформативності (визначення компонент нормованої матриці Джонса) та багатопроменевого режиму функціонування;
- проведення аналізу процесу поширення світла в неоднорідному слабкоанізотропному середовищі, запис рівнянь прямої задачі ОКТ тензора $\hat{\epsilon}$ у відповідності до використовуюваного експериментального методу;
- розробку процедури розв'язання оберненої задачі, яка забезпечувала б відшукання невідомого розподілу компонент

тензора ϵ_{ij} в середовищі на базі експериментальних даних, отриманих при застосуванні методу;

- застосування розробленого методу для дослідження неоднорідних об'єктів із відомим розподілом компонент тензора ϵ_{ij} та оцінку отриманих при цьому експериментальних результатів.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в оригінальності запропонованого підходу до розв'язання задачі ОКТ анізотропних середовищ. У дисертації вперше:

- розроблено поляризаційно-оптичний метод, який дозволяє визначати компоненти нормованої матриці Джонса об'єкта при роботі як з однопроменевою, так і з багатопроменевою схемами дослідження;

- отримано в коваріантній формі рівняння прямої задачі ОКТ тензора $\hat{\epsilon}$ для слабоанізотропних неоднорідних середовищ із врахуванням експериментальних можливостей поляризаційно-оптичних методів;

- запропоновано узгоджений з експериментальним методом спосіб розв'язання оберненої задачі ОКТ тензора $\hat{\epsilon}$, який ґрунтується на використанні моделі початкової дискретизації та формалізму матриць Джонса.

Основні положення, що виносяться на захист:

1. Рівняння прямої задачі оптичної томографії тензора $\hat{\epsilon}$, отримані в коваріантній формі при використанні методу квазіізотропного наближення геометричної оптики, що дозволило послідовно врахувати слабку анізотропію середовища та існування невизначеності у виборі системи координат в задачі томографії тензорного поля.

2. Поляризаційно-оптичний метод, придатний для визначення компонент нормованої матриці Джонса в одно- та

багатопроменовому режимі функціонування, який може бути використаний в якості експериментального методу в оптичній томографії анізотропних середовищ.

3. Використання моделі початкової дискретизації та формалізму матриць Джонса для розв'язання оберненої задачі оптичної томографії тензора $\hat{\epsilon}$ та розробка на основі запропонованого підходу процедури відшукування розв'язку оберненої задачі, яка узгоджується із експериментальними можливостями поляриметричних методів.

4. Співвідношення, які дозволяють експериментально-розрахунковим шляхом при використанні розробленого поляриметричного методу та алгебраїчних алгоритмів відновлення визначити розподіл п'яти із шести невідомих компонент тензора ϵ_{ij} в слабоанізотропному неоднорідному середовищі.

Апробація роботи. Основні результати дисертації доповідалися і обговорювалися на 10-тій Міжнародній конференції з експериментальної механіки (Лісабон, 1994), Міжнародній конференції з оптичної діагностики матеріалів і пристроїв для опто-, мікро- та квантової електроніки (Київ, 1995), Міжнародній науковій конференції, присвяченій 150-річчю від дня народження І. Пулюя (Львів, 1995), Міжнародній конференції "Прогрес в аналізі довговічності композитних систем" (Брюссель, 1995), Міжнародній конференції по використанню чисельних методів в освіті, практиці та інженерній галузі на базі малих комп'ютерів (Макао, 1995), Міжнародному симпозіумі з передових технологій в експериментальній механіці (Токіо, 1995).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 12 робіт, та отримано авторське свідоцтво на винахід.

Особисто автором запропоновано використовувати квазіізотропне наближення геометричної оптики для виведення рівнянь прямої задачі ОКТ тензора $\hat{\epsilon}$ та записані рівняння переносу квазіізотропного наближення геометричної оптики в коваріантній формі, розроблено процедуру розв'язання оберненої задачі та отримані співвідношення, які пов'язують невідомі компоненти тензора $\hat{\chi}$ із експериментальним набором даних. У співавторстві із завідувачем лабораторії поляриметрії Інституту фізичної оптики Міністерства освіти України Бережним І.В. розроблено поляризаційно-оптичний метод. Програмне забезпечення процедури проведення вимірювань та обчислення компонент нормованої матриці Джонса було створено при допомозі інженера лабораторії поляриметрії Інституту фізичної оптики Крупича О.М. Положення, що виносяться на захист, та висновки дисертаційної роботи належать автору.

