

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. І. І. МЕЧНИКОВА

На правах рукопису

ГЕВЕЛЮК СЕРГІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ

ВИЗНАЧЕННЯ ФОТОСТИМУЛЬОВАНИХ ЗМІН КОМПЛЕКСНОЇ
ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ АМОРФНИХ ТА
КРИСТАЛІЧНИХ ТВЕРДИХ ТІЛ

01.04.07 - Фізика твердого тіла

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата Фізико-математичних наук

ОДЕСА - 1994

Дисертація є рукописом

Роботу виконано у НДІФ та на кафедрі фізики твердого тіла та твердотільної електроніки Одеського державного університету ім. І.І.Мечникова

Науковий керівник: кандидат фізико-математичних наук,
Александр-Попов Андрій Вадимович

Офіційні опоненти: член-кореспондент АН України,
доктор фізико-математичних наук
Соскін Марат Самойлович

кандидат фізико-математичних наук,
доцент Мак Василь Тимофійович.


Провідна установа: СКТБ "Елемент", м. Одеса.

Захист дисертації відбудеться "24" листопада 1994 р.
о "15" годині на засіданні спеціалізованої вченої ради
К068.24.11 по фізико-математичним наукам (Фізика)
в Одеському державному університеті (270057, Одеса,
Пастера 27, Велика хімічна аудиторія)

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці
Одеського державного університету ім. І.І. Мечникова
(вул. Преображенська 24).

Автореферат розіслано "24" листопада 1994р.

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

 О.В.Затовський

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00756501 (0)

Актуальність теми.

В сучасний період у різних галузях науки і техніки знаходять застосування оптикоелектронні пристрої й прилади. Особливо перспективним уявляється їхнє використання із метою збереження й обробки інформації. Але більш поширене використання зазначених пристроїв гальмується у зв'язку із відсутністю матеріалів, які б цілком відповідали вимогам, що до них висуваються. Для розробки нових та вдосконалення існуючих матеріалів необхідні надійні й нескладні методи визначення змін, що відбуваються у аморфних та кристалічних середовищах під дією світла. Слід відзначити, що визначення фотостимульованих змін комплексної діелектричної проникності (комплексного показника заломлення) важливе не лише під час дослідження матеріалів, що їх призначено суть для оптичного запису інформації, але й уявляє собою потужний метод дослідження властивостей напівпровідникових та діелектричних матеріалів, що їх використовують у електроніці. Таким чином, розробка нових та вдосконалення існуючих методів визначення фотостимульованих змін комплексної діелектричної проникності аморфних та кристалічних твердих тіл уявляється досить актуальною.

Стан питання.

На час поставлення проблеми у літературі існували відомості про кілька методів визначення фотостимульованих змін комплексного показника заломлення, як розроблених у межах класичної оптики, так і голографічних. Але усі вони мали деякі недоліки. Найбільш це торкається методів дослідження дисперсії дійсної частини показника заломлення (визначення уявної частини із задовільною точністю може бути досягнуто спектрофотометричними методами). Найперспективніми слід вважати методи голографічної дифрактометрії, бо вони дозволяють визначати безпосередню зміну показника заломлення замість окремих значень показника заломлення до й після впливу світла із подальшим знаходженням малої різниці великих значень. Разом із цим існувало кілька невирішених питань, зокрема було відсутнє пильне вивчення впливу одночасної модуляції дійсної та уявної частин показника заломлення на ефект Бормана, що заважало знайденню середнього коефіцієнту поглинання зразка й вело до суттєвих похибок у визначенні змін показника заломлення. Не було вивчене питання про вплив зсуву між дійсною (фазовою) та уявною

(амплітудною) компонентами голограми на її дифракційну ефективність та кутову селективність, що робило неможливим застосування існуючих методів для дослідження електрооптичних кристалів. Були також відсутні дифрактометричні методи дослідження тонких плівок, які б дозволяли визначати зміни товщини й показника заломлення без притягнення громіздкого та дорогого голографічного обладнання.

Мета праці складалася з детального теоретичного й експериментального дослідження особливостей дифракції світла у випадку одночасної модуляції дійсної та уявної частин комплексного показника заломлення; з розробки нескладних і надійних дифрактометричних методів визначення фотостимульованих змін комплексного показника заломлення аморфних та кристалічних твердих тіл у широкій спектральній смузі, таких, що могли б застосовуватися для дослідження як тонкоплівок, так і масивних зразків; застосування цих методів для дослідження матеріалів, що їх використовують у оптиці й оптоелектроніці (біхромованої желатини, халькогенідних склоподібних напівпровідників і таке інше).

