

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ФІЗИЧНОЇ ОПТИКИ

На правах рукопису

КОСТРУБА
Андрій Михайлович

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
ДИСКОВИХ НОСІВ ІНФОРМАЦІЇ
І ОПТИМІЗАЦІЯ ЇХ МІКРОСТРУКТУРИ

01.04.05 — Оптика, лазерна фізика

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата фізико-математичних наук

Львів — 1996

AB 34.470

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті фізичної оптики. Місто Львів.

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

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук
Мищик Богдан Григорович,
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник
Шовгенюк Михайло Васильович

Провідна організація: Київський національний університет
ім. Т.Г.Шевченка

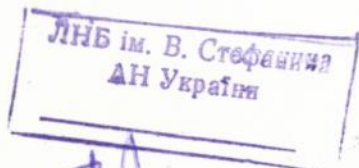
Захист відбудеться " 14 " травня 1996 р. о 15³⁰ на
засіданні Спеціалізованої вченої ради Д.04.07.01 при Інституті
фізичної оптики за адресою:

290005, м. Львів, вул. Драгоманова, 23.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Інституту.

Автореферат розісланий " 11 " квітня 1996 р.

Вчений секретар
Спеціалізованої вченої ради,
кандидат фізико-математичних наук



Болеста І.М.

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00740404 (J)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми: Останні дослідження в області оптичних дискових систем сконцентровані навколо питань прискорення доступу до інформації, підвищення густини запису і надійності відтворення. При цьому необхідно розв'язувати проблеми зменшення відстані між доріжками, розмірів пітів і зчитуючої плями, використання високоапертурних об'єктивів і більш короткохвильових лазерів. Поява великої кількості нових світлочутливих матеріалів для оптичного запису із суттєво відмінними оптичними характеристиками залишає незмінно актуальним питання вибору оптимальної геометрії преформатованої структури оптичного носія і моделювання процесу дифракційної взаємодії сфокусованого лазерного випромінювання з рельєфонесучою поверхнею.

Достовірне математичне моделювання процесу зчитування неможливе без точної інформації про оптичні параметри активного шару носія (АШ). Однією з найбільш чутливих методик діагностики стану поверхні і структури тонких поверхневих плівок є метод еліпсометрії. Однак даний метод не є універсальним, і для кожної відбиваючої системи із суттєво відмінними параметрами і структурою є необхідним пошук адекватної математичної моделі поверхні, оптимальних умов експерименту, надійного методу розв'язку оберненої задачі. На даний час розробка надійних і достатньо універсальних методів розв'язку оберненої задачі еліпсометрії є самостійним напрямком досліджень.

Підвищення густини запису вимагає вдосконалення методів дослідження і технологічного контролю мікроструктури поверхні оптичних носіїв інформації. Проблеми деградації сигналів слідкування внаслідок наявності на ведучій доріжці рельєфних і амплітудних пітів, зменшення розмірів світлової плями запису/зчитування методом аподизації, використання конфокальної і напівконфокальної схем для підвищення роздільної здатності при зчитуванні - всі ці

питання вимагають аналізу методами математичного і фізичного моделювання.

Метою роботи є розробка ефективної методики і дослідження оптичних параметрів високопоглинаючих активних шарів оптичних дискових носіїв інформації і на основі отриманих результатів моделювання процесу зчитування з метою оптимізації преформатованої мікроструктури поверхні.

Досягнення поставленої мети передбачає:

- проведення аналізу умов еліпсометричного експерименту з використанням суттєво неідеального компенсатора;

- визначення оптимальних умов еліпсометричного експерименту для знаходження трьох параметрів поглинаючої плівки;

- розробку методу оцінки величин похибок різноманітних еліпсометричних методик, а також визначення нульового наближення і меж пошуку для розв'язку оберненої задачі;

- вибір ефективної методики еліпсометричних вимірювань для системи поглинаюча плівка - прозора підкладка, порівняння точності методики з відомими методами і проведення вимірювань;

- розробку напівкількісної математичної моделі процесу зчитування і слідкування за ведучою доріжкою, для якісної оцінки впливу параметрів системи оптичний канал - диск на корисні сигнали;

- проведення модельних математичних експериментів на основі строгої скалярної теорії дифракції для визначення оптимальної конструкції записуваних оптичних дисків з активним середовищем на основі органічних барвників;

- розробку пристрою для дослідження мікроструктури поверхні оптичного носія інформації.

