

**ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ  
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ**

**Նինոյան Ժիրայր Վահեի**

**ՆԵՐԿԱՆՅՈՒԹՈՎ ՀԱՐՍՏԱՑՎԱԾ ՀԵՂՈՒԿ ԲՅՈՒՐԵՂԱԿԱՆ ՖՈՏՈՆԱՅԻՆ  
ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐՈՎ ԼԱՁԵՐԱՅԻՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ  
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ**

Ա.04.21 «Լազերային ֆիզիկա» մասնագիտությամբ  
ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի  
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության սեղմագիր

Երևան – 2018

---

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РА  
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Ниноян Жирайр Вагеевич**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ЖИДКО-  
КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ФОТОННЫХ СТРУКТУР ОБОГЩЕННЫХ КРАСИТЕЛЕМ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук по специальности  
01.04.21 – Лазерная физика

Ереван – 2018

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝

Ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր,  
պրոֆեսոր Ռ. Բ. Ալավերդյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

Ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր,  
Ա. Գ. Պետրոսյան

Առաջատար կազմակերպություն՝

Ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու Ա. Ռ. Արամյան  
Հայ-Ռուսական (Սլավոնական)  
համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2018թ. հունիսի 16-ին ժամը 12-ին, Երևանի պետական համալսարանում (0025, ք. Երևան, Ալեք Մանուկյան 1), ԲՈՀ-ի ֆիզիկայի 049 մասնագիտական խորհրդում:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2018թ. մայիսի 11-ին

Մասնագիտական խորհրդի  
գիտական քարտուղար՝



Ֆիզ.-մաթ.գիտ. թեկնածու,  
դոցենտ Վ.Պ. Քալանթարյան

---

Тема диссертации утверждена в Ереванском государственном университете

Научный руководитель:

доктор физ.-мат. наук,  
профессор Р. Б. Алавердян

Официальные оппоненты:

доктор физ.-мат. наук,  
А. Г. Петросян  
кандидат физ.-мат. наук А. Р. Арамян

Ведущая организация:

Российско-Армянский (Славянский)  
университет

Защита диссертации состоится 16-го июня 2018г. в 12 часов в Ереванском государственном университете (0025, г. Ереван, ул. Алека Манукяна 1) на заседании Специализированного совета ВАК Физика-049.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ.

Автореферат разослан 11-го мая 2018г.

Ученый секретарь  
специализированного совета



кандидат физ.-мат. наук,  
доцент В. П. Калантарян

## ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՆԿԱՐԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

### Թեմայի արդիականությունը

Ֆոտոնային բյուրեղների (ՖԲ) հայտնությունը հեղաշրջում առաջացրեց ժամանակակից օպտիկայում, լազերային ֆիզիկայում և ֆոտոնիկայում: ՖԲ - ները, ընդհանուր առմամբ, տարբեր բեկման ցուցիչներով դիէլեկտրական շերտերից բաղկացած եռաչափ պարբերական կառուցվածքներ են, որոնց պարբերությունը լույսի ալիքի երկարության կարգի է: Տարբեր բեկման ցուցիչներով միջավայրերի բաժանման սահմանից լույսի անդրադարձման ժամանակ, տեղի է ունենում լուսային ալիքների վերադրում, որի հետևանքով ՖԲ-ի անդրադարձման սպեկտրում առաջանում է հաճախությունների տիրույթ, որում հնարավոր է լույսի լրիվ անդրադարձում: ՖԲ-ների գոտիական կառուցվածքում հաճախությունների այդ տիրույթն անվանում են ֆոտոնային արգելված գոտի (ՖԱԳ): «Ֆոտոնային բյուրեղ» տերմինն առաջարկել է Յաքլոնովիչը, տարածելով լավ հայտնի, միաչափ (1D) բրեզյան հայելիների ֆոտոնային կառուցվածքների մասին պատկերացումները, երկչափ (2D) և եռաչափ (3D) պարբերականությամբ միջավայրերի վրա [1]: Միկրոմետրական և նանոմետրական կառուցվածքների ձևավորման տեխնոլոգիաների առաջընթացը վերջին տասնամյակում հնարավոր դարձրին այնպիսի ՖԲ-ների ստեղծումը, որոնց ՖԱԳ-ն ընկած է հաճախությունների օպտիկական տիրույթում:

ՖԲ-ների առավել հետաքրքրական հատկությունները կապված է առումների և մոլեկուլների ինքնակամ (սպոնտան) ճառագայթման ճնշման և լույսի տեղայնացման հետ [2]: ՖԱԳ-ի առկայությունը լայն հնարավորություն է բացում տարատեսակ օպտիկական սարքերում ՖԲ-ների կիրառության համար՝ միկրոռեզոնատորներ (լազերներ), ակտիվ միջավայրով արատ պարունակող ֆոտոնային կառուցվածքներ (ՖԿ), օպտիկական ալիքատարներ, ալիքատարային օպտիկայի տարատեսակ փոխարկիչներ և այլն: Ավելին, ՖԲ-ների կիրառումը որակապես նոր մակարդակի է բարձրացնում ինտեգրալ օպտիկան և բերում է ամբողջովին օպտիկական հաշվողական միկրոչիպերի ստեղծման հնարավորության:

Այսօր ֆոտոնիկայում և լազերային ֆիզիկայում կարևոր տեղ է զբաղեցնում լուսային փնջերի, լազերային ճառագայթման բևեռացման, դրանց տարածման ուղղության, ինչպես նաև սպեկտրի և այլ բնութագրերի կառավարման համար ցածրաշեմ, հավաք և մանրանրբին տարրերի ստեղծումը: Դժվար չէ կոահեյ, որ այս տեսակետից շատ հետաքրքրական են, ՖԲ-ները [3]: Հատկապես կարևորվում են այնպիսի ՖԲ-ներն ու ՖԿ-ները, որոնց պարամետրերը կարելի է հեշտ կառավարել արտաքին ազդակներով: Դրանով հնարավորություն է ստեղծվում կառավարելու ՖԲ-ի ՖԱԳ-ի սպեկտրային դիրքն ու լայնությունը, ՖԿ-ով անցնող լույսի բևեռացումը և այլն [4]: Դրան կարելի է հասնել, օրինակ, անիզոտրոպ ֆիզիկական հատկություններով և արտաքին ազդակ-

ներով հեշտ ղեկավարվող միջավայրերի՝ օրինակ, հեղուկ բյուրեղների (<Բ), օգտագործմամբ [5 - 7]:

Վերոնշյալից ելնելով, դժվար չէ պատկերացնել, թե ինչու՝ են հետազոտողները կարևորում և համարում հեռանկարային նեմատիկ (<ԼԲ) և խոլեստերիկ (ԽԼԲ) <Բ-ների և նրանց խառնուրդների հիմքի վրա պասիվ և ակտիվ ՖԿ-ների ստեղծումն ու դրանց օպտիկական հատկությունների հետազոտումը [7-9]:

Հայտնի է, որ <ԼԲ-ի միջմոլեկուլային փոխազդեցության ուժերի շնորհիվ, դրանց երկարաձգված մոլեկուլները ձգտում են դասավորվել առավելապես մի ուղղությամբ, որն էլ հանդիսանում է այդ միջավայրերի անիզոտրոպության պատճառը: <ԼԲ-ում մոլեկուլների դասավորության միջին ուղղությունն ընդունված է նկարագրել  $\vec{n}$  միավոր վեկտորով, որն անվանում են ուղղորդ (director): Շնորհիվ մոլեկուլների անիզոտրոպության և հոսելիության <Բ-ները չափազանց զգայուն են արտաքին դաշտերի, այդ թվում՝ էլեկտրական, մագնիսական, ջերմային, լազերային և այլն, ինչպես նաև հիդրոդինամիկական հոսքերի նկատմամբ: Դա վերաբերվում է նաև խիրալ խառնուկով <ԼԲ-ներին, սակայն վերջիններս, շնորհիվ իրենց պարբերական կառուցվածքի, համապատասխան պայմանների առկայության դեպքում, օժտված են նաև լույսի ընտրողաբար անդրադարձմամբ, այսինքն ՖԱԳ-ով: ԽԼԲ-ներն օրգանական միջավայրեր են, որոնք մոլեկուլների հայելային համաչափության բացակայության (խիրալության) պատճառով ձևավորում են պարուրածն պարբերական կառուցվածք: ԽԼԲ-ական թաղանթի յուրաքանչյուր միամոլեկուլյար շերտում մոլեկուլները կողմնորոշված են միմյանց զուգահեռ և գտնվում են թաղանթը սահմանափակող տակդիրին զուգահեռ հարթություններում, սակայն շերտից շերտ անցնելիս մոլեկուլների կողմնորոշումը պտտվում է փոքր անկյունով՝ ձևավորելով պարուրածն կառուցվածք [5]: Մոլեկուլների անիզոտրոպության հետևանքով ԽԼԲ-ում ծագում է բեկման ցուցչի տարածապարբերական բաշխում, ու երբ պարույրի քայլը դառնում է լույսի ալիքի երկարության կարգի, այն  $n_o p < \lambda < n_e p$  սպեկտրային միջակայքում անդրադարձնում է պարույրի պտույտին հակառակ նշանով շրջանային բևեռացված լույսը, մինչդեռ նույն նշանով շրջանային բևեռացված լույսը տարածվում է չնչին կորուստներով ( $p$ -ով նշանակված է ԽԼԲ-ի կամ խիրալ <ԼԲ-ի պարույրի քայլը, իսկ  $n_o = \sqrt{\epsilon_1}$  - ը և  $n_e = \sqrt{\epsilon_2}$  - ը <Բ-ի սովորական և անսովոր բեկման ցուցիչներն են): Սա է հիմնական պատճառը, որ <Բ-ներն ու դրանց հիմքի վրա ստեղծված ՖԿ-ները, կառավարվող, պլանար օպտիկական տարրերի, լույսի միջոցով լույսի կառավարման համակարգերի, օպտիկական դիոդի և տրանզիստորի ստեղծման, լույսի գերման և անշեմ (ցածրաշեմ) լազերային գեներացիայի ստացման տեսակետից, դարձել են գալթակղիչ և հեռանկարային: Ավելին, պարզվում է դրանց արատային տարբերակները, ինչպես արատային կիսահաղորդիչների

դեպքում է, առավել հետաքրքրական են, շնորհիվ այն բանի, որ դրանց ՖԱԳ-ում հայտնվում են արատային մոդաներ [8, 9]:

### **Աշխատանքի նպատակը**

Սույն ատենախոսության նպատակն է եղել փորձնականորեն ուսումնասիրել լազերային դաշտերով և հիդրոդինամիկական հոսքերով ՆԸԲ-ային պարուրած կառուցվածքում արատների և «Գրանժան-Կանոյի» տիպի դիսկլինային (disclination) գծերի մակաձուլը, փոխելով մակաձված արատների և դիսկլինային գծերի բնութագրերը, ղեկավարել ՆԸԲ-ային թաղանթի ՖԱԳ-ի պարամետրերը՝ սպեկտրային դիրքն ու լայնությունը, փորձնականորեն ուսումնասիրել լազերային ճառագայթման գեներացիան ներկանյութով հարստացրած և կառուցվածքում արտաքին ազդեցություններով մակաձված արատներով ՀԲ-ական ՖԿ-ներում:

### **Գիտական նորույթը**

Աշխատանքի գիտական նորույթը որոշվում է առաջին անգամ իրականացված փորձարարական աշխատանքների ստորև բերված համախմբությամբ:

1. Ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆԸԲ-ում հիդրոդինամիկական հոսքերով մակաձվել է հարթ (planar) արատ և ուսումնասիրվել է այդ արատի և «Գրանժան-Կանոյի» տիպի դիսկլինային գծերի վարքը:
2. Ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆԸԲ-ում լազերային ճառագայթմամբ մակաձվել է արատ և «Գրանժան-Կանոյի» տիպի դիսկլինային գծեր, և փորձնականորեն ուսումնասիրվել է դրանց առաջացման, զարգացման և անհետացման դինամիկան:
3. Փորձնականորեն հետազոտվել է լազերային ճառագայթման գեներացիան ներկանյութով հարստացրած և հիդրոդինամիկական հոսքերով մակաձված հարթ արատով խիրալ ՆԸԲ-ում:
4. Փորձնականորեն ուսումնասիրվել է լազերային ճառագայթման գեներացիայի ժամանակային էվոլյուցիան ներկանյութով հարստացրած և հիդրոդինամիկական հոսքերով մակաձված հարթ արատով խիրալ ՆԸԲ-ում:
5. Ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆԸԲ-ում ստացվել և ուսումնասիրվել է բազմալիքային լազերային ճառագայթման գեներացիա: Փորձնական ճանապարհով բացահայտվել է դրա առաջացման մեխանիզմը:
6. Փորձնականորեն ուսումնասիրվել է բազմալիքային լազերային ճառագայթման գեներացիայի ժամանակային էվոլյուցիան ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆԸԲ-ում:

### **Կիրառական նշանակությունը**

Ատենախոսական աշխատանքի շրջանակներում ստացված արդյունքներն ունեն կիրառական մեծ նշանակություն: Դրանք կարող են օգտագործվել ֆոտոնիկայում, լազերային ֆիզիկայում և ժամանակակից օպտիկական տեխնոլոգիաներում անշեմ (ցածրաշեմ), հավաք և մանրանրբին օպտիկական տարրերի՝ այդ թվում, օպտիկական դիոդի, օպտիկական ուժեղարարի՝ տրանզիստորի և տարբեր տեսակի տրամաբանական տարրերի, ինչպես նաև վերալարվող լուսազտիչների, լայնշերտ ղեկավարվող հայելիների ստեղծման, նոր սերնդի արտապատկերման համակարգերի, արագագործ փոխանջատիչների ստեղծման և կատարելագործման համար, և այլն: Ստացված արդյունքներն ունեն նաև ակադեմիական կարևորություն, որը պայմանավորված է ՖԿ-ում ընթացող մի շարք երևույթների իրական ժամանակային մասշտաբում փորձարարական ուսումնասիրությունների իրականացման հնարավորություններով:

### **Պաշտպանության են ներկայացված հետևյալ հիմնական դրույթները**

1. Ներկանյութով հարստացրած խիրալ նեմատիկ հեղուկ բյուրեղներում լազերային ճառագայթամաբ կարելի է մակածել արատ և «Գրանժան-Կանոյի» տիպի դիսկլինային գծեր և դրանց պարամետրերը ղեկավարել այդ նույն ճառագայթամաբ:
2. Ներկանյութով հարստացրած խիրալ նեմատիկ հեղուկ բյուրեղի պարույրի առանցքին ուղղահայաց հիդրոդինամիկական հոսքերով կարելի է տեղաշարժել և ղեկավարել հարթ արատների և «Գրանժան-Կանոյի» տիպի դիսկլինային գծերի պարամետրերն ու դիրքը:
3. Ներկանյութով հարստացրած խիրալ նեմատիկ հեղուկ բյուրեղի պարույրի առանցքին ուղղահայաց հիդրոդինամիկական հոսքերով կարելի է ղեկավարել լազերային ճառագայթման ալիքի երկարությունը, առնվազն նանոմետրերի ճշտությամբ և ստանալ հիդրոդինամիկական հոսքի արագությամբ ղեկավարվող բազմալիքային լազերային ճառագայթում:
4. Ներկանյութով հարստացրած խիրալ նեմատիկ հեղուկ բյուրեղում լուսամակածված արատների վրա կարելի է ստանալ բազմալիքային լազերային ճառագայթում: Այդ ճառագայթման բնութագրերը կարելի է ղեկավարել փոխելով մղման փնջի պարամետրերը:

### **Աշխատանքի ծավալը**

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, ամփոփումից և 134 անուն պարունակող հղումների ցանկից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը կազմում է 121 էջ, ներառյալ 36 նկարները: Յուրաքանչյուր գլուխ սկսվում է ներածությամբ, որտեղ հակիրճ ներկայացված է տվյալ

գլխում քննարկվող խնդրի արդի վիճակը և ավարտվում է ամփոփումով, որտեղ բերված է տվյալ գլխում արված հիմնական եզրահանգումները:

### **Աշխատանքի ներկայացումը**

Աշխատանքի հիմնական արդյունքները զեկուցվել են՝ OPTICS-2016 Հայաստան, Երևան (2016թ.), Laser Physics – 2017 Հայաստան, Աշտարակ, (2017թ.), Laser Physics – 2017 Հայաստան, Աշտարակ, (2017թ.), Laser Physics – 2017 Հայաստան, Աշտարակ, (2017). Արդյունքները նաև պարբերաբար քննարկվել են ԵՊՀ օպտիկայի ամբիոնի սեմինարների ընթացքում:

### **Հրատարակությունները**

Ատենախոսության թեմայով տպագրված է 3 գիտական հոդված և 4 միջազգային գիտաժողովների թեզիսներ, որոնց ցուցակը բերված է սեղմագրի վերջում:

## **ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՄԱՌՈՏ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ**

**Ներածության** մեջ հիմնավորված է ատենախոսության թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված է աշխատանքի նպատակներն ու գիտական նորույթը, պաշտպանության ենթակա հիմնադրույթները, դրանց փորձարկումը, հակիրճ ներկայացված է բովանդակությունը և գործնական արժեքը:

**Առաջին գլխին** ակնարկային բնույթի է, որտեղ բերված է ատենախոսության թեմային առնչվող այսօր հայտնի գրականության վերլուծությունը և շարադրանքն առավել դյուրին դարձնելու համար անհրաժեշտ գաղափարներն ու սահմանումները: Այն բաղկացած է ներածությունից, հինգ պարագրաֆներից և ամփոփումից: Ներածության մեջ (1.1) բերված է ՀԲ-ների վերաբերվող այն հիմնական սահմանումները, որոնք օգտագործվում են ատենախոսության շարադրանքում: 1.2-ում քննարկված է ՀԲ-ների հիմնական օպտիկական հատկություններն ու դրանց վարքը արտաքին դաշտերում՝ անիզոտրոպությունը, Ֆրեդերիկսի երևույթը, Ֆրեդերիկսի լուսամակաձված երևույթը, Մաքսվելի երևույթը և ՀԲ-ների վերակողմնորոշման հիդրոդինամիկական մեխանիզմները: 1.3-ը նվիրված է լազերային ներկանյութերին և դրանց հիմնական հատկություններին: 1.4-ում լուսաբանված է ներկանյութով հարստացրած ՀԲ-ներում լազերային ճառագայթման գեներացիայի առանձնահատկությունները: 1.5-ում ներկայացված է ՀԲ-ային ՖԿ-ների (ՀԲՖԿ) օպտիկական հատկությունների, իսկ 1.6-ում ներկանյութով հարստացրած ՀԲՖԿ-ներում լազերային ճառագայթման գեներացիայի վերաբերյալ գրականության համառոտ վերլուծությունն ու խնդրի արդի վիճակը: Քննարկվում է ԽՀԲ-ներում ՖԱԳ-ի ղեկավարման հնարավորությունները, արատների դերը, դրանց մակաձման հնարավոր մեխանիզմները և այն հիմնական խոչընդոտները, որ

առկա են այսօր: Առաջին գլխի ամփոփման մեջ նշվում է, որ այստեղ, կարևոր խոչընդոտներից մեկը կապված է ղեկավարվող անիզոտրոպ բարակ (միկրոմետրերի կարգի) թաղանթների ստեղծման հետ, որը թույլ կտա լուսային ալիքի փուլը սահուն փոխել: ՀԲՖԿ-ների տեսակետից, այստեղ կարևոր է նաև դրանց ՀԲ-ների հետ համատեղելիությունն ու ճառագայթակայունությունը: Մատնանշված են որոշ ուղիներ, որոնք կարող են թույլ տալ հաղթահարել վերոնշյալ խոչընդոտները:

**Երկրորդ գլխում** փորձնականորեն ուսումնասիրվել է ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ներում հիդրոդինամիկական հոսքերով և լույսով մակածված արատների հատկությունները:

2.1-ում հիմնավորվում է, թե ինչու են է կայանում արատների դերը ՖԲ-ներում, նշվում է, որ դա հանգեցնում է ՖԱԳ-ի ներսում արատային մոդաների առաջացմանը, ինչը թույլ է տալիս ՖԱԳ-ի օպտիկական բնութագրերը կառավարել: Իրականացված է գրականության սեղմ վերլուծություն, որտեղ քննարկվում է ԽՀԲ-ներում արատների մակածման տարբեր մեխանիզմներ, ներկայացված է խնդրի արդի վիճակը և այս գլխում հետապնդվող նպատակը:

2.2-ում որակապես դիտարկվում է ՀԲ-ներում դիտվող հիմնական արատների և դիսկլինային գծերի դասակարգումը, առանց խորանալու դրանց ֆիզիկայի մեջ: Հիմնականում անդրադարձ է արված ՆՀԲ-ներում և ԽՀԲ-ներում այն արատներին, որոնք կարևոր են սույն ատենախոսության տեսանկյունից:

2.3-ում բերված է ԽՀԲ-ում և խիրալ ՆՀԲ-ում հիդրոդինամիկական հոսքերով հարթ արատի մակածման մեխանիզմի որակական բացատրությունը: Նշվում է, որ փորձերում օգտագործվել է ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ային հատուկ խառնուրդ, որը բաղկացած է եղել Merck ֆիրմայի E7 տիպի ՆՀԲ-ից, նույն ֆիրմայի BDH1305 խիրալ խառնուկից և Pyromethene 597 (PM597, Exciton) ֆլուորեսցենտ ներկանյութից: Օգտագործվել է երկու խառնուրդներ, համապատասխանաբար բաղադրամասերի 92,9%:6,1%:1% և 93,8%:5,2%:1% կշռային հարաբերակցությամբ (պայմանականորեն, կանվանենք առաջին և երկրորդ), որոնք ապահովել են խիրալ ՆՀԲ-ի ՖԱԳ-ի տարբեր սպեկտրալ տիրույթներ:

2.4-ում ներկայացված է ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ում հիդրոդինամիկական հոսքերով հարթ արատի մակածման ուսումնասիրման փորձարարական արդյունքները: Ցույց է տրվել, որ հիդրոդինամիկական հոսքի արագության մեծացման հետ համատեղ, խիրալ ՆՀԲ-ի ՖԱԳ-ը տեղաշարժվում է կարճալիքային տիրույթ: Դա բացատրվում է հիդրոդինամիկական հոսքով պայմանավորված խիրալ ՆՀԲ-ի պարոպի դեֆորմացիաներով, ինչն իր մեջ ներառում է ուղղորդի պտույտ և ՀԲ-ի մոլեկուլների թեքում:

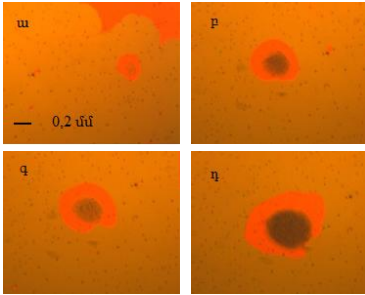
2.5-ում նկարագրված է խիրալ ՆՀԲ-ում լուսամակածված արատների դիտման համար օգտագործված «սենդվիչ» տիպի բջիջը և փորձարարական սարքավորումը: Այստեղ նույնպես օգտագործվել է 2.3-ում նշված բաղադրա-