Метод та предмет дослідження. Теоретичний розгляд властивостей тонкошарових амплітудно-фазових голограм проводився у наближенні скалярної теорії дифракції Френеля-Кірхгофа, розгляд властивостей об'ємних голограм - у межах теорії пов'язаних хвиль Когельника; із метою експериментального визначення фотостимульованих змін комплексного показника заломлення використовувалися спектрофотометричні методи й різні (як ті, що існували раніше, так і ті, що розроблено нами) методи голографічної дифрактометрії. Предметом дослідження були серійні фотоплівки ПЕ-2, фотоплівки ФПГ-В, біхромована желатина й плівки As_2S_3 .

Головні положення, що їх винесено на захист.

1. Для об'ємних голограм пропускання одночасна наявність модуляції уявної та дійсної частин комплексного показника заломлення веде до якісної зміни ефекта Боррмана: крізь кутрової залежності інтенсивності світла, що пройшло, стають асиметричними, для деяких значень кутів дифракційне просвітлення змінюється дифракційним зтёмненням, значно розширюється діапазон кутрових відхилень, у якому дифракція суттєво впливає на інтенсивність світла, що пройшло.

2. Наявність фазового зсуву між амплітудною та фазовою

компонентами голограми веде до якісної зміни кривих кутової залежності інтенсивності пучків, що пройшов і що дифрагувався, до відміни у дифракційних ефективностях голограми під час зчитування підтримуючим або сигнальним пучком (суто до повного подавлення дифракції) й до зміни характеру енергообміну між пучками у випадку динамічного запису.

Наукова новизна і практична цінність.

Вперше ґрунтовно досліджено вплив одочасної наявності модуляції дійсної та уявної частин комплексного показника заломлення на форму кривих кутової селективності пучка, що пройшов.

Розроблено метод визначення середнього пропускання (немодульованої уявної частини показника заломлення) й коефіцієнтів модуляції дійсної та уявної частин комплексного показника заломлення для тримірних голограм пропускання.

Досліджено вплив структури проявленого срібла на спектральні характеристики голограм на не відбілених фотографічних платівках. Продемонстровано, що, беручи до уваги функцію розподілення частинок срібла за розмірами, спектральні залежності дійсної та уявної частин комплексного показника заломлення, що їх спостерігають експериментально, можуть трактуватися у межах єдиного механізму: дисперсійної рефракції, що пов'язана зі смугою поглинання колоїдних частинок срібла.

Вперше ґрунтовно досліджено вплив зсуву між амплітудною й фазовою компонентами об'ємної голограми пропускання на її дифракційну ефективність та кутову селективність.

Розроблено метод визначення фотостимульованих змін комплексного показника заломлення під час запису об'ємної голограми пропускання, що дозволяє знаходити зсув голограми відносно інтерференційної картини, що записується, а також зсув між амплітудною і фазовою компонентами запису.

Розроблено метод визначення фотостимульованих змін комплексного показника заломлення тонких плівок, що базується на освітленні плівки періодичною картиною із синусоїдальним або прямокутним профілем.

Досліджено фотостимульовані зміни комплексного показника заломлення й товщини плівок As_2S_3 . Продемонстровано, що зміна уявної частини показника заломлення, що її спостерігають і що пов'язана зі зсувом мети поглинання недостатня для трактування змін дійсної частини показника заломлення, що спостерігаються. Це

вказує на існування додаткового механізму запису, такого, що пов'язане із ним смуга поглинання знаходиться у ультрафіолетовій частині спектру.

Розроблено оригінальні пристрої для вимірювання куткових переміщень та лінійних розмірів на базі голограмних оптичних елементів, що відрізняються підвищеною точністю.

Одержані результати використовуються у ДОІ ім. С.І. Вавілова, НДІФ ОДУ та НДЛ-11 ОДУ підчас дослідження й розробки перспективних матеріалів для запису оптичної інформації.

Матеріали дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на:

1. IV (Єреван, 1982) та V (Рига, 1985) Загальносоюзних конференціях з голографії.
2. XVIII (Чорноголовка, 1987), XIX (Гродно, 1988), XX (Чернівці, 1989) та XXI (Переславль-Залеський, 1990) Загальносоюзних школах з голографії та когерентної оптики.

Публікації. Головні результати дисертації викладено у чотирнадцятих роботах, які приведені наприкінці автореферату.