Наукова новизна. В дисертаційній роботі вперше отримані співвідношення для частинних похідних еліпсометричних параметрів $\partial\Delta/\partial P$, $\partial\Psi/\partial A$, $\partial\Psi/\partial P$ по азимутах поляризатора і аналізатора в положенні погасання і для їх мінімальних змін $\sigma\Delta$, $\sigma\Psi$, які можуть

бути зафіксовані еліпсометром при умові використання суттєво неідеального компенсатора. На основі даних співвідношень запропоновано метод визначення точності еліпсометричних вимірювань з суттєво неідеальним компенсатором. Показана принципова можливість таких вимірювань, і для конкретних моделей поверхні здійснено визначення оптимальних умов такого експерименту.

Розроблений оригінальний метод знаходження середньоквадратичної похибки (ССП) визначення параметрів поглинаючої плівки $X_s = (\delta n^2 + \delta k^2 + \delta d^2)^{1/2}$ як для чисто еліпсометричних методик - багатокутової і імерсійної, так і для комплексної на основі еліпсометричних вимірювань і фотометрії коефіцієнта пропускання. Проведений порівняльний аналіз даних методик.

Визначені оптимальні геометричні параметри преформатованої мікроструктури поверхні оптичного диска для одноразового запису на основі поліметинового барвника.

Основні положення, що виносяться на захист:

1. Співвідношення для величин мінімальних змін еліпсометричних параметрів системи $\sigma\Delta, \sigma\Psi$, які можуть бути зареєстровані еліпсометром із суттєво неідеальним компенсатором, що дозволяє визначити точність вимірювань в схемі з неідеальним компенсатором для довільних моделі поверхні і умов експерименту.

2. Область оптимальних умов еліпсометричного експерименту по багатокутовій методиці при збільшенні неідеальності компенсатора ($\delta_c \rightarrow 0, \pi$) зміщується з області головного кута падіння ($\Delta = \pi/2$) в область нормального або ковзного падіння променя, в залежності від вихідної моделі поверхні.

3. Похибки визначення параметрів поглинаючої плівки за чисто еліпсометричною методикою вимірювань при багатьох кутах падіння зростають при зменшенні товщини плівки і зростанні її показника заломлення і коефіцієнта поглинання.

4. Методики визначення ССП $X_s = (\delta n^2 + \delta k^2 + \delta d^2)^{1/2}$ для довільних експериментальних ситуацій, створюваних при чисто еліпсометричних вимірюваннях параметрів поглинаючої плівки в одношаровій моделі, а також ССП для довільних експериментальних умов комплексного методу еліпсометричних і фотометричних вимірювань, що дало змогу порівняти точність усіх згаданих методів для моделей з суттєво відмінними параметрами.

5. Додаткова експериментальна інформація, отримувана з фотометричних вимірювань коефіцієнта пропускання системи високопоглинаюча плівка-прозора підкладка, поряд з результатами еліпсометричних вимірювань по багатокутній методиці дає приципову можливість вийти на достовірні розв'язки оберненої задачі в тих випадках, коли чисто еліпсометричні вимірювання непридатні для даної моделі поверхні.

6. Набори оптимальних геометричних параметрів преформатованої мікроструктури рельєфнесучої поверхні носіїв з активним шаром на основі органічних барвників із змішаною амплітудно-фазовою модуляцією хвильового фронту скануючого пучка, які забезпечують максимальну надійність процесів пошуку інформації, слідкування за доріжкою, зчитування інформаційних сигналів, і мінімальну деградацію сигналів слідкування внаслідок наявності на ведучій доріжці пітів різних типів.

Наукова і практична цінність.

Запропоновані методи вибору оптимальних умов еліпсометричного експерименту дають змогу організувати вимірювання оптичних параметрів системи плівка-підкладка з максимальною точністю як для схеми з ідеальним компенсатором, так і для схеми з суттєво неідеальним компенсатором. Запропонована оригінальна методика порівняння точності результатів еліпсометричних вимірювань, організованих різними методами. Це дає можливість вибору опти-

мального методу вимірювань для конкретної моделі поверхні. Запропоновані набори оптимальних профілів преформатованої структури рельєфнесучої поверхні оптичних дисків для одноразового запису на основі органічних барвників.