մասերից բաղկացած խառնուրդ, համապատասխանաբար 94%:6%:1% և 95%:5%:1 % հարաբերակցություններով: Արատների մակաձման համար որպես մղման փունջ ծառայել է 532 նմ այլքի երկարությամբ և ինկուլսների կրկնման 12,5 Հg հաճախությամբ (ՄՏՈՒՄԿ-7) Nd:YAG ինպուլսային լազերի երկրորդ հարմոնիկը:

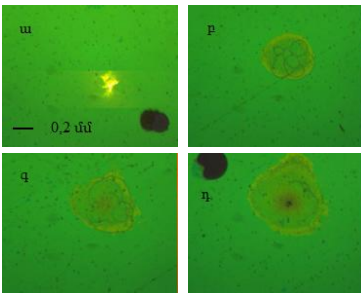
2.6-ում բերված է ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ում լուսամակաձված արատների փորձարարական հետազոտման արդյունքները: Յույց է տրվել, որ մղման փնջի ազդեցությամբ բջջում մակաձվում է արատ, որն արտահայտվում է անդրադարձման սպեկտրային տիրույթի (ՖԱԳ-ի) փոփոխությամբ (նկ. 1): Նկ. 1-ից հստակ երևում է խիրալ ՆՀԲ-ի պարույրի քայլի փոփոխությունը մղման փնջի ազդեցությանը ենթարկված տիրույթում, որն արտահայտվում է այդ տիրույթի կարմիր գույնի երանգավորմամբ: Տեսնում ենք նաև, որ պարույրի աղավաղման տիրույթը (արատի չափերը) մեծանում է մղման փնջի հզորության մեծացմանը զուգընթաց:

Փորձնականորեն ուսումնասիրվել է ներկանյութով հարստացրած խիրալ



Նկ. 1. Մղման փնջի ազդեցությամբ ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՀԲ-ի կառուցվածքային փոփոխությունները մղման փնջի 96 մկՋ/հմա. (ա), 144 մկՋ/հմա. (բ), 192 մկՋ/հմա. (գ), 288 մկՋ/հմա. (դ) հզորությունների դեպքում

ՆՀԲ-ում արատների և Գրանժան-Կանոյի տիպի դիսլինային գծերի լազերով մակաձման հնարավորությունը: Ինչպես երևում է նկ. 2 (ա)-ում, մղման փնջի փոքր հզորությունների դեպքում խիրալ ՆՀԲ-ի կառուցվածքում զգալի փոփոխությունները բացակայում են: Մղման փնջի հզորության հետագա մեծացումը հանգեցնում է խիրալ ՆՀԲ-ի պարույրի քայլի փոփոխության և նոր, անդրա-



Նկ.2. Մղման փնջի ազդեցությամբ ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՀԲ-ի պարույրի քայլի թռիչքաձև փոփոխությունները և Կանո-Գրանժանի արատները մղման փնջի 4 մկՋ/հմա. (ա), 12 մկՋ/հմա. (բ), 24 մկՋ/հմա. (գ), 48 մկՋ/հմա. (դ) մղման հզորությունների դեպքում

դարձման տարբեր գույներով՝ ՖԱԳ-երով, դոմենների առաջացման: Նկ. 2 (բ, գ, դ)-ում բացի պարույրի քայլի թռիչքածն փոփոխությունից պարզ երևում են նաև խառնուրդում մղման փնջի ազդեցությամբ ձևավորված դիսկլինային արատները՝ Գրանժան-Կանոյի դիսկլինային գծերը:

2.7-ում ամփոփված է այս գլխում ստացված հիմնական արդյունքները:

**Երրորդ գլուխը** նվիրված է հիդրոդինամիկական հոսքերով մակաձված հարթ արատով և լազերային ներկանյութով հարստացրած ՀԲՖԿ-ներում լազերային ճառագայթման գեներացիայի փորձարարական հետազոտմանը: Փորձնականորեն ուսումնասիրվել է հիդրոդինամիկական հոսքերի ազդեցությունը ՀԲՖԿ-ի ՖԱԳ-ի վրա: Ուսումնասիրվել է լազերային ճառագայթման գեներացիայի ժամանակային էվոյուցիան հիդրոդինամիկական հոսքերով մակաձված հարթ արատով և ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ում:

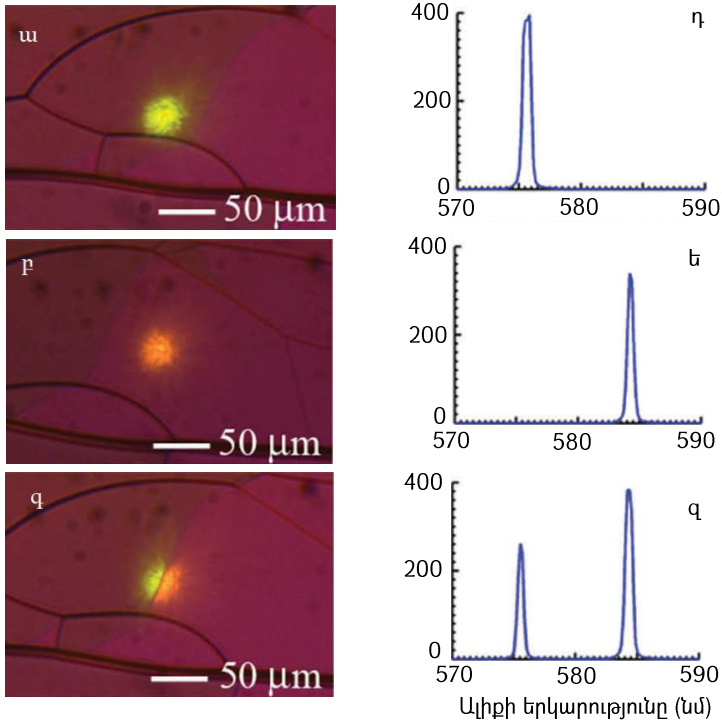
3.1-ը կրում է ակնարկային բնույթ, որտեղ հստակեցված է սույն գլխում քննարկվող խնդրի դրվածքը և դրա արդի վիճակը:

3.2-ում բերված է հիդրոդինամիկական հոսքերով մակաձված արատով ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ում լազերային ճառագայթման գեներացիայի ուսումնասիրման համար փորձարարական սարքավորման նկարագրությունը:

3.3-ում ներկայացված է հիդրոդինամիկական հոսքերով մակաձված հարթ արատով ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ում լազերային ճառագայթման գեներացիայի փորձարարական հետազոտման արդյունքները:

Ցույց է տրվել, որ բջջի տակդիրների ոչ իդեալական զուգահեռության, ՀԲ-ի մոլեկուլների և տակդիրների միջև կառչման ուժերի անհամասեռության, ինչպես նաև խառնուրդի հիդրոդինամիկական հոսքի արագության գրադիենտների հետևանքով, բջջում ձևավորվում է բազմադոմեն կառուցվածք (նկ. 3), որտեղ երկու հարևան դոմեններն ունեն խիրալ ՆՀԲ-ի պարույրի քայլի տարբեր արժեքներ:

Փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ տարբեր դոմեններից լազերային գեներացիան ստացվում է տարբեր ալիքի երկարությունների համար (նկ. 3 ա և բ): Ցույց է տրվել, որ դոմենների դիրքը բջջում կարելի է տեղաշարժել ՀԲՖԿ-ում լամինար հիդրոդինամիկական հոսքով: Դոմենները տեղաշարժելով, հաջողվել է դրանք բերել այնպիսի դիրքի, որ մղման փունջն ընկնի երկու դոմենների սահմանի վրա (յուղանման շերտագծերի վրա), և ցույց է տրվել, որ այս դեպքում լազերային ճառագայթում ստացվում է երկու հարևան դոմեններից միաժամանակ (նկ. 3 գ): Նկ. 3-ի դ, ե, գ -ում պատկերված է լազերային ճառագայթման սպեկտրները, որոնք համապատասխանում են նույն նկարի ա, բ, գ -ում բերված դոմենային տիրույթներին: Նկ. 3 ա, բ և գ -ում մուգ գունավորմամբ երևում են յուղանման շերտագծերը (oily streak), որոնք հատկանշական են խիրալ ՀԲ-ների համար:



Նկ. 3. Հիդրոդինամիկական հոսքերով մակաձված պլանար արատով ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ական թաղանթի կառուցվածքը մղման փնջի ազդեցությամբ, դրանից ստացվող լազերային ճառագայթումը (ա, բ, գ) և ճառագայթման սպեկտրը (դ, ե, զ)

3.4-ում փորձնականորեն առաջին անգամ ուսումնասիրվել է լազերային ճառագայթման գեներացիայի ժամանակային էվոլյուցիան հիդրոդինամիկական հոսքերով մակաձված հարթ արատով ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ում: Ցույց է տրվել, որ հիդրոդինամիկական հոսքի միջին արագությունը մեծացնելիս լազերային ճառագայթման գագաթնակետը տեղաշարժվում է դեպի կարճալիքային տիրույթ և առաջանում են լազերային ճառագայթման նոր գագաթներ: Ցույց է տրվել, որ դա պայմանավորված է խիրալ ՆՀԲ-ական կառուցվածքներում հիդրոդինամիկական հոսքի պատճառով նոր դոմենների առաջացմամբ, որոնք միմյանցից տարբերվում են ՀԲ-ի պարույրի կես քայլով:

3.5-ը երրորդ գլխի ամփոփումն է:

**Չորրորդ գլխում** բերված է ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ ներում լուսամակածված բազմալիքային լազերային ճառագայթման գեներացիայի փորձարարական ուսումնասիրման հիմնական արդյուքները:

Բերված է ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ի ՖԱԳ-ի վարքի վրա մղման լազերային դաշտի ազդեցության փորձարարական հետազոտության արդյունքները: Փորձնականորեն ուսումնասիրված է ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ում բազմալիքային լազերային գեներացիան, թեստային փորձերով հաստատված է դրանց ծագման պատճառներն ու մեխանիզմը: Ուսումնասիրված է ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ում բազմալիքային լազերային գեներացիայի ժամանակային էվոլյուցիան:

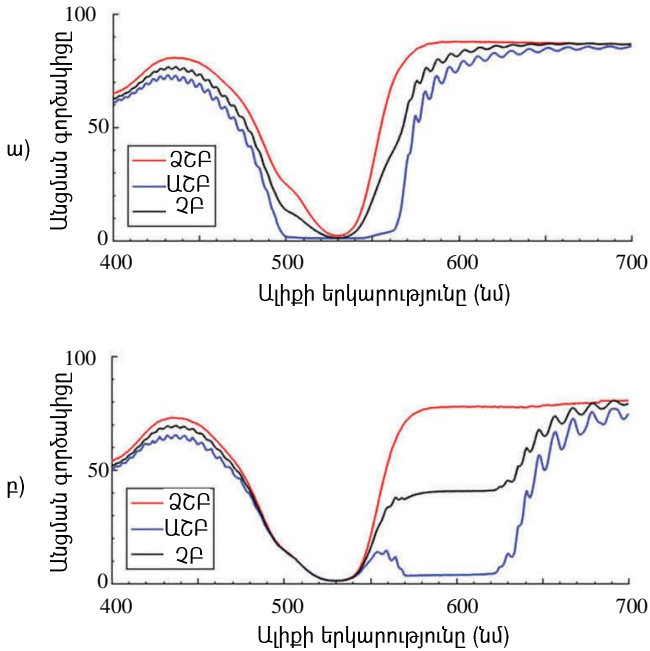
4.1-ը կրում է ակնարկային բնույթ, որտեղ հստակեցված է չորրորդ գլխում քննարկվող խնդրի դրվածքը և դրա արդի վիճակը:

4.2-ում բերված է ներկանյութով հարստացրած խիրալ նեմատիկներում լուսամակածված բազմալիքային գեներացիայի ստացման և ուսումնասիրման փորձարարական սարքավորման նկարագրությունը:

4.3-ը նվիրված է ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ի ՖԱԳ-ի փորձարարական ուսումնասիրմանը:

Փորձում որպես խիրալ ՆՀԲ օգտագործվել է խառնուրդ, որը բաղկացած է E7 տիպի ՆՀԲ-ից և մեծ պտտողական ուժ ունեցող BDH 1305 տիպի խիրալ խառնուկից: Խիրալ ՆՀԲ-ի պարույրի տարբեր քայլեր ապահովելու նպատակով, փորձերում օգտագործվել է խիրալ խառնուկի տարբեր կոնցենտրացիաներ: ՆՀԲ-ի և խիրալ խառնուկի զանգվածային հարաբերակցությունը պայմանականորեն առաջին խառնուրդում եղել է 93%:7% (ըստ կշռի), երկրորդում՝ 94%:6%, որոնց այնուհետև ավելացվել է 1% զանգվածային հարաբերակցությամբ պիրոմեթեն 597 (PM 597) տիպի լազերային ներկանյութ: Նշված լուծույթների կլանման մաքսիմումն ընկած է ~530 նմ ալիքի երկարության մոտակայքում, իսկ ֆլուորեսցենցիայինը՝ ~580 նմ-ի մոտակայքում: Նկ. 4-ում ցույց է տրված նմուշների անցման սպեկտրները՝ ՖԱԳ-երը, որտեղ հստակ երևում է, որ առաջին խառնուրդի ՖԱԳ-ը ծածկում է ներկանյութի կլանման տիրույթը (Նկ. 4 ա): Երկրորդ խառնուրդի ՖԱԳ-ն առաջինի նկատմամբ տեղաշարժված է դեպի երկարալիքային տիրույթ և ամբողջովին չի ծածկում կլանման տիրույթը: Նկ. 4-ից հետևում է նաև, որ նշված լազերային ներկանյութի համար լույսի կլանման տիրույթը դիտվում է նաև ձախ շրջանային բևեռացված լույսի համար, այն դեպքում երբ խիրալ նեմատիկ ՀԲ-ի անդրադարձման տիրույթը դիտվում է միայն աջ շրջանային բևեռացված և չբևեռացված լույսերի դեպքում: Այսինքն, պիրոմեթեն 597 ներկանյութը սպեկտրի մեզ հետաքրքրող տիրույթում օժտված չէ կլանման դիքրոիզմով:

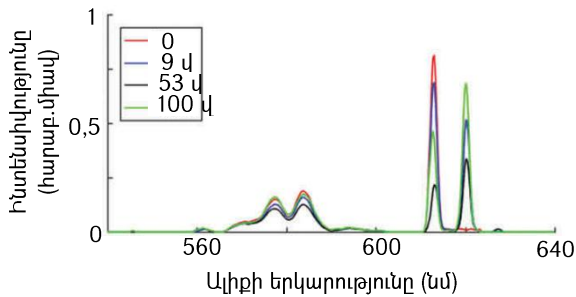
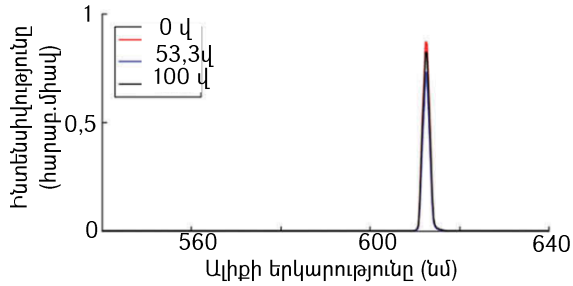
4.4-ում փորձնականորեն ուսումնասիրված է ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ – ում բազմալիքային լազերային գեներացիան:



Նկ. 4. Ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՇԲ-ի 14 մկմ հաստությամբ նմուշների անցման սպեկտրները, ա) առաջին խառնուրդով լցված բջիջի համար, բ) երկրորդ խառնուրդով լցված բջիջի համար: ՁՇԲ-ձախ շրջանային բևեռացված լույս, ԱՇԲ-աջ շրջանային բևեռացված լույս, ՉԲ-չբևեռացված լույս

Ներկանյութի օպտիկական մղման համար օգտագործվել է (ՊՏԻՊԿ-7) Nd:YAG լազերի 532 նմ ալիքի երկարությամբ երկրորդ հարմոնիկը, որի փնջում իմպուլսների հաջորդման հաճախությունը չափումների ընթացքում եղել է 12,5 Հց, իմպուլսների տևողությունը 12 նվ:

Փորձով ցույց է տրվել, որ գրանցման սկզբում (~100 վ ժամանակահատվածում), մղման փնջի 28 մկՋ/իմպ. էներգիայի դեպքում, լազերային ճառագայթում ստացվում է միայն 613 նմ ալիքի երկարության վրա նկ. 5. (ա): Ցույց է տրվել, որ այդ ընթացքում ՇԲԿ-ում կառուցվածքային տեսանելի փոփոխությունները բացակայում են (նկ. 5. (բ, գ, դ)): Նկարներում պարզ երևում են իրարից տարբեր գունավորմամբ՝ տարբեր ՖԱԳ-երով տիրույթները (դոմենները) և դիսկլինային արատների գծերը՝ յուղանման շերտագծերը: Թեստային փորձերը ցույց են տալիս, որ այդ դոմենները միմյանցից տարբերվում են պարույրի քայլերով, հետևաբար նաև քայլերի թվերով: Մեր գնահատականները

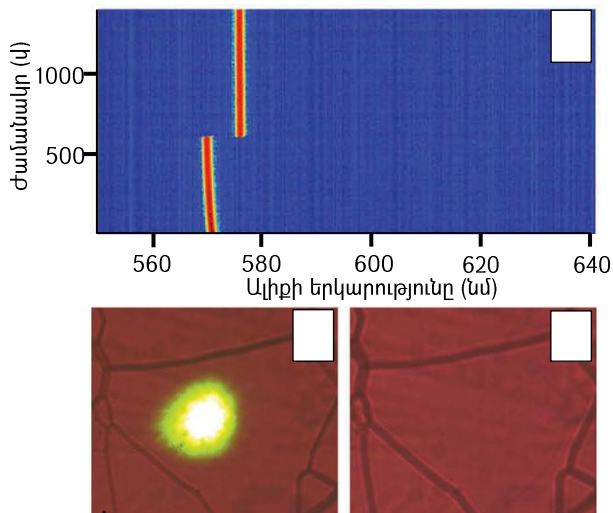


Նկ. 5. Ներկանյութով հարստացրած խիրավ ՀԲ-ում լազերային ճառագայթման սպեկտրները (ա և ե), և միկրոսկոպի միջոցով ստացված կառուցվածքային փոփոխությունների պատկերը: Մղման փնջի հաճախությունը 12,5 Հց է, իսկ իմպուլսների էներգիան՝ ա, բ, գ, դ դեպքում 28 մկՋ/իմպուլս, ե, գ, է, ը, թ դեպքում 336 մկՋ/իմպուլս: բ և գ նկարներում ցույց է տրված նմուշում ԽՀԲ-ի կառուցվածքը սկզբնական վիճակում, դ և ը նկարներում՝ մղման փունջն անջատելուց անմիջապես հետո

րով դոմեններից յուրաքանչյուրի պարուրի քայլերի թիվը, հարևան դոմենի քայլերի թվից տարբերվում է 0,5-ով:

Առաջին անգամ ցույց է տրվել, որ մղման փնջի մեծ ( $\geq 336$  մկՋ/իմպ.) էներգիայի դեպքում նույն՝ միադոմեն տիրույթից ստացվում է բազմալիքային լազերային ճառագայթում 613 նմ, 620 նմ և 627 նմ ալիքի երկարությունների վրա (Նկ. 5 ե): Փորձնականորեն հաստատվել է, որ մղման փնջի 336 մկՋ/իմպ. էներգիայի դեպքում, ժամանակի ընթացքում բջջում նկատվում է ՖԱԳ-ի տեղաշարժ, որը հստակ երևում է նկ. 5. (զ)-ն և նկ. 5 (ը)-ն համեմատելով: Այն տիրույթում, որտեղ ընկնում է մղման փունջը, առաջանում է նոր դոմեն, որն ունի նույն ՖԱԳ-ն ինչ (է) նկարի ներքևի ձախ անկյունում տեղակայված դոմենը: Նկարում կարելի է տեսնել նաև դիսկլինային արատների առաջացումը: Մղման փունջն անջատելուց հետո փնջի ազդեցությանը ենթարկված տիրույթի գունավորումը սկսում է փոխվել և  $\sim 90$  վ անց կայունա նում է վերադառնալով նախկին ՖԱԳ-ին, մինչդեռ առաջացած դիսկլինային գծերը երկար ժամանակ մնում են գրեթե անփոփոխ ( $\sim 2-3$  օր):

Ստացված արդյունքներից հետևում է, որ հզոր մղման փնջի կենտրոնական տիրույթում առաջանում է խիրալ նեմատիկ ՀԲ-ի պարույրի քայլի թռիչքաձև փոփոխություն, որի արդյունքում մակաձված նոր դոմենից ստացվող լազերային ճառագայթումն ունի այլ ալիքի երկարություն (մակաձված դոմենի ՖԱԳ-ին համապատասխան):

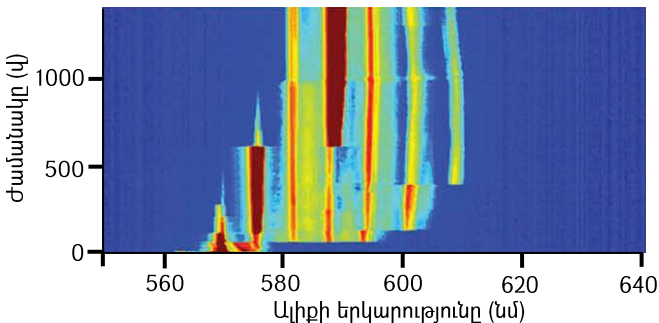


Նկ. 6. Ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ական միադոմեն կառուցվածքից գեներացված լազերային ճառագայթման ժամանակային էվոլյուցիան (ա) և բջջի գեներացիային մասնակցող տիրույթի լուսանկարները, երբ մղման փունջը միացված է (բ) և երբ անջատված է (գ): Բջջի հաստությունը 14 մկմ է, մղման իմպուլսների տևողությունը՝ 0,5 նվ, կրկնման հաճախությունը 1 կՀց, իմպուլսում էներգիան՝ 17 մկՋ/իմպ.

4.5-ում ուսումնասիրվել է ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ում լազերային ճառագայթման գեներացիայի ժամանակային էվոլյուցիայի և լազերային ճառագայթման բազմալիքային գեներացիայի ձևավորման որոշ առանձնահատկություններ, որոնք կապված են ՀԲՖԿ-ում լազերային դաշտով արատների և դիսկլինային գծերի մակաձման հետ:

Ցույց է տրվել, որ մղման փնջի փոքր հզորությունների դեպքում խիրալ ՀԲ-ի միադոմեն կառուցվածքից գեներացված լազերային ճառագայթումն ունի սպեկտրային մեկ գագաթ: Մղման փնջի ոչ մեծ ( $\leq 20$  մկՋ/իմպ.) հզորությունների դեպքում, ժամանակի ընթացքում տեղի է ունենում լազերային գեներացիայի ալիքի երկարության թռիչք դեպի երկարալիքային տիրույթ (նկ. 6):

Փոքր հզորությունների համար ցույց է տրվել, որ երբ մղման փնջի տի-



Նկ. 7. Ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ական կառուցվածքներից գեներացված լազերային ճառագայթման ժամանակային էվոլյուցիան: Բջջի հաստությունը 14 մկմ է, մղման իմպուլսների տևողությունը՝ 0,5 նվ, կրկնման հաճախությունը 1 կՀց, իմպուլսում էներգիան՝ 35 մկՋ/իմպ.

