

**Кыргыз Республикасынын Улуттук Илимдер академиясынын академик
Ж.Жеенбаев атындагы Физика институту жана Б.Ельцин атындагы
Кыргыз-Орус Славян университети**

Д 01.21.633 диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунда
УДК 535.41: 778.38

Тынышова Толгонай Дайырканкожоевна

Фазалык чөйрөлөрдүн санариптик голографиялык интерферометриясы

01.04.05 – оптика

Физика-математика илимдеринин кандидаты
илимий даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациянын
авторефераты

Бишкек - 2021

Диссертациялык иш Н. Исанов атындагы Кыргыз мамлекеттик курулуш, транспорт жана архитектура университетинин «Маалыматтык тутумдардын коопсуздугун камсыздоо» кафедрасында аткарылды

- Илимий жетекчиси:** **Исманов Юсупжан. Хакимжанович**
физика-математика илимдеринин доктору,
доцент, Н.Исанов атындагы КМКТАУнун
«Физика жана колдонмо химия» кафедрасынын
профессорунун милдетин аткаруучу
- Расмий оппоненттери:** **Чен Борис Борисович**, физика-математика
илимдеринин доктору, профессор, Б.Н.Ельцин
атындагы Кыргыз – Орус Славян
университетинин физика-микроэлектроника
кафедрасы
Байтереков Алымбек Токоевич, физика-
математика илимдеринин кандидаты, доцент,
Ж. Баласагына атындагы Кыргыз мамлекеттик
университетинин электроника жана теориялык
физика кафедрасы
- Жетектөөчү мекеме:** Федералдык мамлекеттик бюджеттик илим
мекемеси К.А. Валиев атындагы Россия
Илимдер Академиясынын Физика жана
Технологиялар Институту, опто жана
наноэлектроника лабораториясы, 117218,
Россия, Москва, Нахимовский проспекти, 36,
корпус 1

Диссертацияны коргоо «21» октябрь 2021ж. саат «16-00» Кыргыз Республикасынын Улуттук Илимдер академиясынын академик Ж. Жеенбаев атындагы Физика институтунда жана Б. Ельцин атындагы Кыргыз - Орус Славян университетинин алдындагы Д01.21.633 диссертациялык кеңештин отурумунда болот, дареги: 720071, Бишкек шаары, Чүй проспектиси 265а. Zoom-webinar программасында диссертацияны коргоонун онлайн берүүсүнүн идентификациялык коду https://vc.vak.kg/b/d_0-pj7-m6b-mev

Диссертация менен Кыргыз республикасынын улуттук илимдер академиясынын жана Б.Н.Ельцин атындагы Кыргыз – Орус Славян университетинин борбордук илимий китепканасынан танышууга болот info@iobjournal.org

Автореферат «20» сентябрь 2021 ж. жөнөтүлдү.

Диссертациялык кеңештин
окумуштуу катчысы

ф-м. и. д., профессор



Касмамытов Н. К.

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Азыркы голографиялык интерферометриянын ыкмалары Е. Лейт, Ч. Вест, К. Стэтсон, Ю. И. Островский, А. А. Акаев, А. Марипов ж.б. окумуштуулар тарабынан иштелип чыккан жана өнүктүрүлгөн. Классикалык интерферометрлерде толкун фронтторун жазуу эмес, аларды салыштыруу жүрзүлгөндүктөн, мындай куралдар реалдуу убакта иштешет, бул болсо оптикалык элементтерден жогорку стабилдүүлүктү жана изилденип жаткан сүрөттөлүштүн да ушундай эле жогорку деңгээлдеги стабилдүүлүгүн талап кылат. Голографиялык интерферометрде салыштырылып жаткан толкун фронттору эс тутумда калат, дагы бир өлчөмдү, тагыраак айтканда, убакыт ичинде киргизүүгө мүмкүндүк берет. Бул айтылгандардын баардыгы голографиялык интерферометриянын эски ыкмаларын өнүктүрүүнү талап кылат жана жаңы ыкмаларын иштеп чыгуунун шексиз *актуалдуулугун* баса белгилейт.

Жогорку сезгичтик – интерферометриялык изилдөөлөрдүн негизи. Принципинде, интерферометриянын классикалык ыкмаларынын сезгичтигин жогорулатууга болот. Классикалык интерферометрияда толкун фронтунун каалагандай өзгөрүүсү оптикалык ыкма менен аныкталат, бул болсо сезгичтикти жогорулатуунун оптикалык ыкмалардын дал өзүн пайдаланууга мүмкүндүк берет. Бирок маалымат технологияларынын өнүгүүсү, ушундай натыйжаларга интерференциялык сүрөттөлүштүн жазылган жана санариптештирилген сүрөттөлүшүн ар кандай которуулар аркылуу жетишүүгө мүмкүндүк берет. Маалымат технологияларынын заманбап өнүгүүсү интерферограммаларды иштеп чыгуунун санариптик ыкмаларына өтүүнү кыйла *актуалдуу* кылууда жатат, бул болсо, биринчи иретте, голографиялык интерферометрияга тийиштүү, себеби голографиянын санариптик ыкмалар абдан жакшы иштелип чыккан, ал эми голографиялык интерферометриянын ыкмалары алда канча сезгич болууда. Башкача айтканда, фазалык чөйрөлөрдүн параметрлерин өлчөөнүн интерференциялык ыкмаларынын сезгичтигин өзгөртүүнүн эң чоң эффективдүүлүгүнө жетүү үчүн - биринчи иретте, голографиялык интерферометриянын санариптик ыкмаларын колдонуу аркылуу жетишүүгө болот, - бул болсо аталган ыкмаларды иштеп чыгуунун *актуалдуулугун* баса белгилеп турат.

Диссертациянын темасынын ири илимий программалар (долбоорлор) жана негизги илимий-изилдөөчүлүк иштер менен байланышы. Сунушталган иш демилгелүү болуп саналат.

Изилдөөнүн максаты жана маселелери.

Санариптик голографиялык интерферометрдин тутумдардын эффективдүүлүгүн жогорулатуунун жолун иштеп чыгуу.

Ишти аткаруунун жүрүшүндө төмөндөгүдөй негизги маселелер чечилди:

1. Голографиялык интерферометрлердин чыгуусундаалынган татаал интерферограммаларды алдын-ала иштетүүнүн ыкмасын иштеп чыгуу.
2. Голографиялык интерферометрдик системдин сезгичтигин санариптик жазуунун жана голограмманы калыбына келтирүүнүн негизинде жогорулатуунун ыкмасын иштеп чыгуу.
3. Эң жөнөкөй фазалык бирдей эместиктер үчүн өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктеринин көп каналдуу голографиялык интерферометрдин чыгуучу каналдарындагы так абалын аныктоо.

Алынган жыйынтыктардын илимий жаңылыгы:

1. Сүрөттөлүштөрдүн фокустарын ажыратуу аркылуу татаал интерферограммаларды алдын ала иштетүүнүн ыкмасы иштелип чыкты.
2. Голографиялык системдин чыгуусунда алынган санариптештирилген интерференциялык сүрөттөлүштү кайта өзгөртүп түзүүнүн жардамы аркылуу голографиялык интерферометрдин системдик сезгичтигин жогорулатуу ыкмалары иштелип чыкты.
3. Жөнөкөй фазалык бирдей эместиктер үчүн өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктеринин көп каналдуу голографиялык интерферометрдин чыгуучу каналдарындагы абалын аныктоого мүмкүндүк берүүчү катнаштар алынды.

Алынган жыйынтыктардын практикалык маанилүүлүгү.

1. Интерферограммаларды алдын ала иштетүүнүн ыкмасы катары сүрөттөлүштөрдүн фокустарын ажыратууну колдонуу, голографиялык интерферометрдин чыгуусунда алынган татаал интерферограммаларды алдын ала иштетүү процессин олуттуу тездетүүгө мүмкүндүк берет, бул болсо интерферограммаларды автоматтык түрдө иштеп чыгуучу системдин эффективдүүлүгүн жогорулатууга алып келет.

2. Санариптик жазуу жана голограмманы кайра калыбына келтирүүнүн негизинде голографиялык интерферометриялык системдин сезгичтигин жогорулатуу ыкмасы голографиялык интерферометрлердин сезгичтигин оптикалык схеманы кымбатка турган, татаал модернизацияланышы колдонуусуз эле олуттуу жогорулатууга мүмкүндүк берет.