Структура та об'єм роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та списку цитованої літератури, що має 107 назв. Загальний об'єм складає 135 сторінок, з 33 малюнками.

Зміст праці.

У вступі обгрунтовано актуальність теми та коротко сформульовано мету дослідження.

У першому розділі наведено огляд літератури з проблем, що розглядаються у праці. Розглянуто головні традиційні методи визначення комплексного показника заломлення, позначено недоліки й обмеження, що власні для зазначених методів. Обгрунтовано переваги методу голографічної дифрактометрії підчас визначення фотостимульованих змін комплексного показника заломлення, що дозволяє працювати не з малою різницею двох великих величин, а безпосередньо реєструвати зміни дійсної та уявної частини комплексного показника заломлення. Наводиться короткий огляд наближених теорій дифракції, що ілюструє можливість застосування того або іншого наближення підчас розв'язання конкретних завдань.

Обґрунтовано необхідність вдосконалення існуючих та розробки нових методів голографічної дифрактометрії.

У другому розділі розглянуто самосутні дифрактометричні методи визначення фотостимульованих змін комплексного показника заломлення тонких плівок. Зазначені методи базуються на створенні у матеріалі, що досліджується, періодичного розподілення показника заломлення, тобто на записуванні діелектричної ґратки із подальшим вимірюванням інтенсивностей дифракційних порядків під час освітлювання її монохроматичним світлом. Перший метод – голографічний. Він базується на запису у плівці, що досліджується, інтерференційної картини із синусоїдальним розподіленням інтенсивності, що утворюється інтерференцією двох плоских хвиль. Тоді, вважаючи експозиційні залежності лінійними, одержуємо діелектричну ґратку із синусоїдальним профілем риски:

$$n = n_0 + n_1 \cos Kx; \quad m = m_0 + m_1 \cos Kx; \quad T = T_0 + T_1 \cos Kx; \quad (1)$$

де $K = 2\pi/d$, d – період ґратки. Якщо товщина шару $T \ll d$, то комплексне проходження $\tau(x)$ має вигляд:

$$\tau(x) = \exp(-a_0) \times \exp[i(f_1 + ia_1) \cos Kx] \quad (2)$$

де

$$a_0 = \frac{\sum n_0 T_0}{\lambda \cos \theta}; \quad a_1 = \frac{2\pi(n_1 T_0 + m_1 T_1)}{\lambda \cos \theta}; \quad f_1 = \frac{2\pi}{\lambda} [n_1 T_0 + (n_0 - n_1) T_1]; \quad (3)$$

Розкладаючи вираз (2) у ряд Фур'є одержуємо такі вирази для дифракційних ефективностей:

$$\eta_l = \exp(-2a_0) |J_l(f_1 + ia_1)|^2, \quad l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (4)$$

Середнє проходження $P = \exp(-2a_0)$ може бути визначено з незалежного експерименту (наприклад, з проходження рівномірно експонованої ділянки зразка). Використовуючи властивості функцій Бесселя, одержуємо

$$\frac{1}{P} \prod_{l=-\infty}^{\infty} \eta_l = I_0(2a_1); \quad \frac{1}{P} \sum_{l=-\infty}^{\infty} (-1)^l \eta_l = J_0(2f_1); \quad (5)$$

Таким чином, вимірюючи інтенсивності нульового, першого та другого порядків дифракції, ми можемо чисельно або графічно визначити a_1 і f_1 . Внеском третього й вищих порядків можна знехтувати. Для визначення m_1 , n_1 і T_1 треба провести вимірювання дифракційних ефективностей у двох середовищах із різними значеннями n_0 . Слід

позначити, що у цьому випадку не йдеться про точний вибір імерсійної рідини із показником заломлення, що наближається до n_0 . Може бути використована будь яка рідина, що не впливає на досліджуємий матеріал.

Другий метод базується на запису у плівці, що досліджується, періодичної ґратки із прямокутним профілем риски (наприклад, контактним копіюванням з растру). Зазначений спосіб має деякі переваги у порівнянні із голографічним: втрачається необхідність у складній установці, лазері, й виникає можливість використання світла із будь-якою потрібною довжиною хвилі. У цьому випадку інтенсивність нульового й дифрагованого пучків задається виразами:

$$\eta_0 = \exp(-2a_0 - a_1) \left[\operatorname{sh}^2 \frac{a_1}{2} + \cos^2 \frac{f_1}{2} \right] \quad (6)$$

$$\eta_1 = \exp(-2a_0 - a_1) \frac{1}{\pi^2} \left[\operatorname{sh}^2 \frac{a_1}{2} + \sin^2 \frac{f_1}{2} \right] \quad (7)$$