Структура та об'єм дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та додатку. Список літератури, що цитується, нараховує 192 найменування. Загальний об'єм дисертації становить 125 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.

У вступі обгрунтовано актуальність проблеми, вказано мету, висвітлено наукову новизну і практичну цінність виконаної роботи та представлені положення, які виносяться на захист. Також викладено короткий зміст дисертації по розділах.

Перший розділ має оглядовий характер. У ньому проведено аналіз сучасного стану розвитку оптичної томографії, зокрема, того 11 розділу, який пов'язаний із оптичною

діагностикою внутрішньої структури. Розглянуто існуючі на сьогодні методи відновлення просторового розподілу скалярних (показник заломлення, коефіцієнт екстинкції, коефіцієнт об'ємної емісії) та тензорних (тензори $\hat{\epsilon}$ та $\hat{\sigma}$) величин за результатами багаторакурсного зондування об'єктів. Викладено основи загальної математичної теорії тензорної оптичної томографії.

При переході від скалярних до тензорних полів задача реконструкції суттєво ускладнюється, оскільки значно зростає кількість невідомих параметрів. Крім того, вплив точки поля на зондуюче випромінювання залежить від напрямку поширення. Складність оптичних явищ, які виникають при просвічуванні неоднорідних анізотропних середовищ, є причиною того, що розробка проблеми ОКТ тензорних полів ще далека до завершення.

Особливу увагу в першому розділі присвячено розгляду експериментальних методів, які використовуються в ОКТ тензорів $\hat{\epsilon}$ та $\hat{\sigma}$. Показано, що використання методу інтегральної фотопружності в якості методу збору і накопичення експериментальної інформації є ефективним для розв'язання задачі оптичної томографії тензора напружень $\hat{\sigma}$ в рамках моделі пружного середовища (Х.Абен, А.Пуро, Ю.Іозепсон, К.Келл, С.Іднурм). Питання про можливість використання даного методу в ОКТ тензора $\hat{\epsilon}$ (М.Дубовіков) на сьогодні залишається невирішеним. Проблематичною також є можливість використання для цілей ОКТ тензора $\hat{\epsilon}$ методу розсіяного світла із неполяризованим падаючим пучком (Х.Кубо, Р.Нагата, Т.Кіхара).

Завершує розділ розгляд аналітичних співвідношень, які описують напружений стан в модельному об'єкті, яким є

скляний диск, стиснутий по діаметру.

Другий розділ присвячений аналізу задачі оптичної томографії тензора ϵ_{ij} стосовно слабоанізотропних слабонеоднорідних стаціонарних немагнітних середовищ без просторової дисперсії. Спочатку розглянуто пряму задачу поширення оптичного випромінювання у вказаних середовищах. З допомогою методу квазіізотропного наближення геометричної оптики Ю.А. Кравцова та коваріантного підходу, який стосовно до задач геометричної оптики та акустики розвиває Л.М. Барковський, отримано рівняння ейконалу та рівняння переносу в коваріантній формі:

$$\det |e_{ikm} e_{mnj} \frac{\partial \varphi}{\partial x_n} \frac{\partial \varphi}{\partial x_k} - \epsilon_{ij}| = 0, \quad (1)$$

$$e_{ikm} e_{mnj} \left[\frac{\partial A_j^{(s)}}{\partial x_n} \frac{\partial \varphi}{\partial x_k} + \frac{\partial A_j^{(s)}}{\partial x_k} \frac{\partial \varphi}{\partial x_n} + A_j^{(s)} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x_k \partial x_n} + \frac{\partial^2 A_j^{(s-1)}}{\partial x_k \partial x_n} \right] + \epsilon_{ij} A_j^{(s)} = 0, \quad (2)$$