3. Голографиялык интерферометрдин каналдарындагы өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктери интерферометриялык сүрөттөлүштү локалдаштыруу тегиздиктери менен дал келгендиктен, фазалык бир тектүү опастиктер бар учурда өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктеринин көп каналдуу голографиялык интерферометрдин чыгуу каналдарындагы так абалын аныктоо, голографиялык интерферометрдин чыгуусунда кыйла сапаттуу интерферограммаларды алууга мүмкүндүк берет.

Диссертациядагы коргоого алып чыгарылган негизги жоболор.

1. Голографиялык интерферометрлердин чыгуусунда алынган татаал интерферограммаларды алдын ала иштеп чыгуу ыкмасы.

2. Интерференциялык сүрөттүн санариптелген сүрөттөлүшүн өзгөртүү аркылуу голографиялык интерферометриялык тутумдун сезгичтигин жогорулатуу ыкмасы.

3. Жөнөкөй фазалык бир тектүү эместиктер бар учурунда өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктеринин көп каналдуу голографиялык интерферометрдин чыгуу каналдарындагы, абалдарын аныктоого мүмкүндүк берүүчү катнаштар.

Издөнүүчүнүн жеке салымы. Диссертацияда сунушталган натыйжалар автордун өз алдынча жүргүзгөн изилдөөлөрүнүн жыйынтыгы болуп саналат. Жеке салымы төмөнкүлөр: маселени коюуга катышуу, математикалык моделдерди иштеп чыгуу жана аларды компьютердик ишке ашыруу, алынган натыйжаларды талдоо.

Изилдөөлөрдүн жалпы багыты илимий жетекчи тарабынан сунушталган.

Изилдөөнүн натыйжаларын апробациялоо.

Диссертациянын негизги натыйжалары боюнча төмөнкү докладдар жасалган:

1. Фотоника жана маалыматтык оптика боюнча VII Эл аралык конференция, Москва, 2018-ж.;

2. Фотоника жана маалыматтык оптика боюнча VIII Эл аралык конференция, Москва, 2019-ж.;

3. Фотоника жана маалыматтык оптика боюнча IX Эл аралык конференция, Москва, 2020-ж.;

4. Фотоника жана маалыматтык оптика боюнча X Эл аралык конференция, Москва, 2021-ж.;

Диссертациянын жыйынтыктаврынын басылмаларда чагылдырылышынын толуктугу.

Изилдөөлөрдүн негизги жыйынтыктары 15 илимий макалаларда жарыяланган.

Диссертациянын түзүмү жана көлөмү.

Диссертация киришүүдөн, 3 баптан, корутундудан, колдонулган адабияттын 144 аталышты камтыган тизмесинен турат. Диссертациянын жалпы көлөмү 123 беттен, 31 сүрөттөн турат.

ИШТИН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүүдө диссертациянын темасынын актуалдуулугу ачылып көрсөтүлөт жана негизделет, изилдөөнүн максаты жана маселелери, илимий жаңылыгы жана иштин практикалык маанилүүлүгү, ошондой эле жактоого алып чыгарылган жоболор баяндалды.

Биринчи бапта «Интерферометриядагы голографиялык ыкмалар», багытында интерферометрияларды фазалык чөйрөлөрдүн голографиялык интерферограммаларын алуунун негизги ыкмаларынын обзору жүргүзүлдү. Интерференциялык-голографиялык ыкманын теориясынын негизги жоболорунун, практикалык маселелеринин жана потенциалдуу мүмкүндүктөрүнүн басымдуу бөлүгү Хормандын, Пауэллдин жана Стетсондун, Хефлингердин, Вуеркердин жана Брукстун (1965) алгачкы иштеринде чагылдырылган. Бүгүнкү күндө фазалык чөйрөлөрдү изилдөөдө голографиялык интерферометрия ыкмалары кеңири колдонулууда. Голографиялык

интерферометриянын классикалык интерферометриядан шексиз артыкчылыгы – убакыттын ар кандай моменттеринде калыптанган толкундарды салыштыруу мүмкүндүгү болуп саналат. Голография – сызыктуу процесс, себеби ал кийинчерээк кайрадан бир убакытта калыбына келтирилиши мүмкүн болгон эки же андан көп оптикалык толкундарды убакыт боюнча ирети менен каттоого мүмкүндүк берет. Ошондуктан анын жардамы менен толкундардын жыйындысын кошууну, кемитүүнү жана убакыт боюнча орточолонду жүргүзүүгө болот. Обзордо голографиялык интерферометриянын азыркы учурдагы - реалдуу убакыт, эки экспозиция жана жылдыруу ыкмалары ж.б. сыяктуу, - ыкмалары каралды жана талдоого алынды,

Ошондой эле, голографиялык интерферометриянын кеңири колдонулуучу санариптик ыкмаларына обзор жүргүзүлдү.

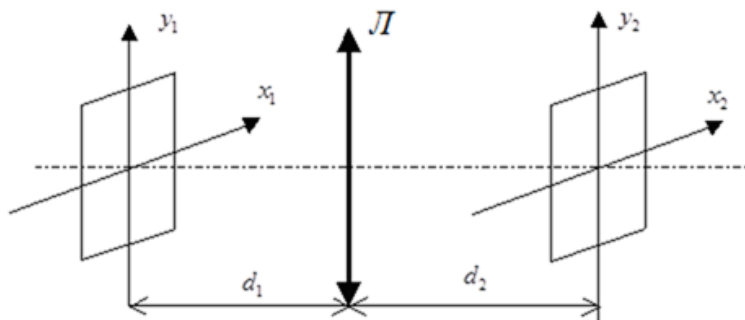
Обзордо көрсөтүлгөндөй, (оптикалык варианттагы) голографиялык интерферометрия да анын оптикалык вариантында ар кандай объектилерди изилдөө үчүн оптикалык схемаларды башкача кылып түзүүнүн татаалдыгына, көпчүлүк учурда кымбаттыгына байланышкан маанилүү кемчиликке ээ. Бул, өзгөчө, голографиялык интерферометрлердин сезгичтигин жогорулатуу мүмкүндүгүнө тийиштүү.

Маалымат технологияларынын өнүгүүсү, мындай натыйжаларга интерференциялык сүрөттүн жазылган жана санариптелген сүрөттөлүшүн ар кандай которулуштуруу аркылуу жетишүүгө мүмкүндүк берет. Голографиянын санариптик ыкмалары абдан жакшы иштелип чыккандыктан, жана голографиялык интерферометриянын ыкмалары алда канча сезгич болгондуктан интерферограммаларды иштетүүнүн санариптик ыкмаларына өтүү голографиялык интерферометрияда өзгөчө эффективдүүлүккө ээ. Башкача айтканда, фазалык чөйрөлөрдүн параметрлерин өлчөнүн интерференциялык ыкмаларынын сезгичтигин өзгөртүп туруунун эң чоң эффективдүүлүгүнө жетүү үчүн биринчи иретте, голографиялык интерферометриянын санариптик ыкмаларын колдонуу аркылуу жетүүгө болот.

Экинчи бапта, «Голографиялык интерферометрлердин мүнөздөмөлөрүн жакшыртуу жана интерферограммаларды иштеп чыгуу ыкмалары», изилдөө объектиси - санариптик голографиялык интерферометрлер жана бул куралдардын чыгуусунда алынган интерферограммалар аныкталды. **Изилдөө предмети** - интерферометриялык системде алынган интерферограммаларды санариптик иштеп чыгуу ыкмалары аркылуу голографиялык интерферометрдин мүнөздөмөлөрүн жакшыртуу мүмкүнчүлүгүн изилдөө. Бул бап, негизинде изилдөөдө көрсөтүлгөн маселелер чечиле турган теориялык моделдерди куруу жана чечүү ыкмаларын кароого арналган.