Апробація роботи: Основні результати дисертації доповідалися і обговорювалися на 10-ій 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), 5-ій Всесоюзній науково-технічній конференції "Стан і перспективи розвитку побутової радіоелектронної апаратури (ПРЕА)" (Львів, 1988), 6-ій Всесоюзній науково-технічній конференції "Стан і перспективи розвитку побутової радіоелектронної апаратури" (Львів, 1990), конференції присвяченій 50-ти річчю фізичного факультету Львівського університету (Львів 1994).

Публікації. Результати роботи викладені у 14 публікаціях

Особисто автором отримані співвідношення для розрахунку похибок еліпсометричних вимірювань при наявності суттєво неідеального компенсатора, проведений аналіз оптимальних умов еліпсометричного експерименту по визначенню параметрів одношарової моделі поглинаюча плівка-прозора підкладка. Методика визначення середньої похибки еліпсометричних методик розроблена особисто автором. Всі вимірювання параметрів активних шарів оптичних носіїв інформації виконані автором. Розроблена спрощена модель дифракції сфокусованого пучка на рельєфній структурі, і проведені модельні експерименти по визначенню оптимальної структури поверхні носіїв на основі органічних матеріалів. Основні положення, що виносяться на захист, і висновки дисертації належать автору.

Структура та об'єм дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, додатку та списку

літератури. Налічує 149 сторінок, 33 рисунки, 7 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.

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

Перший розділ має оглядовий характер. У ньому проведений аналіз еліпсометричних методик визначення оптичних параметрів тонкої поглинаючої плівки і сучасного стану теорії еліпсометричного експерименту. Особлива увага приділена методам розв'язку оберненої задачі еліпсометрії для одношарової моделі поверхні і вибору оптимальних умов експерименту. Було зроблено детальний огляд останніх досягнень у визначенні точності і чутливості методу еліпсометрії. Показано, що на даний час проблема визначення оптимальних умов і точності еліпсометричного експерименту розв'язана лише для ряду конкретних матеріалів і окремих методик. Питання точності одночасного визначення групи параметрів системи поглинаюча плівка-прозора підкладка при розв'язку оберненої задачі є актуальним для ряду конкретних матеріалів. Зовсім недослідженим є дане питання при проведенні вимірювань з суттєво неідеальним компенсатором.

Показано, що на даний час не існує надійних і достатньо універсальних методів розв'язку оберненої задачі для системи поглинаюча плівка-підкладка і не проведено ґрунтового порівняння ефективності різних методик для дослідження таких систем.

Крім того, в даному розділі зроблений огляд існуючих на сьогодні математичних моделей процесу зчитування інформації з дискових оптичних носіїв, і їх застосувань. На даний час особливо актуальним є дослідження взаємодії сфокусованого лазерного випромінювання з амплітудно-фазовими мікроструктурами, якими в основному є записувані оптичні носії інформації. Метою таких досліджень є оп-

тимізація преформатованої структури носіїв для досягнення якнайкращих характеристик відтворюваних сигналів. В даному розділі представлений також широкий огляд матеріалів і фізичних принципів, використовуваних для оптичного запису, та дифрактометричних методів вимірювання лінійних розмірів мікрооб'єктів.

Другий розділ присвячений вибору ефективної еліпсометричної методики і порівнянню точності різних методик для досліджуваних об'єктів. Значну увагу приділено аналізу умов експерименту при наявності суттєво неідеального компенсатора. Такі умови виникають при вимірюваннях у широкому спектральному діапазоні з використанням монохроматичного компенсатора. Були отримані співвідношення для частинних похідних:

$$\frac{\partial \Delta}{\partial P} = \frac{2 \sin(\delta_c)}{\cos^2(\Delta') + \sin(\delta_c) \cos^2(\Delta')} ; \quad \frac{\partial \Psi}{\partial A} = \frac{1}{[\eta/\xi + \xi/\eta \operatorname{tg}^2 A] \cos^2 A} ;$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial P} = \frac{\operatorname{tg} A [\xi/\eta \sin 2\Delta' (\sin^2 \delta_c - 1) - 2\xi \cos \delta_c \cos \Delta']}{\eta^2 + \xi^2 \operatorname{tg}^2 A}$$