де $s=0,1,2,\dots$ - порядок наближення, $A_j^{(s)}=0$ при $s<0$, $A(\vec{r})$ - амплітуда, $\varphi(\vec{r})=k_0\varphi(\vec{r})$ - фаза хвилі. Тензор діелектричної проникливості ϵ_{ij} при цьому було представлено у вигляді:

$$\epsilon_{\alpha\beta} = \epsilon \delta_{\alpha\beta} + \chi_{\alpha\beta},$$

де $\epsilon = \frac{1}{3} \text{Sp } \epsilon_{\alpha\beta}$, $\delta_{\alpha\beta}$ - символ Кронекера. Згідно до методу квазіізотропного наближення геометричної оптики, який

найбільш послідовно описує поширення світла в слабоанізотропних середовищах, тензору анізотропії χ_{ij} формально було приписано перший порядок малості відносно $1/k_0$.

$$\hat{\chi} = \hat{\xi}/k_0$$

Такий підхід до виведення рівнянь прямої задачі дозволив послідовно врахувати малість індукованої оптичної анізотропії та існування невизначеності у виборі системи координат, яке властиве задачі томографії тензорного поля.

Друга частина даного розділу містить розгляд оберненої задачі реконструкції для рівнянь переносу нульового наближення, записаних в системі координат $\vec{r}(\vec{1}, \vec{p}, \vec{b})$ при умові, що промінь поширюється прямолінійно вздовж \vec{l} :

$$\begin{cases} \frac{dA_p^0}{dx_1} = C [\chi_{pp} A_p^0 + \chi_{pb} A_b^0], \\ \frac{dA_b^0}{dx_1} = C [\chi_{bp} A_p^0 + \chi_{bb} A_b^0], \end{cases} \quad (3)$$

де $C = \frac{k_0}{2(\epsilon)^{1/2}}$, $\chi_{pp} = (\vec{p} \hat{\chi} \vec{p})$, $\chi_{pb} = (\vec{p} \hat{\chi} \vec{b})$,

$\chi_{bb} = (\vec{b} \hat{\chi} \vec{b})$ - компоненти "поперечного" тензора $\hat{\chi}$.

Для відшукування невідомого розподілу компонент тензора анізотропії χ_{pb} було запропоновано використати модель початкової дискретизації задачі реконструкції та техніку матриць Джонса (МД). Використання даної моделі передбачає (Я.Ценсор, Х.Кубо), що середовище розбивається на N ідентичних кубічних комірок, в межах кожної з яких середовище вважається однорідним і описується постійним

тензором χ_{pb}^j . З іншого боку, поширення k -го променя через j -ту комірку описується елементарною МД t^{jk} . Загальна МД T^k дорівнює добутку N_k елементарних МД t^{jk} . Для того, щоб встановити зв'язок між компонентами елементарної МД t^{jk} і компонентами тензора χ_{pb}^{jk} , було розв'язано задачу Коші для рівнянь (3), записаних для j -ї комірки (система (3) в межах комірки переходить в систему рівнянь з постійними коефіцієнтами). В результаті були отримані співвідношення, які пов'язують t^{jk} із компонентами χ_{pb}^{jk} .

Далі було показано, як на основі отриманих формул при використанні розробленого в дисертаційній роботі поляризаційно-оптичного методу визначення компонент нормованої МД можна відновити розподіл 5-ти із 6-ти невідомих компонент тензора $\hat{\chi}$ (максимально можливий в поляриметрії рівень інформативності). Якщо елементарна МД t нормована на компоненту t_{pp} , то згідно до отриманого роз'язку задачі Коші, її компоненти запишуться у вигляді:

$$t_{pb}^n = \frac{t_{pb}}{t_{pp}} = \frac{1 - \exp(C\Delta\sigma)}{v_2 - v_1 \exp(C\Delta\sigma)}; \quad (4)$$

$$t_{bb}^n = \frac{t_{bb}}{t_{pp}} = \frac{v_2 \exp(C\Delta\sigma) - v_1}{v_2 - v_1 \exp(C\Delta\sigma)};$$