Татаал иштеп чыгуу. Голографиялык интерферометрдин чыгуусунда алынган татаал интерферограммаларды алдын-ала иштеп чыгуунун жалпы ыкмасы каралды. Сүрөттөлүштөрдү дефокустоо процессине негизделген интерферограммаларды алдын-ала иштеп чыгуу

жолунун эффективдүүлүгү жөнүндө тыянак чыгарылды. Компьютерге киргизүүнүн алдындагы алдын ала даярдоо этабында интерферограммаларды машиналык иштеп чыгуу системдеринде интерферограммалардын фокустарын ажыратуу жетишерлик эффективдүү болуп саналат. Бул ыкма, жогорку жыштыктагы, ошондой эле төмөн жыштыктагы түзүүчүлөрдү камтыган татаал түрдөгү интерферограммалардын фокустарын ажыратуу деңгээлин тандоо аркылуу анын жогорку жыштыктагы түзүүчүсүн четтетүүгө мүмкүндүк берет. Жогорку жыштыктагы түзүүчүсүн четтетүү максатында, интерферограммалардын фокустарын ажыратуу үчүн колдонулуучу оптикалык системде когеренттүү эмес жарык нурлануусун колдонуунун керектиги көрсөтүлгөн. Мындай системдерди талдоо, оптикалык системде колдонулуучу когеренттик эмес нурлануунун толкун узундугу боюнча орточолонгон кайсыл бир мааниси үчүн жүргүзүлдү. 2.1-сүрөтүндө жарыктын когеренттүү эмес нурларындагы кайсыл бир объекттин сүрөттөлүшүн алуу үчүн колдонулуучу жөнөкөйлөтүлгөн оптикалык систем көрсөтүлгөн.



2.1-сүрөт. Объекттин тегиздиктерин, сүрөттөлүштүн жана линзанын оптикалык системде жайгаштырылышынын схемасы. d_1 жана d_2 - тиешелүү түрдө объекттин тегиздигинен линзага чейинки жана линзадан сүрөттөлүштүн тегиздигине чейинки аралыктар L -линза.

Изилденип жаткан объектти когеренттүү эмес жарык менен нурлантууда оптикалык түзүлүш аркылуу кайра өзгөртүү процесси жарыктын интенсивдүүлүгүнө салыштырмалуу функция түрүндө жазылат. Ушундай божомолдоого таянуу менен бул системдин оптикалык өткөрүп берүүчү функциясы үчүн төмөнкүдөй туюнтма алынды:

$$\mathcal{K}(l, |) = \frac{\iint Z\left(\alpha, \frac{|}{2}, \left| \frac{d_1}{2} \right| \right) Z\left(\alpha, \frac{|}{2}, \left| \frac{d_2}{2} \right| \right) d\alpha d|}{\iint Z(\alpha, |) d\alpha d|} \quad (2.1)$$

$Z(x, y)$ - каралып жаткан оптикалык системдин кирүү карегин мүнөздөөчү функция; l - толкун узундугунун орточолонгон мааниси; d_2 - линза жана сүрөттөлүш жайгаштырылган тегиздиктердин ортосундагы аралык; $(l, |)$ -

жыштыктык аймагындагы чекиттердин координаталары; $\mu = \mu^1 + \frac{l}{2}$, $\tau = \tau + \frac{\eta}{2}$, μ^1 жана τ^1 - кирүү тегиздигинин чекиттеринин координаталары.

Оптикалык системдин мүмкүн болгон абберациясын эске алуу үчүн, башкача айтканда, (x, y) координаталарына ээ болгон кайсыл бир чекиттеги фазалык так эместикти мүнөздөө үчүн, оптикалык түзүлүштүн карегинен $kV(x, y)$ функциясы киргизилет. Бул функцияда $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ толкун санын көрсөтөт, ал эми V - жарык толкуну басып өткөн аралыктын так эместигинин мүнөздөмөсү. Так эместиктин функциясын жазуунун көрсөтүлгөн формасы, оптикалык түзүлүштүн өткөрүү коэффициентин төмөнкүдөй катнаш түрүндө көрсөтүүгө мүмкүндүк берет:

$$Z_j(x, y) = Z(x, y) \exp[ikV(x, y)] \quad (2.2)$$

Мында, $Z_j(x, y)$ - оптикалык түзүлүштүн чыгуучу карегин мүнөздөөчү функциянын жалпы түрү. Абберацияны киргизүү, оптикалык түзүлүштүн өткөрүп берүүчү функциясын төмөнкүдөй туюнтма түрүндө берүүгө мүмкүндүк берет:

$$G(l, |) = Z(l, d_2, |, d_2, |) \exp[ikV(l, d_2, |, d_2, |)]. \quad (2.3)$$

Абберацияларды эске алуу аракетин, каралып жаткан оптикалык түзүлүштүн өткөрүп берүүчү функциясын төмөнкүдөй катнаш түрүндө мүнөздөөгө алып келет:

$$\begin{aligned} & \&(l, |) = \\ & \frac{\iint_{B(l, |)} \exp[ikV(l, d_2, |, d_2, |)] \exp[ikV(l, d_1, |, d_1, |)] \exp[ikV(l, d, |, d, |)]}{\iint_{B(0,0)} d\alpha} \quad (2.4) \end{aligned}$$

Фокустарды ажыраткан учурда жука линза үчүн катнаш төмөнкүдөй түргө ээ болот:

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f} = \tau^m,$$

мында d_1 - объекттик тегиздик менен линзанын ортосундагы аралык; f - линзанын фокустук аралыгы; τ^m - фокусталган сүрөттөлүштүн тегиздигинен четтөө. Фокусту ажыраткан учурдагы абберациянын функциясы төмөнкүдөй түрдө болот:

$$V(x, y) = \frac{\text{TM}(x^2 + y^2)}{2}.$$

Кирүү кареги квадрат түрүндө болгон оптикалык систем үчүн кирүү карегинин функциясы төмөнкүдөй түргө ээ болот: $Z(x, y) = \text{rect}\left\{\frac{x}{b}\right\} \text{rect}\left\{\frac{y}{b}\right\}$, мында b - квадраттын жактары.

Оптикалык өткөрүп берүүчү функциясы бул учурда мындай түргө ээ болот:

$$\&(l, |) = 4 \frac{\sin[km_x^{\text{TM}}(b/2 - m_x)] \sin[km_y^{\text{TM}}(b/2 - m_y)]}{km_x^{\text{TM}} km_y^{\text{TM}} b^2}. \quad (2.5)$$

Мында $m_x = \frac{\lfloor d_x \rfloor}{2}$, $m_y = \frac{\lfloor d_y \rfloor}{2}$. TM

Диаметри b тегерек түрүндөгү кирүүчү кареги бар оптикалык систем үчүн:

$$Z(x, y) = \text{circ}\left\{\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{b/2}\right\}. \quad (2.6)$$

Тегерек формадагы кирүүчү кареке ээ оптикалык түзүлүштүн өткөрүп берүүчү функциясы үчүн катнаш:

$$\&^{kp}(l, |) = 4 \int_{\mathcal{L}_1} \exp(-ikC^{\text{TM}} x') \mathcal{L}_2 dx' / (\pi b^2), \quad (2.7)$$

мында $C = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$, $m_x = \frac{\lfloor d_x \rfloor}{2}$; $m_y = \frac{\lfloor d_y \rfloor}{2}$.

бул жерде $\mathcal{L}_1 = \mathcal{L}_2 = \sqrt{R^2 - m_x^2 - m_y^2}$.

Голографиялык интерферометрдин сезгичтигин жогорулатуу ыкмасы.

Голографиялык интерферометрдик системдин сезгичтигин, голографиялык интерферометрдин чыгуусунда алынган санариптик интерференциялык сүрөттү өзгөртүү аркылуу жакшыртуу ыкмасы каралган.

Голографиялык интерферометрди сезгичтигин жакшыртуу мүмкүндүгүн теориялык негиздөө үчүн квази-Фурье голограмманы жазуунун классикалык схемасы каралды. Бул схемада октон тышкаркы чекиттик таянычтык булак жана объект системдин кирүү тегиздиги деп атаса боло турган тегиздикте жайгаштырылган. Санариптик голографиянын учурунда, чыгуу тегиздик катары адатта фотоматрицанын каттагычтарынын тегиздигин алышат.

Системдин кирүү тегиздиги менен фотоматрицанын тегиздигинин ортосундагы аралыкты l аркылуу белгилейбиз. Кирүү тегиздигиндеги жана чыгуу тегиздигиндеги координаталар системасы тиешелүү түрдө (x_0, y_0) жана (x, y) деп белгилейбиз.