де $\xi = [\cos^2 \Delta' + \sin^2 \sin^2 \Delta']^{1/2}$, $\eta = 1 + \cos \delta_c \sin \Delta'$, $\Delta' = -2P - \pi/2$, а також для величин мінімальних похибок у визначенні кутових положень поляризатора і аналізатора:

$$\delta A = k \left[\frac{\Gamma_p^4 + \Gamma_s^4 - 2\Gamma_p^2 \Gamma_s^2 + 4\Gamma_p^2 \Gamma_s^2 \mu}{2R^2} + \kappa \right]^{1/2} ; \quad \delta P = \frac{kR}{2\Gamma_p \Gamma_s} \mu^{-1/2} ;$$

де $\mu = \cos \Delta \cos \Delta' + \sin \Delta \sin \Delta' \sin \delta_c$, $\kappa = (\Gamma_s^2 - \Gamma_p^2) \sin \Delta' [1 - 2\sin^2(\delta_c/2)]$ для довільних значень кута фазової затримки компенсатора δ_c . Це дало змогу визначити мінімальні зміни еліпсометричних характеристик об'єкта, які можуть бути зареєстровані еліпсометром з неідеальним компенсатором для довільних умов експерименту:

$$\sigma \Delta = \frac{\partial \Delta}{\partial P} \delta P ; \quad \sigma \Psi = \frac{\partial \Psi}{\partial A} \delta A + \frac{\partial \Psi}{\partial P} \delta P ;$$

На основі даних співвідношень проведені розрахунки відношень

$T\Delta = S\Delta/\sigma\Delta$, $T\Psi = S\Psi/\sigma\Psi$, (де $S\Delta, S\Psi$ - коефіцієнти чутливості еліпсометричних параметрів системи до наявності плівки на поверхні підкладки) для двох принципово відмінних моделей поверхні. Ці відношення пропорційні до точності визначення оптичних параметрів і товщини плівки. Показано, що область оптимальних (з точки зору точності) умов експерименту, організованого за багатокутною методикою, при збільшенні неідеальності компенсатора зміщується з області головного кута падіння в область нормального або ковзного падіння в залежності від моделі поверхні.

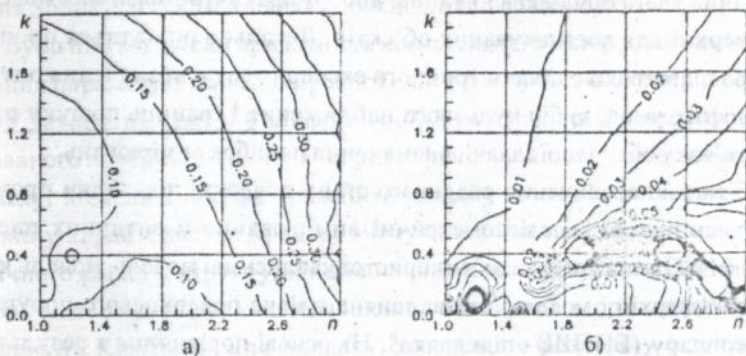
В цьому розділі запропонований також метод розрахунку сумарної середньоквадратичної похибки (ССП) визначення трьох параметрів поглинаючої плівки при розв'язку оберненої задачі для класичних еліпсометричних методик і для комплексної методики на основі еліпсометричних вимірювань і фотометрії пропускання при нормальному падінні. При цьому використаний той факт, що розв'язком оберненої трьохпараметричної задачі для певної експериментальної ситуації є множина точок у просторі (n, k, d) шуканих параметрів, що лежать на певній просторовій кривій. Повним розв'язком задачі для певного набору умов експерименту буде точка перетину просторових кривих, кожна з яких відповідає створеній експериментальній ситуації. Величини похибок визначаються у такому випадку двома параметрами: кутом перетину просторових кривих і їх зміщеннями у просторі (n, k, d) , пов'язаними з неточністю визначення еліпсометричних кутів Δ, Ψ . Запропонований метод дозволяє аналітично визначити дані параметри для довільних умов експерименту і довільної одношарової моделі поверхні. Це дає змогу оцінити середню величину зміщення точки перетину кривих, яка визначає величину ССП для шуканих параметрів плівки:

$$X_S = (\delta n^2 + \delta k^2 + \delta d^2)^{1/2}$$

Даний метод дозволяє також розділити похибки оптичних пара-

метрів $(\delta n^2 + \delta k^2)^{1/2}$ і товщини плівки δd .

