

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Դադալյան Տիգրան Կարենի

ՄԱՔՈՒՐ ԵՎ ՆԵՐԿԱՆՅՈՒԹՈՎ ՀԱՐՍՏԱՑՎԱԾ ԽԻՐԱԼ ՖՈՏՈՆԻԿ
ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Ա.04.05–«Օպտիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկա-մաթեմատիկական
գիտությունների թեկնածուի զիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

Երևան-2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РА
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Дадалян Тигран Каренович

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧИСТЫХ И
ОБОГАЩЕННЫХ КРАСИТЕЛЕМ ХИРАЛЬНЫХ ФОТОННЫХ СТРУКТУР

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.04.05 – «Оптика»

Ереван – 2013

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանում
Գիտական ղեկավար՝ ֆիզ-մաթ. գիտ. դոկտոր,


Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ պրոֆեսոր Ռ.Բ. Ալավերդյան
ֆիզ-մաթ. գիտ. դոկտոր,
պրոֆեսոր Ա.Հ. Մելիքյան
ֆիզ-մաթ. գիտ. թեկնածու
դոցենտ Ա.Հ. Մակարյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Հայաստանի Պետական
Ճարտարագիտական Համալսարան

Ատենախոսության պաշտպանությունը կայանալու է 2013 թ. հունիսի 4-ին, ժամը
14⁰⁰-ին, ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկական Հետազոտությունների Բնաստիտուտում (0203 ք.
Աշտարակ-2, ՀՀ ԳԱԱ ՖՀԻ) ԲՈՀ-ի Ֆիզիկայի-049 մասնագիտական խորհրդում:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ գրադարանում:

Ատենախոսության սեղմագիրը առաքված է 2013 թ. մայիսի 3-ին

Մասնագիտական խորհրդի գիտական
քարտուղար, ֆիզմաթ. 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,
профессор А.О. Меликян
кандидат физ.-мат. наук
доцент А.О. Макарян

Ведущая организация: Государственный инженерный
университет Армении

Защита диссертации состоится 4-го июня в 2013 г. в 14⁰⁰, в Институте Физических
Исследований НАН РА (0203, г. Аштарак-2 ИФИ НАН РА) на заседании
Специализированного совета ВАК Физика-049.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ.

Автореферат диссертации разослан 3-го мая, 2013 г.

Ученый секретарь специализированного совета,
Канд. физ.-мат. наук, доцент



В.П. Калантарян

Աշխատանքի արդիականությունը

Ժամանակակից ֆոտոնիկայի և լազերային ֆիզիկայի առաջատար ուղղություններից մեկն է հանդիսանում ֆոտոնային արգելված գոտիով (ՖԱԳ) օժտված միկրոկառուցվածքներում՝ ֆոտոնային բյուրեղներում (ՖԲ) և միկրոռեզոնատորներում օպտիկական և ոչ գծային օպտիկական երևույթների ուսումնասիրումը: ՖԲ-ում և միկրոռեզոնատորներում օպտիկական մոդաների սպեկտրը ունի ՖԱԳ՝ ալիքային վեկտորների միջակայք, որոնցով լույսի տարածումը խիստ ճնշված է: Ֆոտոնային միկրոկառուցվածքների նկատմամբ հետաքրքրությունն ունի ինչպես հիմնարար, այնպես էլ կիրառական ասպեկտներ: Հիմնարար հետաքրքրությունը պայմանավորված է միջավայրի օպտիկական արձագանքի դեկավարման հնարավորության հետ՝ օրինակ, որոշակի սպեկտրալ տիրույթում ֆոտոյումֆինեսցենցիայի կտրվածքի վերահսկելի ուժեղացման հետ: Ֆոտոնային միկրոկառուցվածքների կիրառական նշանակությունը կապված է դրանց հիման վրա ժամանակակից ֆոտոնային և օպտոէլեկտրոնային սարքերի ստեղծման հեռանկարի հետ՝ օրինակ, օպտիկական դիողի, տրազհիստորի, նոր սերնդի լազերային միկրոռեզոնատորների, լազերային ճառագայթման բնութագրերի դեկավարման համար բարակ թաղանթային տարրերի և այլն: Այս ուղղությամբ զգալի հաջողություններ են գրանցվել ֆոտոնիկայում: Ստեղծվել են ՖԲ-ներ և կառուցվածքներ, որոնք թույլ են տալիս պահպանել, զտել, հասցեավորել և վերաճառագայթել լույսը և այլն: Այս բոլորով հանդերձ, դրանց բնութագրերի մեծ միջակայքում դեկավարումը և, որ պակաս կարևոր չէ, ՖԲ-ի ստեղծումը պահանջում է նուրբ տեխնոլոգիաներ և թանկարժեք լաբորատոր սարքավորումներ [1]: Դրա համար այսօր ձգտում են օգտագործել այնպիսի միջավայրեր, որոնք կարող են ինքնաձևավորել ՖԲ-ներ, և հեշտ կառավարելի են (զգայուն են արտաքին ազդեցությունների նկատմամբ):