Вимірюючи пропускання неекспонзованої ділянки плівки $P_0 = \exp(-2a_0)$ та інтенсивності нульового й першого порядків дифракції, ми можемо здобути середнє поглинання:

$$P = \exp(-2a_0 - a_1) = \sqrt{2P_0(\eta_0 + \frac{\pi^2}{4}\eta_1) - P_0^2} \quad (8)$$

та коефіцієнти амплітудної та фазової модуляції:

$$a_1 = \operatorname{arch} \left(\frac{\eta_0}{P} + \frac{\pi^2 \eta_1}{4P} \right); \quad f_1 = \operatorname{arccos} \left(\frac{\eta_0}{P} - \frac{\pi^2 \eta_1}{4P} \right) \quad (9)$$

З метою визначення n_1, m_1, T_1 треба, як і у вищерозглянутому випадку провести вимірювання у повітрі та імерсійному середовищі. Зазначений метод було застосовано підчас дослідження фотостимульованих змін у плівках аморфних склоподібних напівпровідників (As_2S_3 , що його було напилено на скляну підкладку). Зразки освітлювалися випромінюванням Ar-лазеру крізь растр з $d=20$ мкм. Визначено зміну товщини й спектральні залежності

дійсної та уявної частин показника заломлення. Аналіз здобутих залежностей із допомогою співвідношень Крамерса-Кроніга продемонстрував, що значення $n_1(\lambda)$, що спостерігаються, пов'язані зі ссувом межі поглинання, не можуть цілком трактувати величину модуляції $n_1(\lambda)$. Треба припустити існування бодай ще однієї смуги поглинання, що розташована у ультрафіолеті й забезпечує додатковий внесок у величину $n_1(\lambda)$.

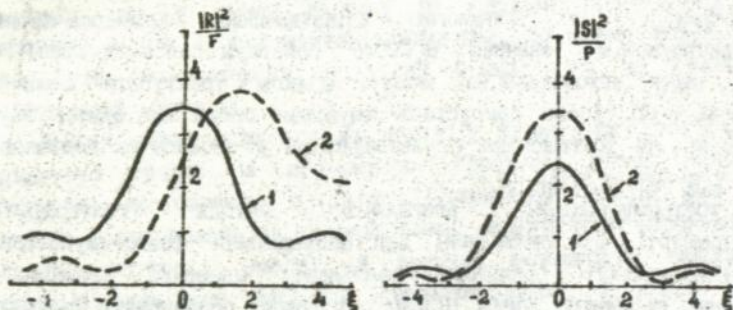
У третьому розділі розглянуто методи голографічної дифрактометрії, що призначені для знаходження фотостимульованих змін комплексного показника заломлення масивних зразків. У наближенні зв'язаних хвиль пильно розглянуто особливості дифракції світла на об'ємній ґратці з одночасною наявністю амплітудної (m_1) та фазової (n_1) модуляцій. Продемонстровано, що це веде істотної зміни ефекту дифракційного просвітлення (ефекту Боррману) у порівнянні із чисто амплітудною ґраткою. Крива кутової селективності для пучка, що проходить, $|R(\xi)|^2$, стає асиметричною відносно кута Бреґга, причому істотні відхилення від середнього пропускання $P = \exp(-2a_0)$ спостерігаються підчас великих відхилень від кута Бреґга, коли інтенсивність дифрагованого пучка $|S(\xi)|^2$ дуже мала. Крім того, одночасна наявність як амплітудної, так і фазової модуляцій може змінювати знак ефекту: дифракційне просвітлення для деяких значень кутового відхилення θ змінюється дифракційним затемненням, тобто інтенсивність світла, що пройшло, стає меншою, ніж підчас відсутності модуляції взагалі (див. мал. 1). Пильні розрахунки з гарною точністю визначають значення середнього пропускання як середнє геометричне значень інтенсивності пучка, що проходить, для великих додатних та від'ємних відхилень ($\xi = \frac{\pi}{d} \theta \gg 1$) від пучка Бреґга θ_0 :