За подібною схемою проведено також аналіз похибок комплексного методу еліпсометрія + фотометрія (ρT -метод) і здійснено порівняння даної методики з класичними еліпсометричними методиками (багатокутовою і іммерсійною) щодо точності отримуваних результатів у широкому діапазоні шуканих параметрів поглинаючої плівки (n, k, d). Проведено порівняння всіх методик по ширині діапазону стабільності алгоритму розв'язку оберненої задачі для найбільш типових моделей поверхні досліджуваних об'єктів. Результати розрахунків величини ССП в залежності від оптичних параметрів плівки товщиною $d=100$ нм показані на рисунку.



Залежність величини ССП від оптичних параметрів плівки. Товщина $d=100$ нм.
а) Метод багатьох кутів падіння; б) ρT -метод.

Показано, що точність багатокутової методики для систем типу поглинаюча плівка- прозора підкладка зменшується не лише при зменшенні товщини плівки але і при зростанні дійсної і уявної частини її показника заломлення. Для широкого класу об'єктів комплексний ρT -метод не поступається перед найбільш точною іммерсійною методикою ні по точності, ні по ширині діапазону стабільності. Точність багатокутової методики для дослідження таких систем у більшості випадків є незадовільною. Це пояснюється

високим ступенем взаємної кореляції шуканих параметрів.

Для розв'язку оберненої задачі еліпсометрії запропонована цільова функція наступного вигляду:

$$G = \sum_{i=1}^n [(\Psi_i^e - \Psi_i^c)^2 + (\Delta_i^e - \Delta_i^c)^2] + 2n(T^e - T^c)^2$$

де верхні індекси "е,с" позначають експериментально поміряні і розраховані для даної моделі величини кутів Δ, Ψ і коефіцієнта пропускання T ; n - кількість незалежних вимірювальних ситуацій.

В третьому розділі представлені основні результати еліпсометричних вимірювань параметрів АШ дискових носіїв інформації. Значна увага приділена питанню вибору адекватної фізичної моделі поверхні для досліджуваних об'єктів. Детально описується процедура підготовки еліпсометричного експерименту: визначення оптимальних умов, вибір нульового наближення і границь пошуку при розв'язку оберненої задачі, визначення похибок вимірювань.

З метою визначення реального стану поверхні підкладки проводились попередні еліпсометричні вимірювання її оптичних параметрів. При розрахунках використовувались дві моделі- модель чистої поверхні і модель "еквівалентна плівка поверхневого порушеного шару (ЕППШ)- підкладка". На основі порівняння з результатами незалежних рефрактометричних вимірювань показана більша реалістичність другої моделі. Отримані результати дали змогу визначити об'ємний вміст матеріалу підкладки в поверхневому шарі.

Проведені модельні розрахункові експерименти з використанням одношарової і двохшарової моделей поверхні дозволили зробити висновок про те, що для товщин ЕППШ $d_e \approx 10\lambda$, які мають місце для підкладок досліджуваних об'єктів, похибки вимірювань, пов'язані з наявністю цього шару, можуть бути враховані в межах одношарової моделі.

В даному розділі представлені також результати вимірювань па-

параметрів АШ носіїв інформації, виготовлених на основі поліметинового барвника в матриці нітроцелюлози. Вимірювання проводились на довжинах хвиль He-Ne і напівпровідникового лазерів для різних концентрацій барвника. Отримані експериментальні підтвердження непридатності багатокучової методики для дослідження параметрів даної системи. Всі вимірювання проводились за комплексною ρT -методикою. Отримані результати знаходяться в задовільному узгодженні з результатами незалежних інтерферометричних і фотометричних вимірювань.

Аналогічні вимірювання проводились також з метою визначення параметрів аморфних плівок на основі напівпровідникових матеріалів SbSeTe, а також плівок недоокислів заліза і нікелю.