Фотоматрица тарабынан катталган жана өзүн интерференциялык сүрөт түрүндө көрсөткөн интенсивдүүлүктүн бөлүштүрүлүшүн, санариптик голограмма түрүндө кароого мүмкүн. Эгерде мындай голограммага Френелдин тескери өзгөртүү операциясын колдоно турган болсок, ал эми биздин учурда бул аракет Фурьенин тескери өзгөртүүсүнө туура келет, анда биз баштапкы объекттин кайра калыбына келтирилген бурмаланган жана чыныгы сүрөттөлүштөрүн, ошондой эле, нөлдүк дифракциялык тартипти ала алабыз. Талдоочулук түрдө бул процедураны төмөнкүдөй түрдө жазууга болот:

$$v(x_0, y_0, z_0) = \frac{\exp(ikz_0)}{ikz_0} \exp\left\{i\frac{\pi}{\lambda z_0}(x_0^2 + y_0^2)\right\} + \int \int v_z(x, y, z) \exp\left\{i\frac{\pi}{\lambda z}(x^2 + y^2)\right\} \exp\left\{-\frac{i2\pi}{\lambda z}(x_0x + y_0y)\right\} dx dy. \quad (2.8)$$

Эгерде сөз интенсивдүүлүктүн голограмманын тегиздигиндеги же, биздин учурда, фотоматрицанын тегиздигиндеги бөлүштүрүлүшү жөнүндө болуп жатса, анда өзүн фотоматрица аркылуу катталган интерференциялык сүрөт түрүндө көрсөткөн жарык талаасынын интенсивдүүлүгүнүн бөлүштүрүлүшү төмөнкүдөй түргө ээ болот:

$$I(x, y) = |v(x, y)|^2. \quad (2.9)$$

(2.9) формуласына таянуу менен, интенсивдүүлүк үчүн төмөнкү формуланы жазабыз:

$$I(x, y) = I_u(x, y), \text{ где } I_u(x, y) = |u(x, y)|^2. \quad (2.10)$$

Көрсөтүлгөн формулалардын санариптик голографиялык интерферометрияда колдонууга жарамдуулугун карап чыгабыз.

Объекттик толкундун фазасын $\varphi(x_0, y_0)$ чоңдугуна өзгөртөбүз. Анда кирүү тегиздигиндеги объекттик толкун мындай түрдө болот: $u^2(x_0, y_0) = a \exp[i\varphi(x_0, y_0) + i\varphi(x_0, y_0)]$ түрүнө ээ болот. Бул учурда голограмманы жазуу тегиздигиндеги объекттик толкун төмөнкүдөй түрдө болот:

$$v(x, y, z) = \frac{\exp(ikz)}{ikz} \exp\left\{i\sqrt{\frac{x^2 + y^2}{z}}\right\} + |u(x_0, y_0)| \exp\left[i\sqrt{\frac{x^2 + y^2}{z}}\right] \cdot \exp\left\{i\sqrt{\frac{x_0^2 + y_0^2}{z}}\right\} \exp\left\{\frac{i2\sqrt{\frac{x_0x + y_0y}{z}}}{z}\right\} dx_0 dy_0 \quad (2.11)$$

Эки экспозиция ыкмасы, математикалык сөз менен айтканда эки толкундун – баштапкы $u(x, y)$ а фазасы өзгөртүлгөн $u^2(x, y)$ толкундардын суммасын кайра калыбына келтирүүнү билдирет. Интерференциялык сүрөт интенсивдүүлүктөрдүн бөлүштүрүлүшү түрүндө катталгандыктан:

$$I(x, y) = [u(x, y) + u^2(x, y)][u(x, y) + u^2(x, y)]^* = 2a^2 + a^2 \{ \exp[i\sqrt{\frac{x^2 + y^2}{z}}] + \exp[-i\sqrt{\frac{x^2 + y^2}{z}}] \} \quad (2.12)$$

Интенсивдүүлүктү жазуунун комплекстүү формасынан чыныгы формасына өтүү үчүн Эйлердин формуласын колдонобуз:

$$I(x, y) = 2a^2 + 2a^2 \cos\left[\sqrt{\frac{x^2 + y^2}{z}}\right] \quad (2.13)$$

(2.10) катнаштарын эске алуу менен (2.13) туюнтмасын төмөнкүдөй түрдө көрсөтүүгө болот:

$$I_{\odot} = I_u(x, y) B_{\odot} \{1 + \cos\left[\sqrt{\frac{x^2 + y^2}{z}}\right]\}, \quad (2.14)$$

мында B_{\odot} - сүрөттөлүштүн толук, б.а. сүрөттөлүштүн суммардык жарыктыгын көрсөтүүчү кандайдыр бир чыныгы коэффициент, I_{\odot} - кадимки, жакшыртылбаган сезгичтик учурундагы, интерференциянын тилкелери менен модулдаштырылган, кайра калыбына келтирилген объекттин сүрөттөлүшү.

Объекттик жана таянычтык толкундар, фотоматрица аркылуу катталган интерференциялык сүрөт жөнүндөгү санариптик маалыматтын бар болушу бул маалыматтар менен ар кандай математикалык операцияларды жүргүзүүгө, андан соң аларды кайрадан экранга чыгарууга, б.а. визуализациялоого мүмкүндүк берет. Аталган операцияларды объекттен тартып чыгуу тегиздигине чейин, ошондой эле, тутумдун чыгуусунда фотоматрица аркылуу катталган интенсивдүүлүктү түздөн-түз бөлүштүрүү аркылуу жүргүзүүгө болот. Бул санариптик чыпкалоо, кичирейтүү ж.б. сыяктуу операциялар.

Биздин интерферометрдик системдин чыгуусунда алынган төмөнкүдөй математикалык операцияларды иреттөнү жүргүзөбүз:

1. Чыгуу тегиздигинде жарык талааларын баштапкы объекттен жана фазасы өзгөртүлгөн объекттен кемитүү операциясын жүргүзөбүз. Алынган

жыйынтыкты калыбына келтиребиз, б.а. биздин учурда бул Фурьенин тескери калыбына келтирүү операциясы болот, андан соң жыйынтыкты жарык талааларынын айырмасы үчүн интенсивдүүлүктүн бөлүштүрүлүшү түрүндө көрсөтөбүз.

$$\begin{aligned} \square v(x_0, y_0, z_0) &= \frac{\exp(ikz_0)}{ikz_0} \exp\left\{i \frac{(x_0^2 + y_0^2)}{2z_0}\right\} \\ &+ \int \int \left[v_z(x, y, z) \square v_z(x, y, z) \right] \exp\left\{i \frac{(x^2 + y^2)}{2z}\right\} \exp\left\{i \frac{(x_0 x + y_0 y)}{z}\right\} dx dy \end{aligned} \quad (2.15)$$

Интенсивдүүлүктүн бөлүштүрүлүшүн төмөнкүдөй катнаш түрүндө табабыз

$$I_1(x_0, y_0) = |\square v(x_0, y_0, z_0)|^2 = [\square v(x_0, y_0, z_0)][\square v(x_0, y_0, z_0)]^*, \quad (2.16)$$

себеби жалпы учурда $\square v(x_0, y_0, z_0)$ комплекстүү туюнтма. Чыгуу тегиздиги үчүн (2.16) туюнтмасын (2.14) туюнтмасы менен окшоштукта төмөнкүдөй түрдө көрсөтүүгө болот

$$I_1(x, y) = I_u(x, y) B_{\odot} \{1 \square \cos[\square \backslash(x, y)]\}. \quad (2.17)$$

2. (2.14) туюнтмасынан (2.17) туюнтмасын кемитебиз. Алынган натыйжаны экинчи даражага көтөрөбүз

$$I_2 = [I_{\odot}(x, y) \square I_1(x, y)]^2 = I_u^2(x, y) B_2 \{1 + \cos[2\square \backslash(x, y)]\} \quad (2.18)$$

(2.18) катнашынан жүргүзүлгөн операциялардын ирети баштапкы жана бурмаланган толкундун ортосундагы фазалардын жылышын эки эсеге көбөйтө тургандыгы көрүнүп турат, бул болсо интерференциялык тилкелердин жыштыгынын чыгуу тегиздигинде да эки эсеге көбөйүшүнө алып келет. Б.а. голографиялык интерферометрдин сезгичтиги эки эсеге көбөйөт.