$$P \approx \sqrt{|R(\xi)|^2 |R(-\xi)|^2} \quad (10)$$

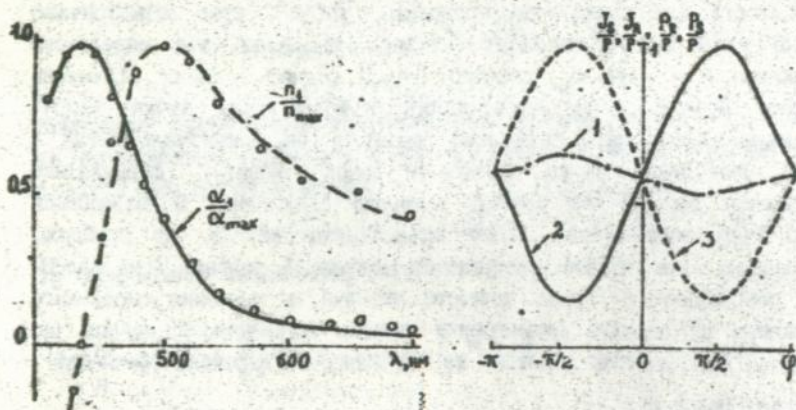
Інтенсивність дифрагованого пучка та пучка, що проходить, для освітлення під кутом Бреґга знаходиться за формулами

$$|S_0|^2 = P \left[\sin^2 \frac{f_1}{2} + \sinh^2 \frac{a_1}{2} \right]; \quad |R_0|^2 = P \left[\cos^2 \frac{f_1}{2} + \sinh^2 \frac{a_1}{2} \right]; \quad (11)$$

Таким чином, вимірюючи $|R_0|^2$, $|S_0|^2$, $|R(\xi)|^2$, $|R(-\xi)|^2$, ми можемо знайти величини a_1 та f_1 , що час цікавлять:

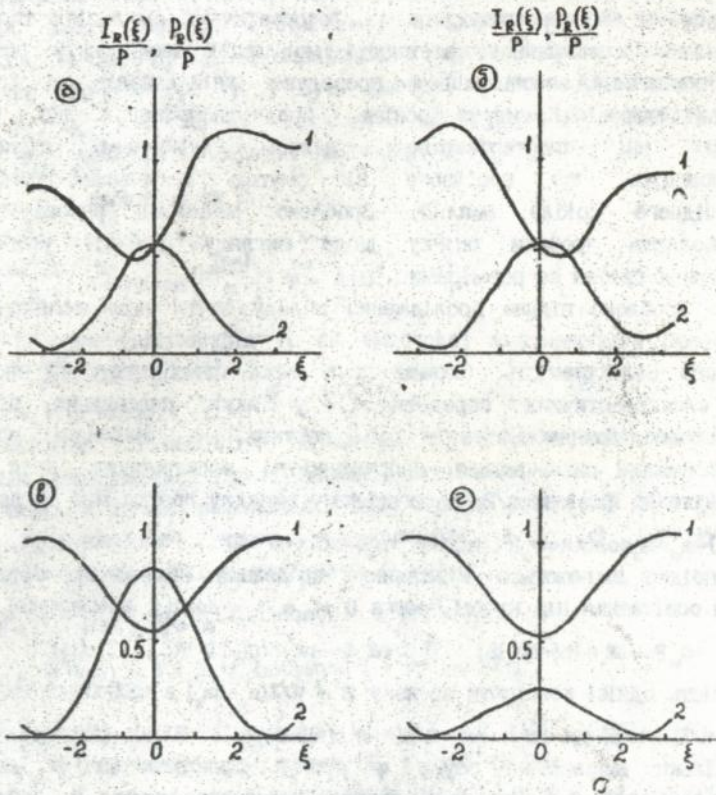


мал.1. Криві кутової селективності пучка, що проходить (а), та дифрагованого (б) для чисто АГ (1) та АФГ (2), нормовані за середнім пропусканням.



мал.2. Спектральні залежності коефіцієнтів амплітудної (α) та фазової (n) модуляції об'ємної голограми, що записана на фотоплівці ПЕ-2:
 ∪ - експеримент,
 — - апроксимація лоренцівським контуром,
 — - розраховано за співвідношенням Крамерса-Кроніга.