Було підтверджено придатність комплексного методу для вимірювання параметрів плівок широкого класу поглинаючих матеріалів.

У четвертому розділі описана одномірна модель дифракції сфокусованого лазерного променя на рельсфонецучій поверхні оптичного диску. Модель дозволяє проводити швидко якісну і напівкількісну оцінку характеристик процесу зчитування і впливу параметрів оптичного каналу, структури носія на рівень корисних сигналів. В основі моделі основне співвідношення скалярної теорії дифракції-формула Кірхгофа. Для випадку однорідного розподілу інтенсивності у скануючому світловому зонді в рамках моделі для кутового розподілу дифрагованого випромінювання отримане співвідношення в аналітичному вигляді. Модель передбачає також можливість чисельного розв'язку задачі дифракції для випадку неоднорідного розподілу у світловому зонді. Наведені також результати розрахункових експериментів, що підтверджують адекватність моделі.

Проведено аналіз характеристик детектора слідкування за фокусом на основі багатосегментних фотоприймачів з метою оптимізації конструкції. Величина сигналу слідкування за фокусом пропорційна різниці освітленостей сегментів приймача. На основі отриман...

для освітленостей виразів були виведені співвідношення для дискримінаційних характеристик (ДХ). Проведене порівняння детекторів різних конструкцій за основним параметром - максимально можлива крутизна ДХ. Отримані співвідношення дають змогу проводити розрахунок детектора з довільними наперед заданими чутливістю і діапазоном роботи.

На основі строгої скалярної теорії дифракції оптичних дискових систем проведено чисельне моделювання корисних сигналів і процесу зчитування оптичного диску для одноразового запису на основі органічних барвників. Основною особливістю такого носія інформації є змішана амплітудно-фазова мікроструктура, що обумовлена способом нанесення АШ і його оптичними параметрами. Метою моделювання було вироблення рекомендацій щодо оптимізації преформатованої структури таких носіїв, підвищення надійності процесів пошуку, слідкування і відтворення інформації. Особлива увага приділена проблемі деградації сигналу слідкування за доріжкою.

При розрахунку коефіцієнта відбивання АШ носія використовувались параметри плівок, отримані на основі еліпсометричних вимірювань. В результаті проведеного аналізу зроблений висновок про те, що для надійного слідкування коефіцієнт відбивання структури в області доріжки повинен бути вищим ніж між доріжками. При виборі оптимальної структури інформаційної поверхні необхідно виходити з умов забезпечення максимальних рівнів сигналів слідкування, інформаційного сигналу і мінімальної деградації сигналів слідкування внаслідок наявності півів різних типів. Оптимізувались наступні параметри: оптична глибина ведучої доріжки, глибина секторних міток і товщина АШ носія. Розрахунки проводились для ширини доріжки $W=550\text{нм}$, відстані між доріжками $q=1,6\text{мкм}$, числової апертури об'єктива $NA=0,5$, довжини хвилі $\lambda=0,8\text{мкм}$, і для півів круглої форми з діаметром 500нм . В результаті модельних експериментів отримані набори оптимальних геометричних пара-

метрів преформатованої структури носіїв з АШ на основі поліметинового барвника. Ці параметри забезпечують високу надійність операцій пошуку, слідкування, зчитування інформації і мінімальну деградацію сигналів слідкування.

Описана конструкція пристрою для дослідження мікроструктури рельєфонесучої поверхні, що забезпечує можливість проведення дифрактометричних вимірювань лінійних розмірів рельєфних мікрооб'єктів. Розроблені основні принципи дифрактометричних вимірювань у сфокусованому світловому пучку.

Основні результати та висновки.

1. В дисертаційній роботі отримані співвідношення для еліпсометричних інваріантів: частинних похідних $\partial\Delta/\partial P$, $\partial\Psi/\partial A$, $\partial\Psi/\partial P$ і мінімальних похибок визначення азимутальних положень поляризатора і аналізатора при погасанні $\delta\Lambda_{\min}$, δP_{\min} для випадку вимірювань із суттєво неідеальним компенсатором. Це дає можливість визначити мінімальні зміни еліпсометричних параметрів $\sigma\Delta$, $\sigma\Psi$, які можуть бути зареєстровані еліпсометром з неідеальним компенсатором, в довільних експериментальних умовах і для довільної моделі поверхні.