Голографиялык интерференциялык системдин сезгичтигин жогорулатуунун I_2 үчүн сунушталган схемасын жалпылап, төмөндөгүнү жазабыз:

$$I_{2^m} = I_u^{2^m} \frac{B_{\odot}^{2^m}}{2} \{1 + \cos[2^m \square \backslash(x, y)]\}, \text{ где } m = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (2.19)$$

(2.19) катнашынан көрүнүп тургандай, голографиялык интерферометрдин сезгичтигин жогорулатуу интерференциялык сүрөттүн тилкелердин контрастын начарлата алган, мүмкүн болгон спекл-добуштар менен, ал эми санариптик голограмма учурунда – фотоматрицанын айырмалосу менен гана чектелиши мүмкүн.

(2.19) катнашы, голографиялык интерферометр каттай ала турган оптикалык айырма үчүн туюнтманы алууга болот:

$$\square L = 2^{\square m} \square K(x, y). \quad (2.20)$$

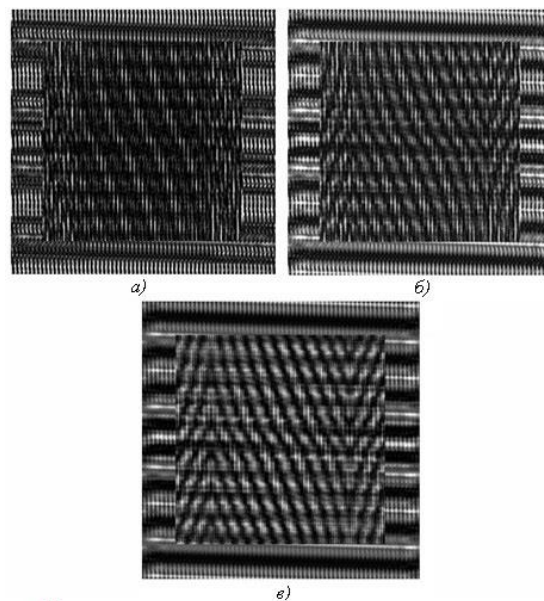
(2.20) туюнтмасы өзүн итерациялык катнаш түрүндө көрсөтөт. Бул катнаш берилген тажрыйбалык маалыматтардын негизинде m параметринин ар кандай маанилери үчүн жүрүштүн оптикалык айырмасын эсептөөгө мүмкүндүк берет. m параметрин өзгөртүү аркылуу биздин голографиялык интерференциялык систем каттай ала турган турган жүрүштүн оптикалык айырмасынын маанисин өзгөртө алабыз. Өтө төмөн оптикалык тыгыздыктагы жана оптикалык бир тектүүлүгү анча чоң эмес өзгөргөн, фазалык чөйрөлөр б.а. $\square L(x, y) < \square$ ээ чөйрөлөр үчүн m дин маанисин чоңойтобуз.

Фазалык чөйрөлөр бар учурунда өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктеринин абалын аныктоо.

Өзүн-өзү пайда кылуу эффектинен негизделген интерферометрлерде жарыш жайгашкан эки торчо колдонулат, ошол эле убакта экинчи торчо биринчи торчонун өзүн-өзү пайда кылуу тегиздигинин так өзүндө жайгаштырылышы керек. Бирок бул торчолордон ортосунда жайгаштырылган, изилденип жаткан фазалык объект бул тегиздиктердин абалына таасир кылат. Мындан тышкары өзүн-өзү пайда кылуу эффекти пайдаланылган көп каналдуу голографиялык интерферометрлер учурунда өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктери, интерференциялык сүрөттүн локалдашуу тегиздигин аныкташат. Мунун баардыгы фазалык бир тектүү эместик бар учурунда өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктеринин абалдарын так аныктоонун зарылдыгын божомолдойт. Фазалык чөйрөлөр бар учурунда жарык талаасын табуунун жалпы алгоритми татаал жана кыйла эмгекти талап кылат. Эгерде каалагандай, жетишерлик татаал фазалык чөйрөнү жөнөкөй жука линза, жарыш тактага жана жука оптикалык шынаа сыяктуу, фазалык бир тектүү эместиктердин жыйындысы катары элестете турган болсок, татаал фазалык чөйрөлөрдүн мүнөздөмөлөрүн аныктоо маселесин алда канча жөнөкөйлөтүүгө болот. Б.а. торчо аркылуу өткөн жарык талаасына каалагандай фазалык чөйрөлөрдүн тийгизген таасири жөнүндө маселени чечүү үчүн көрсөтүлгөн элементардык фазалык бир тектүү эместиктердин бул талаага тийгизген таасирин эсептеп чыгуу зарыл.

Үчүнчү бапта. “Компьютердик моделдөөнүн жана оптикалык тажрыйбалардын жыйынтыктары” изилдөө маселелерин чечүү үчүн тандап алынган ыкмаларды жана аларды чечүү үчүн сунушталган математикалык негиздөөгө мүмкүндүк берүүчү моделдер оптикалык тажрыйбалардын жана компьютердик моделдөөнүн жыйынтыктары каралды.

Татаал интерферограммаларды иштетүү ыкмасы. Каалагандай түрдөгү абберрацияга ээ оптикалык системдин каралган модели санариптик көп каналдуу голографиялык интерферометрдин чыгуусунда алынган фазалык чөйрөлөрдүн татаал интерферограммаларын алдын-ала иштеп чыгуу үчүн колдонулган. Фокустарды ажыратуунун таасирин изилдөө максатында интерферометрдин каналдарынан жогорку сезгичтиктеги алынган интерферограммалар каралды. Бул каналдарда жогорку жыштыктагы түзүүчүлөрдү, ошондой эле төмөнкү жыштыктагы муардык тилкелерди камтыган интерферограммалар калыптанышат. Бул учурда изилденип жаткан объект жөнүндөгү маалыматты эки түзүүчү тең алып жүрөт.

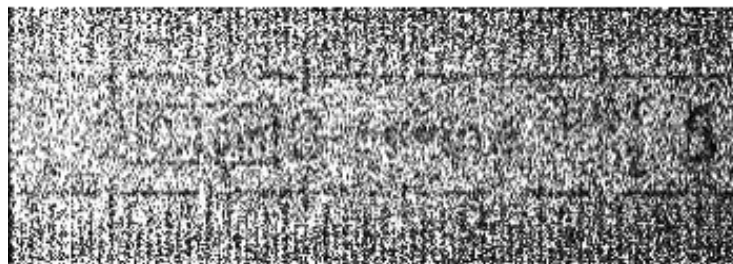


3.1- сүрөт. Сфералык абберрацияга ээ линзанын интерферограммасы.

- а). Фокусту ажыратуу жок, $\alpha = 0$; Фокусту ажыратуу коэффициенти $\alpha = 0,003$;
 в). Фокусту ажыратуу коэффициенти $\alpha = 0,005$.

Голографиялык интерферометрдин сезгичтигин жогорулатуу ыкмасы

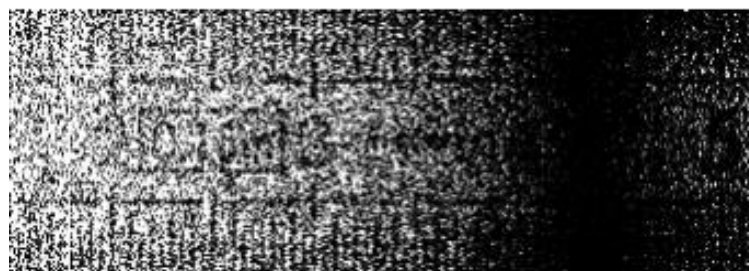
Голографиялык интерферометрдин сезгичтигин жогорулатуунун сунушталган ыкмасы тажрыйбада текшерилди. Изилдөөнүн фазалык объекти катары тунук пластиктен жасалган сызгыч колдонулду.



3.2-сүрөт. Деформацияланбаган объекттин голограммасын калыбына келтирүүдө алынган чыныгы сүрөттөлүш.



3.3-сүрөт. Аз деформацияланган фазалык объекттин санариптик голограммасын калыбына келтирүүдө алынган чыныгы сүрөттөлүш.



3.4-сүрөт. Голографиялык интерферометрдин сезгичтигин эки эсеге күчөткөндө алынган чыныгы сүрөттөлүш.