мал.3. Залежність нормованої по Р чіткості від зсуву між компонентами
 1- проходять пучки, $P_0 = P_1$
 2- дифрагований (I_0)
 3- дифрагований (I_0)
 ($a = 0.5$; $f = \pi/2$)



мал.4. Нормовані по P криві кутової селективності для різних значень зсуву φ :
 а) $\varphi=0$; б) $\varphi=\pi$; в) $\varphi=\pi/2$; г) $\varphi=-\pi/2$.
 (1- проходячі, 2- дифраговані пучки; $\alpha_1=0.5$, $\gamma_1=\pi/2$)

$$a_1 = \text{arch} \frac{|R_0|^2 + |S_0|^2}{P}; \quad f_1 = \arccos \frac{|R_0|^2 - |S_0|^2}{P}; \quad (12)$$

Зназначеним методом було досліджено особливості голографічного запису на високорозрізнявальних фотографічних емульсіях типу ПЕ-2. Визначено спектральні залежності модуляції коефіцієнту поглинання та показчика заломлення й проведено їхній аналіз за допомогою співвідношень Крамерса-Кроніга. Продемонстровано, що значення $n_1(\lambda)$, що спостерігаються, цілком зумовлені дисперсійною рефракцією, що пов'язане зі смугою поглинання частинками колоїдного срібла (мал.2). Зроблено модельні розрахунки, що дозволяють зробити оцінку щодо вигляду функції розподілення частинок срібла за розмірами.

Зроблено пільне дослідження впливу зсуву між амплітудною та фазовою компонентами голограми на її дифракційну ефективність та кутову селективність. Схожий зсув може спостерігатися, наприклад, у електрооптичних середовищах, у яких поглинання зумовлене перерозподіленням зарядів на пастках, а змінення показчика заломлення визначається напруженістю електричного поля, отож, зсунуте по фазі на $\pi/2$. У загальному випадку ґратка має вигляд:

$$m(x) = m_0 + m_1 \cos(Kx + \Phi_0); \quad n(x) = n_0 + n_1 \cos(Kx + \Phi_0 + \varphi) \quad (13)$$

Відповідно змінюються і рівняння зв'язаних хвиль. Враховуючи, що для освітлення під кутом Брегга θ $C_n = C_s = \cos \theta_0$, одержуємо:

$$C_n R + \alpha_0 R = -i \alpha \exp(-i\Phi_0) S; \quad C_n S + \alpha_0 S = -i \alpha \exp(-i\Phi_0) R; \quad (14)$$

Замість однієї константи зв'язку $\alpha = \pi/\lambda(n_1 - im_1)$ з'являються дві:

$$\alpha_- = \pi/\lambda[n_1 \exp(-i\varphi) - im_1]; \quad \alpha_+ = \pi/\lambda[n_1 \exp(i\varphi) - im_1]; \quad (15)$$

Оскільки виникнення зсуву φ руйнує симетрію задачі, напрямки енергообміну R-S та S-R стають нерівнозначними, й дифракційна ефективність починає залежати від того, яким пучком R або S робиться зчитування:

$$S_0 = 1; R_0 = 0; J_n = -PU^{-2} \left[\text{sh} \frac{2A}{2} + \text{sin} \frac{2F}{2} \right]; P_s = P \left[\text{sh} \frac{2A}{2} + \cos \frac{2F}{2} \right]; \quad (16)$$

$$S_0 = 0; R_0 = 1; J_n = -PU^{-2} \left[\text{sh} \frac{2A}{2} + \text{sin} \frac{2F}{2} \right]; P_n = P \left[\text{sh} \frac{2A}{2} + \cos \frac{2F}{2} \right]; \quad (17)$$

$$\text{тут } U = |i\alpha_0/\alpha|; \quad F^2 - A^2 = f_1^2 - a_1^2; \quad FA = f_1 a_1 \cos \varphi; \quad (18)$$

Відповідні залежності наведено на мал.3. Легко побачити, що залежність інтенсивності пучка, що проходить, $P_s = P_n$ від кута φ дуже слабка. З іншого боку залежність J_n та J_s дуже гостра, завдяки множникам U^2 та U^{-2} . Найзначні відхилення дифракційних

ефективностей спостерігаються, якщо $\varphi = \pi/2$. Зсув φ також принципово впливає на форму кривих кутової селективності (див. мал. 4). Якщо для дифрагованого пучка мова йде лише про зміну величини максимуму, а форма кривої майже не змінюється, то для пучка, що проходить, картина цілком змінюється: крива стає симетричною, як у суто фазової ґратки. Для визначення величин n_1 , m_1 та φ , що нас цікавлять, треба виміряти величини I_{α} , I_{β} , P_{α} , P_{β} , обчислити середні значення $J = \sqrt{J_{\alpha} J_{\beta}}$; $P = \sqrt{P_{\alpha} P_{\beta}}$; знайти $U = \sqrt{J_{\alpha} / J_{\beta}}$, знайти A та F :

$$A = \operatorname{arch} \left(\frac{J+P}{P} \right); \quad F = \operatorname{arccos} \left(\frac{P-J}{P} \right); \quad V_1 = \frac{1}{2} (U^2 + U^{-2}) \quad (19)$$