րույթն ընդգրկում է երկու դոմեններ, ապա գեներացիան միաժամանակ տեղի է ունենում երկու ալիքի երկարությունների համար:

Փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ մղման փնջի հզորության աճին զուգընթաց, ի հայտ են գալիս գեներացիայի նոր սպեկտրային գագաթներ: Մեր փորձերում, մղման փնջի իմպուլսի  $\sim 35$  մկՋ/իմպ. էներգիայի դեպքում, 560 նմ – 610 նմ սպեկտրային տիրույթում, միաժամանակ գեներացվում են մինչև 8 սպեկտրային գծեր (նկ. 7):

4.6 – ը չորրորդ գլխի ամփոփումն է, որտեղ ընդհանրացված է այդ գլխում ստացված հիմնական արդյունքները:



## ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Ներկայացված ատենախոսությունում փորձնականորեն ուսումնասիրված է լազերային ճառագայթման փոխազդեցությունը ներկանյութով հարստացրած խիրալ ՆՀԲ-ների հետ: Փորձնականորեն ցույց է տրվել, լազերային դաշտերով և հիդրոդինամիկական հոսքերով խիրալ ՆՀԲ-ի պարբերական պարուրածն կառուցվածքում, արատների և «Գրանժան-Կանոյի» տիպի դիսկլինային գծերի մակաձման հնարավորությունը: Ցույց է տրվել, որ լազերային դաշտի միջոցով փոխելով մակաձված արատի բնութագրերը, կարելի է ղեկավարել խիրալ ՆՀԲ-ի թաղանթի ՖԱԳ-ի պարամետրերը:

Փորձնականորեն հետազոտվել է լազերային ճառագայթման գեներացիան, ներկանյութով հարստացրած և կառուցվածքում լազերային դաշտով և հիդրոդինամիկական հոսքերով մակաձված արատներով խիրալ ՆՀԲ թաղանթում: Դիտվել է ՖԱԳ-ի կենտրոնական ալիքի երկարության բազմաթիվ սպեկտրալ թռիչքներ և դրանց համապատասխան, բազմալիք լազերային ճառագայթման գեներացիա:

Ատենախոսական աշխատանքում ուսումնասիրվել է նաև լազերային բազմալիք ճառագայթման գեներացիայի ժամանակային էվոլյուցիան, և դրանց կապը մակաձված արատների և Գրանժան-Կանոյի գծերի առաջացման հետ:

Ատենախոսությունում ստացված հիմնական արդյունքները հանգում են հետևյալին.

1. Առաջին անգամ փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ ներկանյութով հարստացրած խիրալ նեմատիկ հեղուկ բյուրեղական հարթ բջջում նանովայրկյանային լազերային իմպուլսներով կարելի է մակաձել «Գրանժան-Կանոյի» տիպի դիսկլինային գծեր, որոնք պայմանավորված են խիրալ հեղուկ բյուրեղի քայի թռիչքածն փոփոխություններով:
2. Փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ ներկանյութով հարստացրած խիրալ նեմատիկ հեղուկ բյուրեղական հարթ բջջում նանովայրկյանային լազերային իմպուլսներով արատների և դիսկլինային գծերի մակաձումն ունի շեմային բնույթ և երկկայուն վարք:
3. Առաջին անգամ փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ ներկանյութով հարստացրած և պարույրի առանցքին ուղղահայաց հիդրոդինամիկական հոսքով մակաձված արատով խիրալ նեմատիկ հեղուկ բյուրեղական բարակ (~10 մկմ) թաղանթում կարելի է ստանալ լազերային ճառագայթման գեներացիա: Ցույց է տրվել, որ դրա ալիքի երկարությունը նանմետրական ճշտությամբ կարելի է ղեկավարել փոխելով հիդրոդինամիկական հոսքի արագությունը:
4. Առաջին անգամ փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ ներկանյութով հարստացրած և պարույրի առանցքին ուղղահայաց հիդրոդինամիկական հոսքով մակաձված արատով խիրալ նեմատիկ հեղուկ բյուրեղական հարթ

բջջում կարելի է ստանալ բազմալիք լազերային ճառագայթում: Փորձ-նականորեն բացահայտվել է, որ բազմալիք լազերային ճառագայթման մեխանիզմը պայմանավորված է խիրալ նեմատիկ հեղուկ բյուրեղական բազմադոմեն ֆոտոնային կառուցվածքով և Գրանժան-Կանոյի դիսկլինացիաներով:

5. Առաջին անգամ փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ ներկանյութով հարստացրած խիրալ նեմատիկ հեղուկ բյուրեղական հարթ բջջում, մղման փնջով մակածելով արատ, կարելի է ստանալ բազմալիք լազերային ճառագայթում: Թեստային փորձերով բացահայտվել է, որ բազմալիք լազերային ճառագայթման մեխանիզմը պայմանավորված է ուղղորդի լուսամակածված վերակողմնորոշմամբ, որի հետևանքով խիրալ նեմատիկ հեղուկ բյուրեղի պարույրը ձևախախտվելով առաջացնում է կառուցվածքում դիսկլինային արատներ:
6. Առաջին անգամ փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ ներկանյութով հարստացրած խիրալ նեմատիկ հեղուկ բյուրեղական թաղանթում հոսքի պատճառով առաջացած վերակողմնորոշման հետևանքով առաջացած նոր դոմենի ֆոտոնային արգելված գոտու կարճալիքային սահմանից ստացվող լազերային ճառագայթման շեմն ավելի ցածր է քան ֆոտոնային արգելված գոտու երկարալիքային սահմանից ստացվող լազերային ճառագայթմանը:

### **Գրականություն**

1. E. Yablonovitch. Inhibited spontaneous emission in solid-state physics and electronics. *Phys. Rev. Lett.* 58, 2059 – 2062 (1987).
2. E. Yablonovitch. Photonic band-gap crystals. *J. Phys.:Condens.Matter.* 5, 24432460 (1993).
3. J.-M. Lourtioz et al. *Photonic Crystals*. Berlin : Springer, 2005. 430 p.
4. C. Sibilía et al. *Photonic Crystals: Physics and Technology*. Berlin : Springer, 2008. 289 p.
5. P. De Gennes, J. Prost. *The Physics of Liquid Crystals*. Second Edition. Oxford : Clarendon press, 1993. 400 p.
6. Khoo, I.C. *Liquid Crystals*. NJ : Wiley, 2007. 383 p.
7. М.Г. Томилин, Г.Е. Невская. Дисплеи на Жидких Кристаллах. Санкт-Петербург: ИТМО, 2010. 108 с.
8. K. Robbie, D. J. Broer, M. J. Brett. *Nature (London)*. 1999, Vol. 399, p. 764.
9. S. M. P. Bolom et al. *Soc. Inf. Display*. 2002, Vol. 10, p. 209.
10. Chanishvili A, Chilaya G, Petriashvili G, et al. Phototunable lasing in dye-doped cholesteric liquid crystals. *Appl Phys Lett*. 2003;83:5353–5355. doi:10.1063/1.1636818.
11. С. П. Палто. Электрооптика и фотоника жидких кристаллов. *УФН*. 2005, Vol. 175, 7, pp. 784-790.