3.5-сүрөт. Изилденип жаткан объекттин голографиялык интерферометрдин сезгичтигин төрт эсеге күчөткөн кезде калыбына келтирилген чыныгы сүрөттөлүш.

3.2- сүрөттө калыбына келтирилген, деформацияланбаган фазалык объект (тунук пластиктен жасалган сызгыч) көрсөтүлгөн. Буга чейин айтылгандай, данчалуулуктун жогору болушу, санариптик голограмманы калыбына келтирген учурда, жазуучу фотоматрицанын ажыратуу жөндөмдүүлүгүнүн жетишсиздиги менен түшүндүрүлөт. Бирок, интерференциялык сүрөттүн өзгөрүүсүнүн мыйзам ченемдүүлүгү бул учурда да кыйла айкын көрүнөт. 3.2-3.5-сүрөттөрүндө деформацияланган объекттин голограммасын, сезгичтик күчөтүлбөгөн, эки эсеге жана төрт эсеге күчөтүлгөн учурдагы калыбына келтирүүнүн жыйынтык көрсөтүлгөн.

Деформация аз учурундагы жана голографиялык күчөтүү жок кездеги 3.2 жана 3.3-сүрөттөрүндөгү сүрөттөлүштөр иш жүзүндө бири-бирине дал келишет. Б.а. интерферометр изилденип жаткан объектте пайда болгон начар деформацияны сезбейт. Эки эсеге күчөткөндө, деформацияланган тилкелер байкалат (3.3-сүрөт), бирок голографиялык сезгичтикти төрт эсеге күчөтүү өтө

чоң деформацияга туш болгон тилкелерди кыйла так аныктоого мүмкүндүк берет (3.5-сүрөт).

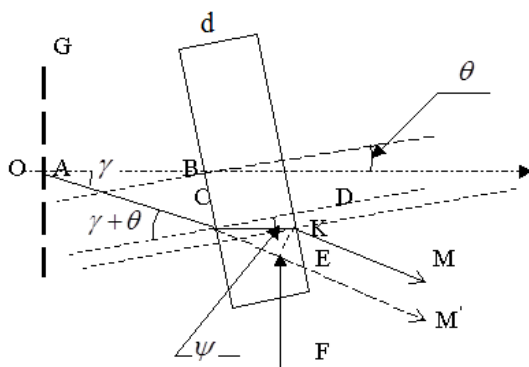
Алынган тажрыйбалык натыйжалар голографиялык интерферометрдин сезгичтигин күчөтүү ыкмасынын ишке жөндөмдүүлүгүн тастыктады.

Фазалуу чөйрөлөр бар учурдагы өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктеринин абалын аныктоо. Фазалык чөйрөлөр бар учурдагы өзүн-өзү кылуу тегиздиктеринин абалын аныктоочу катнаштар талдоо жолу менен алынды.

Бардык жерде төмөндөгүчө \int - торчонун мезгили, a - торчонун апературасы, z - учурдагы инат.

Жалпак жарыш такта. Сызыктуу торчо жана жалпак жарыш такта аркылуу өткөн жарык талаасынын фазалык бурмаланышы бир гана К-гармониялык түзүүчү (3.6-сүрөт) үчүн эсептелет. Каралып жаткан жалпак жарыш тактанын калыңдыгы d , сындыруу көрсөткүчү n_{nl} жана Z огу менен бурчун түзөт. Торчо аркылуу өткөндөн кийин, жарык шооласынын спектрге ажырашынын натыйжасында пайда болгон К-гармониялык түзүүчүнүн таралуу багыты К-гармониялык түзүүчүнүн таралуу багыты менен оптикалык системдин огунун ортосунда түзүлгөн ψ - бурчунун чоңдугу менен аныкталат.

Көрсөтүлгөн бурч, иш жүзүндө, жалпак жарык толкунунун решеткадагы дифракциясынын бурчу болуп саналат.



3.6-сүрөт. Жалпак жарыш такта аркылуу өткөн жарык толкунунун фазасында өзгөрүү пайда болуу процессинин схемалык сүрөттөлүшү.

Решетка жана жалпак жарыш такта аркылуу өткөн жарык талаасы төмөнкүдөй түргө ээ:

$$U_p(x, y, z) = \frac{1}{2\sqrt{z}} \exp\left\{ik\left[z + d\left(n_{nl} - 1\right) + \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{n_{nl}^2}\right)\right]\right\} \sum_{m=-T}^T b_m \exp\left\{2i\left[\frac{m}{d}\right]x + \dots\right\}$$

\int

$$\cdot \left(1 - \frac{1}{n_{nl}}\right) \frac{m^2 \lambda}{2 \Gamma^2} \left[z - d \left(1 - \frac{1}{n_{nl}}\right) \right] \left\{ \sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}} (a - y) \right\} \left\{ \sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}} (a - y) \right\} \left\{ \sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}} \cdot \right. \\ \cdot \left. \left[a - x + \frac{m \lambda z}{\Gamma} + \frac{m}{n_{nl}} \left(d \left(1 - \frac{1}{n_{nl}}\right) \right) \right] \right\} \sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}} \left(a - x + \frac{m \lambda z}{\Gamma} + \frac{m}{n_{nl}} \left(d \left(1 - \frac{1}{n_{nl}}\right) \right) \right) \left. \right\}. \quad (3.1)$$

мында $\int_0^x \exp(i \frac{\pi}{2} |t|^2) dt$ - Френелдин интегралы, $m=0, 1, 2, 3, \dots$ - торчонун

дифракциялык катарын аныктайт. (3.1) катнашы өткөрүүчү жалпакжарыш такта түрүндөгү фазалык чөйрөнүн бар болушу өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктеринин Z огуна бойлото $d \left(1 - \frac{1}{n_{nl}}\right)$, ал эми X огуна бойлото $\left(d \left(1 - \frac{1}{n_{nl}}\right) \right)$

барabar аралыкка которулушуна алып келерин көрсөтөт. Б.а. өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктеринин жалпы бөлүштүрүлүшү деформацияланбайт, өзгөрүүсүз кала берет, бирок, тегиздиктердин бардык жыйындысы бир бүтүн катары, Z жана X окторун бойлото которулат.

Жука оптикалык шынаа. Жука оптикалык шынаа учурунда жарык талаасынын фазасынын өзгөрүшүн төмөнкүчө көрсөтүүгө болот.

$$f_c = k \int x_2, \text{ где } \int = (n_{kl} - 1) \text{tg} \langle. \quad (3.2)$$

Мында \langle - шынаанын чокусундагы бурчтун чоңдугу, (x_2, y_2, z_2) - объект тегиздиги.

Оптикалык шынаа бар учурундагы жарык талаасынын бөлүштүрүлүшү төмөнкүдөй түрдө көрсөтүлөт:

$$U_c(x, y, z) = \frac{1}{\sqrt{2}} \exp\left[i\left(kz - \frac{\pi}{4}\right)\right] \exp\left(-2 \int^2 \frac{z - z_2}{2\lambda}\right) \prod_{m=0}^T b_m \exp\left\{2i \int \left[\frac{m}{\Gamma} \cdot \left[x - \int (z - z_2) \right] + \frac{m \lambda z}{\Gamma} \right] \right\} \left\{ \sqrt{\frac{k}{\pi z}} \left[a - x + (z - z_2) \int + \frac{m \lambda z}{\Gamma} \right] \right\} \quad (3.3)$$

$$\left\{ \sqrt{\frac{k}{\pi z}} \left[a - x + (z - z_2) \int + \frac{m \lambda z}{\Gamma} \right] \right\} \left\{ \sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}} (a - y) \right\} \left\{ \sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}} (a - y) \right\} \quad (3.3)$$

формуласынан оптикалык шынаанын таасири алдында жарык талаасынын бөлүштүрүлүшүндөгү өзгөрүү бул талаанын X огуна жарыш которулушуна жана өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктеринин \int бурчуна бурулушуна алып келери келип чыгат. Эгерде координаталар системин баштапкы оптикалык окко карата \int бурчуна бурсак, анда, талааны бөлүштүрүү оптикалык шынаа жок учурундагы бөлүштүрүүгө дал келет.