Тоді

$$a_1 = 0.707 \sqrt{F^2(V_1-1) + A^2(V_1+1)}; \quad \varphi = \operatorname{arccos} \frac{FA}{f_1 a_1}; \quad (20)$$

$$f_1 = 0.707 \sqrt{F^2(V_1+1) + A^2(V_1-1)}$$

Отже, знайдено усі необхідні параметри. У випадку, якщо необхідно проводити дослідження підчас запису, визначення P з інтенсивності небрегтівського пучка неможливо. Тому треба разом зі значеннями $J_{\alpha}, P_{\alpha}, J_{\beta}, P_{\beta}$ виміряти також інтенсивності I_{α}, I_{β} з одночасним зчитуванням двома пучками ($S=0; R=0; \Phi_1 = \Phi_0 + \varphi$):

$$I_{\alpha} = S_{\alpha}^2 P_{\alpha} + R_{\alpha}^2 J_{\alpha} - PS_{\alpha} R_{\alpha} U (\operatorname{sh} A \cos \Phi_1 - \sin F \sin \Phi); \quad (21)$$

$$I_{\beta} = R_{\beta}^2 P_{\beta} + S_{\beta}^2 J_{\beta} - PS_{\beta} R_{\beta} U^{-1} (\operatorname{sh} A \cos \Phi_1 + \sin F \sin \Phi); \quad (22)$$

Позбуваючись A та F з рівнянь (16, 17, 21, 22), одержуємо для величини P бікватратне рівняння. Розв'язуючи це рівняння, визначасмо a_1 , f_1 та φ за формулами (19, 20), а Φ_1 — за формулами (21, 22). Таким чином можна здобути усі величини, що нас цікавлять. Це зокрема фотостимульовані зміни n_1 та m_1 , зсув фаз φ між ними та загальний зсув ґратки відносно інтерференційної картини, що її записує.

Заклучний четвертий розділ вміщує практичне застосування голограмних оптичних елементів (ГОЕ). Створення ГОЕ із заздалегідь відомими властивостями дозволяє розв'язати задач, що не можуть бути розв'язані методами традиційної оптики. Пропонуемий пристрій для вимірювання лінійних розмірів відрізняється застосуванням комбінації двох голографічних ґраток із заздалегідь відомими властивостями. Використання трьохмірної комбінованої голографічної

ґратки (зробленої так, що криві кутової селективності для пучків, що дифраговані на першій та другій субґратках, перекриваються приблизно по напівширині) дозволило розробити пристрій для одночасного контролю кутового положення декількох об'єктів, що самовисвітлюються.

У висновку докладено головні результати роботи, а саме:

1. Розроблено голографічний метод визначення фотостимульованих змін товщини й комплексного показника заломлення тонких плівок з вимірних інтенсивностей дифрагованого й проходячого пучків. Створено дві модифікації методу, що базуються на запису дифракційної ґратки із сіносоїдальним та прямокутним профілем риски.

2. Досліджено фотостимульовані зміни товщини та комплексного показника заломлення тонких плівок халькогенідних склоподібних напівпровідників (As_2S_3). За допомогою співвідношень Крамерса-Кроніґа продемонстровано, що зміни коефіцієнту поглинання, що спостерігаються, пов'язані зі зсувом межі поглинання недостатні для трактування величини змін показника заломлення, що спостерігаються.

3. Теоретично та експериментально досліджено особливості ефекту дифракційного просвітлення (ефекту Бормана) у об'ємних дифракційних ґратках за умови наявності модуляції як уявної, так і дійсної частин комплексного показника заломлення. Продемонстровано, що у цьому випадку, навіть якщо відхилення від кута Брегга значні, коли інтенсивність дифрагованого пучка можна знехтувати, інтенсивність пучка, що проходить, суттєво відрізняється від відповідного значення для однорідного середовища.

4. На базі проведених досліджень вдосконалено метод визначення фотостимульованих змін комплексного показника заломлення, що ґрунтується на запису об'ємної сіносоїдальної ґратки та вимірюванні інтенсивностей дифрагованого та проходячого пучків. Метод використано під час дослідження запису голограм на фотографічних емульсіях. За допомогою співвідношень Крамерса-Кроніґа продемонстровано, що криві дисперсії дійсної та уявної частин показника заломлення, що спостерігаються, цілком пояснюються єдиним механізмом (поглинанням світла колоїдними частинками проявленого срібла й відповідною дисперсійною рефракцією).