12. V.I. Kopp, A.Z. Genack, Lasing at the edge of a photonic stop band in cholesteric liquid crystals, Leos Newsletter, 1999, pp. 8-10.
13. V. A. Belyakov. Low Threshold DFB Lasing at the Edge and Defect Modes in Chiral Liquid Crystals. Mol. Cryst. and Liq. Cryst. 2008, Vol. 488, 1, pp. 279-308.
14. Coles H, Morris S. Liquid-crystal lasers. Nat Photonics. 2010 Oct;4:676–685. doi:10.1038/nphoton.2010.184

### **Հրատարակված աշխատանքների ցուցակ**

1. T. Dadalyan, Zh. Ninoyan, I. Nys, R. Alaverdyan, J. Beeckman, K. Neyts, O. Willekens, “ Tuning the lasing wavelength of dye-doped chiral nematic liquid crystal by fluid flow”, Liquid Crystals, V. 44, Pages 372-378 (2016).
2. T. Dadalyan, Zh. Ninoyan, I. Nys, R. Alaverdyan, J. Beeckman, K. Neyts, “Light-induced multi-wavelength lasing indyedopedchiral nematic liquid crystals due to strong pumping illumination”, Liquid Crystals, DOI: 10.1080/02678292.2018.1429680. available online (2018).
3. Zh. Ninoyan, “Formation of the disclination defects in the dye-doped Cholesteric Liquid Crystalline structure under the influence of the laser beam” , ԵՊՀ գիտ. տեղ., հ. 52, 55-59, 2018.
4. H. Gharagulyan, M.S .Rafayelyan, A.H. Gevorgyan, Zh.V. Ninoyan, R.B. Alaverdyan, “Asymmetric Transmission in Liquid-Crystals of Two Cholesterics with Different Pitches and Chiralities”, Book of Abstracts of OPTICS-2016, p.72 (2016).
5. R. Alaverdyan, L. Aslanyan, G. Gevorgyan, H. Gharagulyan, H. Hovakimyan, Zh. Ninoyan, “The spatial evolution of the polarization of light in a wedge-shaped sample of a cholesteric liquid crystal”, Book of Abstracts of Laser Physics -2017, p.56 (2017).
6. T. Dadalyan, Zh. Ninoyan, R. Alaverdyan, I. Nys, J. Beeckman, K. Neyts, “Non-linear control of lasing wavelength in dye-doped chiral photonic structures by means of light” , Book of Abstracts of Laser Physics -2017, p.41 (2017).
7. Zh. Ninoyan, T. Dadalyan, R. Alaverdyan, “Tuning the lasing wavelength in dye-doped chiral photonic structure with pitch gradient by means of hydrodynamic flow”, Book of Abstracts of Laser Physics -2017, p.66 (2017).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе экспериментально изучено взаимодействие лазерной генерации с хиральными нематическими жидкими кристаллами (НЖК) обогатненными красителем. Экспериментально показана возможность индуцирования дефектов и дисклинационных линий Гранжана-Кано в периодической спиральной структуре хиральных НЖК лазерными полями и гидродинамическими потоками. Показано, что меняя характеристики индуцированного дефекта лазерным полем, можно контролировать спектральное положение и ширину фотонной запрещенной зоны (ФЗЗ) хирального НЖК.

Экспериментально исследована генерация лазерного излучения в обогатненных красителем НЖК структурах с дефектами лазерным полем и гидродинамическими потоками. Наблюдались многочисленные спектральные прыжки центральной длины волны ФЗЗ и в соответствии с этим наблюдалась генерация многоволнового лазерного излучения.

В диссертационной работе изучена временная эволюция генерированного лазерного излучения и ее связь с индуцированными дефектами и дисклинационными линиями Гранжана-Кано.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в лазерных технологиях, а также могут быть применены в создании микролазеров, оптических диодов и транзисторов и в ЖК-дисплеях.

В диссертационной работе получены следующие основные результаты:

1. Впервые было экспериментально показано, что с использованием наносекундного импульсного лазера, в хиральной НЖК-ой плоской ячейке, можно индуцировать дисклинационные линии Гранжана-Кано, обусловленными прыжками шага спирали хирального жидкого кристалла.
2. Экспериментально показано, что индуцирование дефектов и дисклинационных линий Гранжана-Кано в хиральной НЖК-ой плоской ячейке имеет пороговый характер и бистабильное поведение.
3. Впервые было экспериментально показано, что, в обогатненных красителем хиральной НЖК-ой тонкой пленке (~10мкм) с дефектом, индуцированным гидродинамическими потоками, перпендикулярными оси спирали ЖК, можно генерировать лазерное излучение. Показано, что, меняя скорость гидродинамических потоков, можно контролировать длину волны лазерного излучения с точностью до нанометра.
4. Впервые было экспериментально показано, что в обогатненной красителем хиральной НЖК-ой плоской ячейке с дефектом, индуцированным гидродинамическими потоками, перпендикулярными оси спирали ЖК, можно получить многоволновую лазерную генерацию. Экспериментально доказано,

что механизм многоволновой лазерной генерации обусловлен многодоменным фотонным строением хирального НЖК и дисклинациями Гранжана-Кано.

5. Впервые было экспериментально показано, что в обогащенной красителем хиральной НЖК-ой плоской ячейке с дефектом, индуцированным лазерной накачкой, можно получить многоволновую лазерную генерацию. Выявлено, что механизм многоволновой генерации обусловлен светоиндуцированной реориентацией директора жидкого кристалла, из-за чего ось хирального НЖК деформируется, и в структуре появляются дисклинационные дефекты.

6. Впервые было экспериментально показано, что в обогащенной красителем хиральной НЖК-ой тонкой пленке порог лазерного излучения, который генерируется из коротковолновой границы ФЗЗ нового домена, появление которого обусловлено реориентацией, индуцированной гидродинамическими потоками, меньше порога лазерного излучения из длинноволновой границы ФЗЗ.

## SUMMARY

In this dissertation laser generation interaction with dye-doped chiral nematic liquid crystals (NLCs) is investigated. A possibility of a defect and Grandjean-Cano disclination lines induction in NLC structure by laser fields and hydrodynamic flows is demonstrated experimentally. It is shown that it is possible to change the parameters of the induced defect which makes possible to tune the spectral location and the width of the Photonic Band Gap (PBG) of the chiral NLC layer by laser irradiation.

Lasing from the chiral NLC with a defect induced by a hydrodynamic flow and irradiation is experimentally studied. Multiple spectral jumps of the central wavelength of the PBG and corresponding multi-wavelength lasing were observed.

The time evolution of multi-wavelength lasing and its connection with the induced defects and Cano-Grandjean disclination lines is studied.

The results of the dissertation work could be applied in laser technologies, creation of microlasers, optical diodes, transistors and LCD technologies.

The following main results are obtained in the dissertation.

1. It is experimentally shown for the first time that, using a nanosecond pulse laser, it is possible to induce Grandjean-Cano disclination lines in a chiral NLC plane cell, caused by the helix pitch jumps.
2. It is experimentally shown that induction of disclination defects by nanosecond pulse laser has a threshold and bi-stable behavior.
3. For the first time the possibility of obtaining lasing from a dye-doped chiral nematic crystal thin layer ( $\sim 10\mu\text{m}$ ) with a defect induced by a hydrodynamic flow perpendicular to the liquid crystal helical axis is experimentally shown. Also, a possibility of tuning the lasing wavelength by nanometer accuracy by changing the velocity of a hydrodynamic flow is shown.
4. For the first time the possibility of obtaining a multi-wavelength lasing in a dye-doped NLC plane layer with a defect induced by a hydrodynamic flow perpendicular to the liquid crystal helix axis is experimentally shown. It is experimentally proved that the multi-wavelength lasing emerges due to multi-domain structure of the chiral nematic liquid crystal and Cano-Grandjean disclination defects.
5. For the first time the possibility of obtaining a multi-wavelength lasing in a dye-doped chiral NLC plane cell with a defect induced by a pumping laser beam is experimentally shown. It is found out that the multi-wavelength lasing is conditioned by the light-induced reorientation of the liquid crystal director due to which the axis of the chiral NLC is deformed and it causes disclination defects in the crystal structure.
6. For the first time it is shown that lasing threshold generated at the shortwave PBG edge of the new domain caused by the hydrodynamic flows in a dye-doped chiral NLC thin film is less than that at the longwave PBG edge.