де v_1 , v_2 , Δ виражаються через $(\chi_{pp} - \chi_{bb})$ та χ_{pb} , σ - довжина шляху променя в комірці. Оскільки тензор $\hat{\chi}$ є симетричним, його можна діагоналізувати, і у власній системі координат представити у вигляді матриці з трьома ненульовими компонентами χ_{11}^o , χ_{pp}^o , χ_{bb}^o (індекс "o" відповідає власній системі координат). Тоді кожна комірка буде описуватись трьома невідомими компонентами тензора $\hat{\chi}$ та трьома кутами φ^o , θ^o , ψ^o , які задають орієнтацію власної системи координат

$s^{\circ}(\vec{p}, \vec{b}, \vec{l})$ відносно деякої нерухомої системи координат $s(\vec{p}, \vec{b}, \vec{l})$. Нехай промінь поширюється через j -ту комірку в напрямку осі \vec{l}_1 нерухомої лабораторної системи координат $s_1(\vec{l}_1, \vec{p}_1, \vec{b}_1)$. Якщо $(\chi_{pp}^{j1} - \chi_{bb}^{j1})$ та χ_{pb}^{j1} в (4) виразити через власні компоненти та відповідні кути, отримуємо два рівняння, в які входять шість вказаних невідомих $(\chi_{11}^{\circ}, \chi_{pp}^{\circ}, \chi_{bb}^{\circ}, \varphi^{\circ}, \theta^{\circ}, \psi^{\circ})$. Для того, щоб на основі співвідношень (4) отримати замкнуту систему рівнянь, здійснюється зондування об'єкта ще двома пучками променів, які пройдуть через вибрану комірку в напрямках \vec{l}_2 та \vec{l}_3 , відомим чином орієнтованих в системі s_1 (кути $\delta\varphi_1, \delta\theta_1, \delta\psi_1, i=2,3$). При цьому проводяться аналогічні процедури і $(\chi_{pp}^{j2} - \chi_{bb}^{j2}), \chi_{pb}^{j2}$ та $(\chi_{pp}^{j3} - \chi_{bb}^{j3}), \chi_{pb}^{j3}$ в (4) виражаються через $(\chi_{pp}^{j0} - \chi_{11}^{j0}), (\chi_{bb}^{j0} - \chi_{11}^{j0}), \varphi^{j0}, \theta^{j0}, \psi^{j0}$ та $\delta\varphi_1, \delta\theta_1, \delta\psi_1$. Розв'язавши записану таким чином систему рівнянь, коефіцієнти якої можуть бути визначені експериментально-розрахунковим шляхом, отримуємо значення власних компонент тензора $\hat{\chi}$ j -тої комірки із точністю до однієї з них, та орієнтацію власної системи координат даної комірки у вибраній нерухомій системі координат, тобто, визначимо 5 із 6-ти існуючих невідомих.

Кількість вимірювань, які необхідно провести для відновлення розподілу компонент χ залежить від кількості комірок N , розміри яких визначаються характерними масштабами неоднорідностей.

В третьому розділі описано розроблений в дисертаційній роботі поляризаційно-оптичний метод визначення компонент НМД, придатний для використання як в одно-, так і в багатопроменевій схемі досліджень, який може бути використаний в якості експериментального методу в задачі ОКТ тензора ϵ_{1j} .

Даний метод функціонує на базі поляриметра із схемою PCSA та нульового принципу реєстрації. Принцип роботи методу полягає в наступному. На об'єкт посилають світло із заданою еліптичністю K_m . На виході оптичної системи шляхом послідовних поворотів Р, С і А (Р і С повертаються синхронно) відшукується глобальний мінімум інтенсивності світла, що падає на фотодетектор. В момент реєстрації вказаного мінімуму фіксується кут $\delta_m = c_m^{\min} - a_m^{\min}$, який визначається різницею показів синхронізованих лімбів С і А. Вказана процедура проводиться для трьох різних еліптичностей K_m при тому самому напрямку поширення світла. При $m=2,3$ фіксується також кут $dc_m = c_m^{\min} - c_1^{\min}$ ($dc_1=0$). На основі отриманого набору K_m, δ_m, dc_m ($m=1,2,3$) можна записати систему рівнянь для визначення невідомих компонент НМД T_{ij} .