2. При вимірюваннях за багатокутною методикою область оптимальних умов еліпсометричного експерименту, при яких забезпечується максимальна точність вимірювання параметрів системи плівка - підкладка, із збільшенням неідеальності компенсатора ($\delta\epsilon \rightarrow 0, \pi$) зміщується із області головного кута падіння ($\Delta = \pi/2$) в область нормального або ковзного падіння променя в залежності від вихідної моделі поверхні.

3. Додаткова експериментальна інформація, отримувана на основі фотометричних вимірювань коефіцієнта пропускання системи "поглинаюча плівка-прозора підкладка", поряд з результатами еліпсометричних вимірювань за багатокутною методикою, дає принципову можливість вийти на достовірний розв'язок оберненої

задачі в тих випадках, коли чисто еліпсометричні вимірювання непридатні для даної моделі поверхні.

4. Діпазони стабільності алгоритму розв'язку оберненої задачі для комплексного ρT -методу і класичного імерсійного еліпсометричного є переважно співмірними для моделей поглинаюча плівка-підкладка. Похибки обох методів є співмірними для товщин поглинаючих плівок більших 50 нм.

5. Похибки визначення параметрів поглинаючої плівки по багатокутовій еліпсометричній методиці зростають не лише при зменшенні товщини плівки, але і при зростанні обох складових комплексного показника заломлення плівки.

6. Запропонований метод визначення ССП еліпсометричних методик і ρT -методу для довільних експериментальних умов і одношарових моделей поверхні дає можливість порівнювати їх ефективність у широкому діапазоні шуканих параметрів плівки.

7. Напівкількісна одномірна модель дифракції сфокусованого світлового пучка на поверхні оптичного носія дає змогу якісно оцінити вплив параметрів системи оптичний канал - диск на величини сигналів слідкування і інформаційних сигналів.

8. Співвідношення для розрахунку конструкції оптичного каналу системи слідкування за фокусом дають можливість конструювання детектора автофокуса з довільними наперед заданими характеристиками.

9. В результаті моделювання процесу зчитування на основі двоїмірної скалярної моделі дифракції Гопкінса отримані набори оптимальних геометричних параметрів мікроструктури оптичного носія із змішаною амплітудно-фазовою модуляцією скануючого пучка. Дана геометрія забезпечує максимальну надійність процесів пошуку, слідкування, зчитування інформаційних сигналів і мінімальну деградацію сигналів слідкування внаслідок наявності на ведучій доріжці пітів різних типів.

10. Пристрій для дослідження мікроструктури оптичного носія інформації забезпечує можливість фізичного моделювання процесу зчитування і дослідження впливу параметрів оптичного каналу на амплітуди корисних сигналів. Запропоновані принципи дифракційних вимірювань у сфокусованому світловому пучку дають можливість використання даного пристрою для контролю лінійних розмірів рельєфних відбиваючих мікрооб'єктів.

Основні матеріали дисертації опубліковані в роботах:

1. Коструба А.М., Влох О.Г., Петров В.В. Оптимальні умови еліпсометричного експерименту при використанні суттєво неідеального компенсатора // УФЖ - 1995.- т.40.- № 3.- с.186-190.

2. Ирлин А.В., Коструба А.М., Петров В.В., Цуканов В.Г. Совмещенный датчик ошибок слежения за фокусом и дорожкой // Электронное моделирование.- 1990.- т.12.- №6.- с.32-38.

3. Коструба А.М., Влох О.Г. Комплексный метод определения трех параметров поглощающих тонких пленок // Оптика и спектроскопия.- 1996.- т. 80.- №6.- с.920-924.

4. Коструба А.М., Влох О.Г., Петров В.В., Крючин А.А. Моделирование сигналов слежения диска для однократной записи на основе органических красителей // Электронное моделирование.- 1996.- т.18.- №6.- с.45-52.

5. Kostruba A.M. Vlokh O.G. Complex method for the determination of thin absorptive film parameters // Proc. SPIE.- 1995.- v.26-48.- p.171-177.