Жука линза. Жука линзаны, өтүп жаткан жарык толкунуна тийгизген тазалык таасирдин көз карашы боюнча төмөнкүдөй түрдө көрсөтүүгө болот:

$$\varphi_L = k[nd - (x_1^2 + y_1^2)/2F]. \quad (3.4)$$

Мында d - линзанын окуту бойлото калыңдыгы, F – анын фокустук аралыгы. Линзанын артындагы жарык талаасы төмөнкүдөй түргө ээ болот:

$$U_L(x, y, z) = \frac{F}{4(F - z)} \exp(ikz) \exp(ikn_L d) \exp[-i \sqrt{\frac{F}{F-z}} (x^2 + y^2)] \cdot \left\{ \sqrt{\frac{F}{F-z}} \cdot \left(a - \frac{F}{d1} y \right) \right\} \cdot \left\{ \sqrt{\frac{F}{F-z}} \left(a - \frac{F}{d1} y \right) \right\} \cdot \prod_{m=0}^T b_m \exp[2i \left(\frac{m}{d1} x - \frac{m^2}{2(F-z)} z \right)] \cdot \left\{ \sqrt{\frac{F}{F-z}} \left(a - \frac{F}{d1} x + \frac{mz}{F} \right) \right\} \cdot \left\{ \sqrt{\frac{F}{F-z}} \left(a - \frac{F}{d1} x + \frac{mz}{F} \right) \right\}. \quad (3.5)$$

$$\text{Бул жерде } z1 = \frac{Fz}{F - z}; \quad d1 = \frac{F(F - z)}{F}. \quad (3.6)$$

Өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктеринин мейкиндиктеги жыштыгы жогорулайт, б.а. линзанын фокусуна жакындаган сайын алардын ортосундагы аралык азаят, ал эми фокустун артында өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктеринин жайгашуу картинасынын күзгү сыяктуу чагылдырылышы пайда болот. Фокуска жакындаганда өзүн-өзү пайда кылуу тегиздиктеринин өлчөмдөрү кичиррейет, ал эми фокустун артында фокустан алыстаган сайын чоңоет.

КОРУТУНДУ

1. Голографиялык интерферометрлердин чыгуусунда алынган татаал интерферограммаларды алдын ала иштеп чыгуунун ыкмасы иштелип чыкты. Когеренттүү эмес жарык нурлануусу менен иштеген, ар түрдүү типтеги, анын ичинде, сүрөттөлүштөрдүн фокустарын ажыратууну камтыган оптикалык аберрациялар киргизилген системдин математикалык модели түзүлдү. Сүрөттөлүштөрдүн (интерферограммалардын) фокустарын ажыратуу интерференциянын сүрөтүндөгү төмөнкү жыштыктагы жана жогорку жыштыктагы түзүүчүлөрүн бөлүүгө мүмкүндүк бере тургандыгы көрсөтүлдү.

Тегерек жана квадрат түрүндөгү көзөнөктөрү бар оптикалык тутумдардын өткөрүп берүү функциялары үчүн туюнтмалар алынды. Кируу көзөнөгүнүн формасынын өзгөрүшү оптикалык тутум аркылуу калыптандырылуучу сүрөттөлүшкө олуттуу таасир бербей тургандыгы көрсөтүлдү.

Оптикалык системди компьютердик моделдештирүүнүн жыйынтыктарын ар бир конкреттүү учурда интерферограмманы фокустоо даражасынын деңгээлин интерференция сүрөтүндөгү төмөнкү жыштыктагы

түзүүчүсүн бөлүп алса болгондой кылып тандап алууга болорун көрсөтүү, б.а. фокусту ажыратууну интерферограмманы алдын-ала иштетүү стадиясында төмөнкү жыштыктагы чыпка катары пайдаланууга мүмкүн.

2. Голографиялык интерферометрдик системдин интерференциялык сүрөттүн санариптелген сүрөттөлүшүн өзгөртүп түзүү сезгичтигин аркылуу жогорулатуу ыкмасы иштелип чыкты. Фазалык объекттин эки экспозиция ыкмасы менен алынган голограммасын жазуу жана сандык калыбына келтирүү процессине теориялык талдоо жүргүзүлдү. Талдоо голографиялык интерферометрдин чыгуусунда алынган санариптештирилген интерференциялык сүрөттү өзгөртүп түзүү аркылуу, голографиялык интерферометрдин сезгичтигин жогорулатуу мүмкүндүгүн көрсөттү.

Негизинде голографиялык интерферометрдин сезгичтигин «2» эсеге жогорулатууга мүмкүндүк берүүчү жалпыланган катнаштар алынды, мында $m=0, 1, 2, \dots$. Голографиялык интерферометрдин сезгичтигин жогорулатуу фотоматрицанын ажыратуусу менен гана чектеле тургандыгы көрсөтүлдү.

Көргөзүлгөн ыкма боюнча голографиялык интерферометрдин сезгичтигин эки эсеге жана төрт эсеге жогорулатуунун тажрыйбалык жыйынтыктары алынды. Жыйынтыктар көрсөткөндөй, голографиялык интерферометрдин сезгичтиги эки эсе жана өзгөчө төрт эсе жогорулатуу изилденип жаткан объекттеги күчөтүүсүз көрүнбөй турган фазалык бир тектүү эместикти аныктай тургандыгын көрсөттү.

3. Жалпак жарыш такта, оптикалык шынаа, жука линза үчүн өзүн-өзү пайда кылуучу тегиздиктердин голографиялык интерферометрдин чыгуучу каналдарындагы абалын аныктоочу катнаштар алынды.

Голографиялык интерферометрдин каналдарында, эң жөнөкөй оптикалык чөйрөлөрдүн таасирин эске алып жана эске албастан интерферограммаларды салыштыруу, эгерде оптикалык чөйрөнүн өзүн өзү пайда кылуучу тегиздиктердин абалына көргөзгөн таасири эске алынбаса, анда алынган интерферограммалар сапатын жогото тургандыгын көргөздү. Татаал интерферонрамалар учурунда бул төмөнкү жыштыктагы түзүүчүнү жоготууга алып келет.

ЖАРЫК КӨРГӨН ИШТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. **Исманов Ю. Х.** Бесщелевой метод записи радужных голограмм в голографии Денисюка [Текст] /Ю. Х. Исманов, Н. М. Кулмурзаев, Т. Д. Тынышова// Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. (Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, Душанбе).-2017.-№ 3(39).-С. 25-32. <http://vp-inov.ttu.tj>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=32312291>
2. **Исманов Ю. Х.** Особенности голографической интерферометрии на основе метода бесщелевой радужной голографии [Текст] /Ю. Х. Исманов, Н. М. Кулмурзаев, Т. Д. Тынышова// Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. (Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, Душанбе).-2017.-№ 3(39).-С. 33-41. <http://vp-inov.ttu.tj>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=32312292>
3. **Исманов Ю. Х.** Многоканальный голографический интерферометр для исследования сложных фазовых и отражающих сред [Текст] / Ю. Х. Исманов, Т. Д. Тынышова, Д. А. Исмаилов, Н. М. Кулмурзаев // Материалы VII Международной конференции по фотонике и информационной оптике: сборник научных трудов. - М.: НИЯУ МИФИ, 2018. – С. 264-265. <http://fioconf.mephi.ru>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=32479781>
4. **Исманов Ю. Х.** Использование приближения Френеля для расчета распределения светового поля, прошедшего сквозь решетку [Текст] / Ю. Х. Исманов, Т. Д. Тынышова, С. А. Алымкулов // Вестник КГУСТА им. Н. Исанова.- 2017.-№3(57).-С. 171-178. <http://www.vestnikksucta.kg>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=32645421>
5. **Исманов Ю. Х.** Голография Денисюка на основе бесщелевого метода [Текст] / Ю.Х. Исманов, Н.М. Кулмурзаев, Т.Д. Тынышова // Вестник КРСУ.- 2018 .- № 4(18).-С.3-6. <http://www.krsu.edu.kg/vestnik/index.html>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=35017300>
6. **Исманов Ю. Х.** Голографическая интерферометрия, использующая два опорных пучка [Текст] / Ю.Х. Исманов, Т.Д. Тынышова, Н.М. Кулмурзаев // Вестник КРСУ.-2018 .- № 4(18).-С.7-9. <http://www.krsu.edu.kg/vestnik/index.html>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=35017301>
7. **Исманов Ю. Х.** Интерферометрия в радужной голографии[Текст] / Ю.Х. Исманов, Т.Д. Тынышова, Н.М. Кулмурзаев // Известия НАН КР.-2018 .- № 1.-С.24-29. <http://naskr.kg/ru/2019/08/15/izvestiya-nan-kr/>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=36313925>
8. **Исманов Ю. Х.** Объемная голография в бесщелевом методе [Текст] / Ю.Х. Исманов, Т.Д. Тынышова, Н.М. Кулмурзаев // Известия НАН КР.-2018 .- № 3.-С.53-58. <http://naskr.kg/ru/2019/08/15/izvestiya-nan-kr/>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=39154693>