Для того, щоб отримати вказану систему рівнянь, було розглянуто необхідну умову існування екстремуму інтенсивності І сигналу на вході фотодетектора при заданій еліптичності K_m падаючого світла (фіксований кут (р-с)):

$$\left. \frac{\partial I_D}{\partial a} \right|_{c, (p-c)} = K^2 [E_{AO}^t \frac{\partial E_{AO}^t}{\partial c} + \text{к.с.}] = 0, \quad (5)$$

$$\left. \frac{\partial I_D}{\partial c} \right|_{a, (p-c)} = K^2 [E_{AO}^t \frac{\partial E_{AO}^t}{\partial a} + \text{к.с.}] = 0,$$

K - дійсний коефіцієнт, що визначається параметрами фотодетектора, E_{AO}^t - компонента вектора електричного поля світлової хвилі на виході аналізатора, яка паралельна до його осі пропускання, к.с. - комплексно спряжені величини. Після підстановки в (5) виразу для E_{AO}^t , записаного із

використанням техніки МД, а також вибору величини c_1 , було отримано систему шести нелінійних алгебраїчних рівнянь для визначення компонент НМД:

$$\left\{ \begin{aligned} & M_1^{(m)} \operatorname{tg}^4(c_1 + dc_m) + M_2^{(m)} \operatorname{tg}^3(c_1 + dc_m) + M_3^{(m)} \operatorname{tg}^2(c_1 + dc_m) + \\ & \quad + M_4^{(m)} \operatorname{tg}(c_1 + dc_m) + M_5^{(m)} = 0, \\ & N_1^{(m)} \operatorname{tg}^4(c_1 + dc_m) + N_2^{(m)} \operatorname{tg}^3(c_1 + dc_m) + N_3^{(m)} \operatorname{tg}^2(c_1 + dc_m) + \\ & \quad + N_4^{(m)} \operatorname{tg}(c_1 + dc_m) + N_5^{(m)} = 0, \quad m=1,2,3. \end{aligned} \right. \quad (6)$$

де $M_i^{(m)}$ та $N_i^{(m)}$ є аналітичними функціями компонент T_{ij} .

Отримана система рівнянь із врахуванням виразів для $M_i^{(m)}$ та $N_i^{(m)}$ ($i=1,5$; $m=1,3$) дозволяє розрахувати компоненти T_{jk} НМД об'єкта в системі координат, яка визначена вибором кута c_1 . Це може бути положення першого екстремуму випромінювання на виході аналізатора при $K_m=0$.

На завершення третього розділу було показано, як запропонований метод може бути використаний в кристалооптиці для визначення параметрів оптичної анізотропії.

В четвертому розділі представлені результати модельних експериментів, які були проведені з метов перевірки придатності запропонованого підходу для розв'язання задачі ОКТ тензора ε_{ij} . Ідея проведених експериментів полягала в наступному. Для різних напрямків просвічування при допомозі розробленого поляризаційно-оптичного методу визначались загальні НМД. Після цього для кожного із вибраних напрямків розраховувались НМД як добуток елементарних НМД. Останні розраховувались на базі аналітичних співвідношень, які

описують відомий стан анізотропії, що індукувався в скляному диску шляхом його діаметрального стискання.

При проведенні експериментів змінювався напрямок зондування. Було показано, що результати розрахунку компонент НМД, проведені із використанням отриманих експериментальних даних, в межах забезпеченої точності корелюють із результатами розрахунків, виконаних на основі відомого, індукованого стисканням, розподілу компонент тензора $\hat{\chi}$. В кінці розділу описується спосіб вибору системи координат в задачі ОКТ тензора $\hat{\epsilon}$, запропонований на основі проведення вказаних модельних експериментів. Даний спосіб полягає в тому, що розрахунок компонент НМД для вибраного напрямку просвічування здійснюється в системі координат, осі якої співпадають із осями еліпса власного поляризаційного стану для заданого напрямку. Така система координат є фізично обумовленою і піддається відтворенню в експерименті.