6. Kostruba A.M., Vlokh O.G., Shopa J.I., Shribak M.I. Device for investigation of optical disc microstructure / Proc. of the 10th International Conference on Experimental Mechanics, Lisbon, Portugal, 18-22 July 1994./ Rotterdam/ Brookfield: A.A. Balkema 1994.- p.427-430.

7. Irilin A.V., Kostruba A.M., Bardasova M., Cik G. Optical disk for a single record.- Bratislava 1991.- (Preprint/ Institute of computer

systems Slovak Academy of Sciences.- 28p.)

8. Бондарь Л.П., Ирлин А.В., Цуканов В.Г., Коструба А.М., Каинская Г.Н. Способ изготовления оптического носителя информации.- Авторское Свидетельство СССР № 1748187.- 1992.

9. Ирлин А.В., Цуканов В.Г., Кравчук О.Я., Коструба А.М. Развитие систем записи и воспроизведения на оптических дисках/ Тез. докл. 5 отраслевой научно-технической конференции "Состояние и перспективы развития БРЭА".- Львов 1988.- с. 9-10.

10. Коструба А.М., Ирлин А.В., Цуканов В.Г. Исследование оптических характеристик и толщин тонких пленок методом эллипсометрии/ Тез. докл. 6 отраслевой научно-технической конференции "Состояние и перспективы развития БРЭА".- Львов 1990.- с. 76

11. Коструба А.М., Влох О.Г. Новый метод визначення параметрів високопоглинаючих тонких плівок./ Міжнародна наукова конференція, присвячена 150-річчю від дня народження І.Пулюя 23-26 травня 1995р.- Тези доповідей.- с.177-178

12. Kostyuba A.M., Vlokh O.G. The complex method for the determination of thin film extinction parameters/ In Abstracts of International Conference on Optical Diagnostics of Materials and devices for Opto-, Micro- and Quantum Electronics.- 11 May 1995.- Kiev, Ukraine, p.45.

13. Коструба А.М., Шопя Я.І., Луців-Шумський Л.П. Пристрій для дослідження мікроструктури відбиваючого оптичного носія інформації і дифракційної взаємодії сфокусованого лазерного випромінювання з рельєфонесучою поверхнею/ Тези доповідей на конференції, присвяченій 40-річчю Фізичного факультету ЛДУ.- Львів 27-28 травня 1993.- с.87.

14. Коструба А.М., Шрібак М.І. Пристрій для дослідження мікроструктури відбиваючого оптичного носія інформації/ Промислова власність.- 1994.- № 4.- с. 2.110.- Заявка № 94010129 від 05.02.93.

Kostruba A.M. Investigation of Optical Disk Parameters and its Microstructure Optimization.

Thesis applied for Ph.D. in Physics and Mathematics on speciality 01.04.05- Optics, Laser Physics. Institute of Physical Optics, Ministry of Education of Ukraine, Lviv, 1996.

14 scientific papers containing the results of theoretical investigation of the ellipsometric experiment conditions and measurements of parameters of DRAW optical disk active layers are defended. Accuracy of the different ellipsometric techniques for the investigation of such systems are estimated. Analysis of the ellipsometric measurements with essentially imperfect compensator is carried out. Optimum geometric parameters of DRAW optical disk microstructure with the dye active layer have been obtained as a result of the read-out process simulation.

Коструба А.М. Исследование оптических параметров дисковых носителей информации и оптимизация их микроструктуры.

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 14 научных работ, содержащих результаты теоретических исследований условий эллипсометрического эксперимента и экспериментальных измерений параметров активных слоев дисковых носителей информации. Проведены оценка эффективности различных эллипсометрических методик для исследования параметров таких систем и анализ эллипсометрических измерений с использованием существенно неидеального компенсатора. В результате моделирования процесса считывания получены наборы оптимальных геометрических параметров преформатированной структуры диска с активным слоем на основе полиметинового красителя.

Ключові слова: *Еліпсометрія, поглинаючі плівки, оптичні носії, дифракція, сфокусований промінь, рельєфонесуча микроструктура.*

Підписано до друку 09.04.96 р. Обсяг 1 друк. аркуш. Зам. 233. Наклад 100.
Формат 60x84/16 Друкарня УАД. Львів, вул. Личаківська, 3.

445380

AB 34.470