9. **Ismanov Y. Kh.** Wide-range holographic interferometer [Текст]/ Y. Kh.Ismanov, T. D. Tynyshova, Z. K. Aidaraliev //Optical Engineering.- 2018.- 57(12), 124106. [<http://dx.doi.org/10.1117/1.OE.57.12.124106>]
<https://www.spiedigitallibrary.org/search?term=tynyshova>,
<https://elibrary.ru/item.asp?id=38679874>
10. **Тынышова Т.Д.** Распределение саморепродукций решетки в присутствии прозрачной плоскопараллельной пластины [Текст]/Т. Д. Тынышова // Электронный журнал: наука, техника и образование. - 2019.- № 2 (24).- С. 117-124. <http://nto-journal.ru>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=39175028>
11. **Тынышова Т.Д.** Искажение последовательности саморепродукций прозрачной пластиной [Текст] / Т.Д. Тынышова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 5. – С. 142-146. <https://applied-research.ru>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=38165693>
12. **Исманов Ю. Х.** Уменьшение объема вводимых данных при компьютерной обработке интерферограмм [Текст] / Ю. Х. Исманов, Тынышова Т. Д. // Материалы VIII Международной конференции по фотонике и информационной оптике: сборник научных трудов.- М.: НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 695-696. <http://fioconf.mephi.ru>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=37316875>
13. **Тынышова Т.Д.** Моделирование оптической системы с входным зрачком круглой формы [Текст] / Т. Д. Тынышова, Ю. Х. Исманов // Материалы IX Международной конференции по фотонике и информационной оптике: сборник научных трудов.- М.: НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 615-616. <http://fioconf.mephi.ru>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=42564207>
14. **Исманов Ю.Х.** Моделирование оптической системы, работающей при некогерентном освещении [Текст] / Ю.Х. Исманов, Т.Д. Тынышова, А.А. Абдулаев // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – № 3. – С. 98-102. <https://applied-research.ru>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=42620890>
15. **Исманов Ю. Х.** Улучшение характеристик интерферограмм, получаемых на выходе голографического интерферометра [Текст] / Ю. Х. Исманов, Т. Д. Тынышова // Материалы X Международной конференции по фотонике и информационной оптике: сборник научных трудов.- М.: НИЯУ МИФИ, 2021. – С. 445-446. <http://fioconf.mephi.ru>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=46597766>

Тынышова Толгонай Дайырканкожоевнанын 01.04.05 - оптика адистиги боюнча «Фазалык чөйрөлөрдүн санариптик голографиялык интерферометриясы» темасындагы физика-математика илимдеринин кандидаты илимий даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациялык ишинин

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: Санариптик голографиялык интерферометрия, фазалык чөйрө, интерферограмма, когеренттүү эмес оптикалык систем, дефокустоо, интерферометрдин сезгичтиги, өзүн-өзү көбөйтүү, көп каналдуу голографиялык интерферометр.

Изилдөөнүн объектиси: Приборлордун чыгуусунда алынган санариптик голографиялык интерферометрлер жана интерферограммалар.

Изилдөөнүн предмети: Голографиялык интерферометрдин мүнөздөмөлөрүн, интерферометриялык системде алынган интерферограммаларды санариптик иштетүү ыкмалары менен өркүндөтүү мүмкүнчүлүгүн изилдөө.

Иштин максаты: Санариптик голографиялык интерферометриялык системдердин эффективдүүлүгүн жогорулатуу ыкмаларын иштеп чыгуу.

Изилдөө ыкмалары: Каралган оптикалык процесстердин жана системдердин математикалык моделдерин иштеп чыгуу, аларды компьютердик моделдөө жана оптикалык тажрыйбалар аркылуу негиздөө.

Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңылыктуулугу: Интерферограммаларды аларды дефокустоо менен алдын ала иштеп чыгуусунун жаңы ыкмасы сунушталды; интерферометрдин чыгууларында алынган интерферограммаларды иштеп чыгуунун санариптик ыкмаларын колдонуу аркылуу голографиялык интерферометрлердин сезгичтигин жогорулатуу ыкмасы биринчи жолу иштелип чыкты; эң жөнөкөй оптикалык бир тектүүлүк бар учурунда голографиялык интерферометрлердеги интерферометриялык сүрөттү локалдаштыруу тегиздигинин ордун так аныктоого мүмкүндүк берген катнаштар алынды.

Колдонуу чөйрөсү: иштелип чыккан ыкмаларды голографиялык интерферометриялык системдердин жардамы менен фазалык чөйрөлөрдү изилдөөдө колдонууга болот.

РЕЗЮМЕ

**диссертации Тынышовой Толгонай Дайырканкожоевны на тему:
«Цифровая голографическая интерферометрия фазовых сред» на
соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.04.05 – оптика**

Ключевые слова: цифровая голографическая интерферометрия, фазовая среда, интерферограмма, некогерентная оптическая система, расфокусирование, чувствительность интерферометра, самовоспроизведение, многоканальный голографический интерферометр.

Объектами исследования являются цифровые голографические интерферометры и интерферограммы, получаемые на выходе этих устройств.

Предметом исследования является изучение возможности улучшения характеристик голографического интерферометра методами цифровой обработки интерферограмм, получаемых в интерферометрической системе.

Целью работы является разработка методов повышения эффективности цифровых голографических интерферометрических систем.

Методы исследования: разработка математических моделей рассматриваемых оптических процессов и систем, и их обоснование посредством компьютерного моделирования и оптических экспериментов.

Полученные результаты и их новизна: предложен новый метод предварительной обработки интерферограмм посредством их расфокусирования; впервые разработан метод увеличения чувствительности голографических интерферометров посредством цифровых методов обработки интерферограмм, получаемых на выходе интерферометра; получены соотношения, позволяющие точно определять положения плоскостей локализации интерферометрической картины в голографических интерферометрах в присутствии простейших оптических неоднородностей.

Область применения: разработанные методы могут быть использованы при исследованиях фазовых сред с помощью голографических интерферометрических систем.

SUMMARY

of the thesis of Tynyshova Tolgonai Daiyrkankozhoevna on the topic: "Digital holographic interferometry of phase media" for the degree of candidate of physical and mathematical sciences, specialty 01.04.05 - optics

Keywords: digital holographic interferometry, phase medium, interferogram, incoherent optical system, defocusing, interferometer sensitivity, self-imaging, multichannel holographic interferometer.

The objects of research are digital holographic interferometers and interferograms obtained at the output of these devices.

The subject of this research is to study the possibility of improving the characteristics of a holographic interferometer by digital processing of interferograms obtained in an interferometric system.

The aim of the work is to develop methods for increasing the efficiency of digital holographic interferometric systems.

Research methods: development of mathematical models of the considered optical processes and systems, and their substantiation by means of computer modeling and optical experiments.

The results obtained and their novelty: a new method of preliminary processing of interferograms by means of their defocusing is proposed; for the first time a method was developed for increasing the sensitivity of holographic interferometers by means of digital methods for processing interferograms obtained at the output of the interferometer; relations are obtained that make it possible to accurately determine the positions of the localization planes of the interferometric pattern in holographic interferometers in the presence of the simplest optical inhomogeneities.

Application area: the developed methods can be used in studies of phase media using holographic interferometric systems.



Тынышова Толгонай Дайырканкожоевна

Фазалык чөйрөлөрдүн санариптик голографиялык интерферометриясы

Физика-математика илимдеринин кандидаты
илимий даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациянын
авторефераты

Басып чыгарууга кол коюлган 18.09.2021 ж.
Формат $60 \times 84^{1/16}$. Көлөм 1,5 б. б.
Офсеттүү кагаз. Нускасы 100 экз. Буйрутма №193

КРСУнин типографиясында басып чыгарылган
720048, Бишкек ш. Анкара көч., 2а