В додатку описано розрахункові особливості реалізації розробленого поляризаційно-оптичного методу визначення компонент нормованої матриці Джонса. Наведено алгоритм проведення обчислень.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ.

1. Запропоновано використовувати метод квазіізотропного наближення геометричної оптики для виведення рівнянь прямої задачі ОКТ тензора $\hat{\epsilon}$ у випадку слабонеоднорідних слабоанізотропних середовищ. Вперше отримано рівняння переносу квазіізотропного наближення геометричної оптики в коваріантній формі.

2. Розроблено інваріантний поляризаційно-оптичний метод, придатний для використання в ОКТ тензора $\hat{\epsilon}$. Метод дозволяє

для кожного напрямку просвічування в одно- та багатопробеневій схемі дослідження визначати компоненти нормованої матриці Джонса.

3. Розроблено процедуру розв'язання оберненої задачі ОКТ тензора $\hat{\epsilon}$, яка базується на використанні моделі початкової дискретизації оберненої задачі та формалізму матриць Джонса. Записано співвідношення, які пов'язують невідомі компоненти тензора $\hat{\epsilon}$ із експериментально отримуваними величинами.

4. Встановлено, що використання розробленого поляризаційно-оптичного методу в ОКТ тензора $\hat{\epsilon}$ дозволяє досягнути максимально можливого при поляриметричних вимірюваннях рівня інформативності, тобто, експериментально-розрахунковим шляхом визначити розподіл п'яти з шести невідомих компонент тензора $\hat{\epsilon}$.

5. Проведено модельні експерименти, які підтвердили можливість використання розробленого поляризаційно-оптичного методу в ОКТ тензора $\hat{\epsilon}$.

6. Відновлення невідомих компонент тензора $\hat{\epsilon}$ запропоновано проводити в системах координат, пов'язаних із еліпсами поляризації власних поляризаційних станів.

7. Показано, що розроблений поляризаційно-оптичний метод визначення компонент НМД може бути використаний в кристалооптиці, зокрема, проведено визначення параметрів анізотропії кристалічної пластинки кварцу. Отримані дані добре узгоджуються із відомими в літературі.

Основні матеріали дисертації опубліковані в роботах:

1. Бережная С.Ю., Березной И.В. Восстановление матрицы Джонса объекта с помощью PCSA-поляриметра // Оптика и спектроско-

17
шия.- 1991.- Т.70, вып.5.- С.1107-1111.

2. Бережная С.Ю., Бережной И.В. Восстановление матрицы Джонса объекта с помощью PCSA-поляриметра. II. Обратная задача // Оптика и спектроскопия.- 1991.- Т.70, вып.6.- С.1333-1336.
3. Бережная С.Ю., Бережной И.В. Определение матрицы показателей преломления поляризационно-оптическим методом // Оптика и спектроскопия.- 1992.- Т.72, вып.3.- С.652-655.
4. Бережная С.Ю., Бережной И.В., Влох О.Г. Оптическая томография слабоанизотропных неоднородных объектов // Оптика и спектроскопия.- 1993 - Т.75, вып.5.- С.1061-1064.
5. Бережная С.Ю. Тензорные оптические уравнения теории интегральной фотоупругости // Оптика и спектроскопия. -1992.- Т.73, в.1.- С.142-144.
6. Berezhna S.Yu., Berezhnyi I.V., Krupych O.M. Vlokh O.G. Some peculiarities of dielectric tensor field optical tomography technique // Proceed. of SPIE.- 1995.- V.26-48.- P.
7. Berezhna S.Yu., Berezhnyi I.V., Vlokh O.G. Optical tomography of anisotropic inhomogeneous medium / Recent Advances in Experm. Mechanics. Proceedings of the 10-th Int. Conf. on Exp. Mechanics. Lisbon, Portugal, 18-22 July, 1994./ Rotterdam /Brookfield: A.A.Balkema 1994.- Vol.1, P.431-437.
8. Berezhna S.Yu., Berezhnyi I.V., Krupych O.M. Vlokh O.G. To the Problem of Simulation in Optical Computer Tomography / Proceed. of Intern. Conf on Education, Practice and Promotion of Comput. Methods in Engineering Using Small Computers. Macao, 1-4 August, 1995. Seul: Techno-Press.- 1995.- Vol.2, P.1571-1576.
9. Berezhna S.Yu., Berezhnyi I.V., O.M.Krupych, O.G.Vlokh, O.G. Stefaniy
АН України