5. Теоретично проаналізовано особливості дифракції світла на об'ємних ґратках записаних у кристалічних тілах, коли амплітудна та фазова компоненти зсунуті відносно один одного. Продемонстровано, що такий зсув викликає істотні зміни форми кривих кутової селективності, величини дифракційної ефективності й характеру енергообміну між пучками. Розроблено метод визначення фотостимульованих змін комплексного показника заломлення й величин зсуву між дійсною та уявною частинами.

6. Розроблено пристрої на базі голографічних оптичних елементів для вимірювання кутових переміщень й лінійних розмірів об'єктів, що відрізняються підвищеною точністю.

Матеріали дисертації опубліковані в працях, що перелічені:

1. Алексеев-Попов А.В., Гевелюк С.А. Определение вкладов амплитудной и фазовой модуляций в дифракционную эффективность объемных голограмм.// В кн. Оптическая голография. Л.: Наука, 1983, с. 14-24.
2. Алексеев-Попов А.В., Гевелюк С.А. Определение вкладов амплитудной и фазовой модуляции в дифракционную эффективность объемных отражательных голограмм.//Оптика и спектроскопия, 1981г. с.2100-2102.
3. Алексеев-Попов А.В., Гевелюк С.А. Спектральные характеристики объемных голограмм, записанных на пленках ПБ-2.// Прикладная голография (тезисы докладов республиканского семинара). Киев.: Наукова думка, 1984, с.52-54.
4. Алексеев-Попов А.В., Гевелюк С.А. Влияние сдвига между амплитудной и фазовой компонентами голограммы на ее угловую селективность.//Сб. трудов 5-й Всесоюзной конф. по голографии. т.1, Рига, 1985, с.65-66.
5. Алексеев-Попов А.В., Гевелюк С.А. Определение коэффициентов амплитудной и фазовой модуляции двумерных амплитудно-фазовых голограмм.//Оптика и спектроскопия, т. 67, вып.4, 1989г., с. 916-919.
6. Алексеев-Попов А.В., Гевелюк С.А. Эффект дифракционного просветления в трехмерных амплитудно-фазовых голограммах.//Оптическая голография с записью в трехмерных средах. Л.: Наука, 1989., с.20-25.
7. Алексеев-Попов А.В., Гевелюк С.А. Влияние сдвига между

- амплитудной и фазовой компонентами на свойства трехмерных амплитудно-фазовых голограмм. // Оптическая голография с записью в трехмерных средах. Л.: Наука, 1989, с. 25-32.
8. Алексеев-Попов А.В., Гевелюк С.А. Спектральные характеристики голограмм на бихромированной желатине. // Оптическая голография с записью в трехмерных средах. Л.: Наука, 1989, с. 32-35.
 9. Кивензор Г.Л., Алексеев-Попов А.В., Гевелюк С.А. Лазерное сканирующее устройство для измерения геометрических параметров деталей. // Опыт внедрения прогрессивных средств и методов размерного контроля. Л.: 1990. с. 25-27.
 10. Алексеев-Попов А.В., Гевелюк С.А., Кивензор Г.Я. Лазерное сканирующее устройство для измерения геометрических параметров деталей. // Применение лазеров в науке и технике. Тольятти, 1989, с. 116.
 11. А.с. № 1437682 // Устройство измерения угла смещения объекта // Дыченко Н.Г., Гевелюк С.А., Мандель В.Е., Нечаева Т.А., Турин А.В. Опубл. 15.07.1988г.
 12. А.с. № 1585668 // Устройство для измерения линейных размеров. Алексеев-Попов А.В., Кивензор Г.Я., Епишин П.П., Гевелюк С.А. Опубл. 12.04.90.
 13. А.С. № 1499121 // Оптико-электронное устройство для измерения углов. Алексеев-Попов А.В., Кивензор Г.Я., Беккерман И.Б., Епишин П.П., Гевелюк С.А. Опубл. 8.04.1989.
 14. Алексеев-Попов А.В., Гевелюк С.А., Турин А.В. Влияние структуры проявленного серебра на спектральные характеристики объемных голограмм. // В сб. материалов V Всесоюзной конференции по голографии, Рига, с. 67-69.



ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Подп. к печати 29.05.94г. Формат 60x84 1/16.
Объем 0,7уч. изд. л. I, Оп. л. Заказ № 426. Тираж 100 экз.
Горти.ография Одесского управления по печати, цех №3.
Ленина 49.

457585

Ab 30.531

AB 30.531