Polarimetry Technique in Optical Computerized Tomography /
 Proceed. of International Symposium on "Advanced Techno-
 logy in Experimental Mechanics". 9-10 November, 1995,
 Tokyo, Japan.- Tokyo 1995.- P.89-94.

10. Бережной И.В., Бережная (Трач) С.Ю. Способ определения поляризационно-оптических свойств недеполяризующих сред. Авт. свид. СССР, N 1702767, 1991.
11. Бережна С.Ю., Бережний І.В., Влох О.Г. Поляризаційно-оптичний підхід в оптичній томографії тензорного поля / Міжнародна наукова конференція, присвячена 150-річчю від дня народження І.Пулюя.- Львів, 23-26 травня, 1995.- Тези доповідей. Львів.- 1995.-- С.234-235.
12. Berezhna S.Yu., Berezhnyi I.V., Vlokh O.G. Diagnostics by an optical tomography method based on polarimetry technique / International Conference on "Optical Diagnostics of Materials and Devices for Opto-, Micro- and Quantum Electronics". 11-13 May 1995, Kiev, Ukraine. Abstracts book. Kiev, 1995.- P.171.
13. Berezhna S.Yu., Berezhnyi I.V., O.M.Krupych, Vlokh O.G. Determination of the optical anisotropy parameters in transparent composite systems / In Abstracts of International Conference on Progress in Durability of Composite Systems.- Brussels, July 16-21, 1995.- A66.

Steph

Berezhna S.Yu. Application of polarimetry technique in optical tomography of anisotropic media.

Thesis applied for Ph.D. in Physics and Mathematics on spe-

ctality 01.04.05-Optics and Laser Physics. Institute of Physical Optics, Ministry of Education of Ukraine, Lviv, 1996

Presents major results of 13 papers concerned with a problem of dielectric tensor field optical computerized tomography. Emphasis is placed on originally invented polarimetry technique of normalized Jones matrices determination, appropriate for utilization in tensor field optical tomography. For solution of reconstruction problem Jones matrices calculus and cell model are suggested to be used.

Бережная С.Ю. Использование поляриметрии в оптической томографии анизотропных сред.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 - оптика, лазерная физика. Институт физической оптики, Министерство образования Украины, Львов, 1996.

Защищается 13 научных работ, содержащих результаты исследований в области оптической компьютерной томографии тензора диэлектрической проницаемости $\hat{\epsilon}$. В качестве метода сбора и накопления экспериментальных данных в задаче томографии тензора $\hat{\epsilon}$ предложено использовать разработанный автором поляризационно-оптический метод определения нормированной матрицы Джонса, приспособленный к многолучевому режиму работы. Решение обратной задачи реконструкции распределения компонент тензора $\hat{\epsilon}$ произведено с использованием техники матриц Джонса и модели начальной дискретизации.

Ключові слова: оптична томографія, тензор діелектричної проникливості, поляриметричний метод, матриця Джонса.

AB 33.819

Формат 60×84/16. Друк офсетний. Папір офсетний. Умовн. друк. арк. 0,94.
Умовн. фарбо-відб. 1,18. Обл.-вид. арк. 1,09. Тираж 100 прим. Зам. 3004.

Львівська обласна книжкова друкарня
290000 м. Львів, вул. Стефаника, 11.