Այս տեսակետից մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում արտաքին դաշտերի նկատմամբ չափազանց զգայուն նեմատիկ և խոլեստերիկ հեղուկ բյուրեղների (ՆՀԲ, ԽՀԲ) և նրանց խառնուրդների հիմքի վրա ֆոտոնային կառուցվածքների ստեղծումը և վերջիններիս օպտիկական հատկությունների հետազոտումը: Այսօր հետազոտողների ուշադրության կենտրոնում են հայտնվել խիրալ խառնուկով ՆՀԲ – ներն ու ԽՀԲ - ները, որոնք համապատասխան պայմանների դեպքում օժտված են ՖԱԳ-ով: Դա պայմանավորված է կառավարվող, պլանար օպտիկական տարրերի, լույսի միջոցով լույսի կառավարման համակարգերի, օպտիկական դիողի և տրանզիստորի ստեղծման, լույսի գերման և անշեմ (ցածրաշեմ) լազերային գեներացիայի հեռանկարով:

Ինչպես հայտնի է ԽՀԲ-ն օրգանական նյութեր են, որոնք մոլեկուլների հայելային սիմետրիայի բացակայության (խիրալության) պատճառով ձևավորում են պարտաձև պարբերական կառուցվածք [2]: Մոլեկուլների անիզոտրոպության հետևանքով ԽՀԲ թաղանթում առաջանում է բեկման ցուցի տարածական մոդուլյացիա, ու երբ պարույրի քայլը դառնում է համեմատական տեսանելի լույսի ալիքի

երկարությանը՝ այն անդրադարձնում է պարույրի պտույտին հակառակ ուղղությամբ շրջանային բևեռացված լույսը՝ $n_o p < \lambda < n_e p$ սպեկտրալ միջակայքում, այնինչ պարույրի պտույտի ուղղությամբ շրջանային բևեռացված լույսը թափանցում է գրեթե առանց կորուստների: Այստեղ p -ն խիրալ շՖ-ի պարույրի քայլն է, իսկ $n_o = \sqrt{\varepsilon_1}$ -ը և $n_e = \sqrt{\varepsilon_2}$ -ը սովորական և անսովոր տեղային (լոկալ) բեկման ցուցիչներն են: Մա թույլ է տալիս ԽՉԲ-ները և խիրալ շՖ-ները դասել միաշափ ՖԲ-ների դասին, որոնց հաճախ ուղղակի անվանում են խիրալ ՖԲ-ներ [3-6]: Փաստորեն խիրալ ՖԲ-ի գլխավոր տարբերությունը սովորական ՖԲ-ից, կայանում է նրանում, որ նորմալ անկման դեպքում, առաջինների համար ՖԱԳ գոյություն ունի միայն մեկ շրջանային բևեռացված լույսի համար, որը չի համընկնում խիրալության նշանի հետ: Այսպիսով խիրալ շՖ-ի օպտիկական հատկությունները մեծապես կախված են պարույրի քայլից, որը զգայուն է արտաքին էլեկտրամագնիսական դաշտերի, լույսի, ջերմաստիճանի, ճնշման և այլ ազդակների նկատմամբ և, հետևաբար, խիրալ շՖ-ի ՖԱԳ-ի սպեկտրալ դիրքը և լայնությունը հեշտությամբ կարելի է դեկավարել արտաքին ներգործությունների միջոցով [5, 6]:

Պարզվում է ՖԲ-ի ՖԱԳ-ի ներսում էլեկտրամագնիսական մոդաներն արգելված են, իսկ եզրերում մեծանում է ֆոտոնային վիճակների թիվը, ինչի հետևանքով ներկանյութով հարստացված խիրալ շՖ կառուցվածքների ՖԱԳ-ի եզրերին համապատասխանող ալիքի երկարության վրա հնարավոր է ստանալ ցածրաշեն լազերային ճառագայթում [7, 8]: Դրանով է պայմանավորված լազերային ներկանյութով հարստացված խիրալ շՖ ֆոտոնային կառուցվածքների նկատմամբ աճող հետաքրքրությունը: Ավելին, ԽՉԲ-ի պարբերական կառուցվածքում ստեղծված արտադր ՖԱԳ-ում առաջացնում է արատային մոդաներ: Դա թույլ է տալիս ստեղծել նեղշերտ դեկավարվող լուսազտիչ, օպտիկական դիոդ, անշեն (ցածր շեմային) լազեր և այլն [9]:

Աշխատանքի նպատակը

Ատենախոսության նպատակն է հանդիսացել մաքուր և ներկանյութով հարստացված խիրալ հեղուկ բյուրեղական ֆոտոնիկ կառուցվածքների սպեկտրային առանձնահատկությունների, դրանցում արատներով պայմանավորված նոր ֆոտոնային արգելված գոտիների, հիդրոդինամիկական հոսքերով մակածված արատների հայտնաբերումը և փորձարարական ուսումնասիրումը, ինչպես նաև այդ կառուցվածքների հետ լազերային ճառագայթման փոխազդեցության հետազոտումը:

Գիտական նորույթը

Ատենախոսության գիտական նորույթը որոշվում է առաջին անգամ իրականացված փորձարարական աշխատանքների հետևյալ համախմբությամբ՝

1. ուսումնասիրվել է ռոդամին 6Ժ լազերային ներկանյութով հարստացված պոլիմետիլմետակրիլատի (ՊՄՄԱ) դիքլորէթանային լուծույթից լուծիչի ցնդման մեթոդով ստացված պինդ, բարակ թաղանթների սպեկտրային բնութագրերը:

2. ուսումնասիրվել է ռոդանին 6ժ լազերային ներկանյութով հարստացված ՊՄՄԱ պոլիմերային թաղանթով՝ արատով խիրալ հեղուկ բյուրեղական ֆոտոնային կառուցվածքի բացթողման և անդրադարձման սպեկտրալ հատկությունները և ֆոտոլյումինեսցենցիան:
3. ասիմետրիկ սահմանային պայմաններով խիրալ ՀԲ թաղանթում հայտնաբերվել և ուսումնասիրվել է օպտիկական անշրջելիության երևույթը:
4. հայտնաբերվել և ուսումնասիրվել է ասիմետրիկ սահմանային պայմաններով խիրալ ՀԲ թաղանթից լույսի ընտրողաբար անդրադարձման (ՖԱԳ-ի) միաժամանակ դիտվող երկու տիրույթների հնարավորությունը:
5. ուսումնասիրվել է մեխանիկական տատանումներով խիրալ ՀԲ-ի ՖԱԳ-երի երկու տիրույթների ղեկավարման հնարավորությունը:
6. հետազոտվել է էլեկտրաստատիկ դաշտի ազդեցությունը ֆոտոնային երկու արգելված գոտիով խիրալ ՀԲ-ի ՖԱԳ-ի սպեկտրի վրա:
7. ուսումնասիրվել է պուլսազեյլան հիդրոդինամիկ հոսքերով խիրալ ՀԲ-ական ֆոտոնային կառուցվածքներում պլանար արատի մակածման և այդ հոսքերով խիրալ ֆոտոնային կառուցվածքի ՖԱԳ-ի ղեկավարման հնարավորությունը:

Կիրառական նշանակությունը

Ատենախոսության շրջանակներում ստացված արդյունքներն ունեն ինչպես ակադեմիական այնպես էլ կիրառական մեծ հետաքրքրություն: Ակադեմիական կարևորությունը պայմանավորված է ֆոտոնային կառուցվածքներում ընթացող մի շարք երևույթների իրական ժամանակային մասշտաբում փորձարարական հետազոտությունների իրականացման հնարավորություններով, կիրառականը՝ մասնավորապես նրանով, որ ստացված արդյունքները կարող են օգտագործվել լազերային միկրոռեզոնատորներում, լազերային ճառագայթման բնութագրերի ղեկավարման համար բարակ թաղանթային, ցածրաշեմ, հավաք և մանրանրբին տարրերի, լուսային էներգիայի կուտակիչների, օպտիկական դիոդի և տրանզիստորի և նմանատիպ այլ սարքերի ստեղծման համար:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները

1. Խիրալ ՀԲ – ներկանյութով հարստացված ՊՄՄԱ թաղանթ – խիրալ ՀԲ ֆոտոնային կառուցվածքով կարելի է ղեկավարել նրանով անցած (անդրադարձած) և խիրալ ՀԲ - ի ֆոտոնային արգելված գոտու շերտում գտնվող ալիքի երկարությամբ լույսի ինտենսիվությունը և ներկանյութի ֆոտոլյումինեսցենցիան:
2. Խիրալ հեղուկ բյուրեղական եռաբաղադրիչ խառնուրդների պլանար կողմնորոշված թաղանթներում հնարավոր է երկու միմյանցից տարանջատված ֆոտոնային արգելված գոտիների միաժամանակյա գոյությունը, որը պայմանավորված է թաղանթներում արատների գոյությամբ:

3. Խիբրալ հեղուկ բյուրեղական եռաբաղադրիչ խառնուրդների պլանար կոդմ-նորոշված թաղանթներում միաժամանակ դիտվող երկու միմյանցից տարանջատված ֆոտոնային արգելված գոտիների բնութագրերը կարելի է ղեկավարել արտաքին ազդեցություններով (մասնավորապես, մեխանիկական սատանումներով, ջերմային և էլեկտրական դաշտերով, և այլն):
4. Խիբրալ հեղուկ բյուրեղական թաղանթում պուազելյան հիդրոդինամիկական հոսքերով հնարավոր է մակածել պարույրի քայլի գրադիենտ և դրանով պայմանավորված չտեղայնացված պլանար արատ, որը թույլ կտա ղեկավարել խիբրալ հեղուկ բյուրեղի ֆոտոնային արգելված գոտու լայնությունը, առանց էապես փոխելու վերջինիս կենտրոնական ալիքի երկարությունը:

Աշխատանքի ներկայացումը

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները զեկուցվել են «International OSA student network of students 10», IONS 10, Southampton, August 9-12, 2011; «Optics + Photonics 2011», O&P 2011, August 20-25, 2011, San Diego; «14 th International Topical Meeting Optics of Liquid Crystals», OLC-2011, Yerevan, Sept. 25-Oct. 1, 2011; «International symposium on Optics and its Applications», OPTICS-2011, September 5-9, 2011, Yerevan; «International Conference on Laser Physics 2011», October 11-14, 2011, Ashtarak; «International OSA student network of students 11», IONS 11, February 22-25, 2012, Paris; «Optics+Photonics 2012», O&P 2012, August 16-19, 2012, San Diego; 13-th «International Symposium on Colloidal and Molecular Electrooptics», ELOPTO-2012, September 2-5, 2012, Ghent; «Laser Physics 2012», Ashtarak, Armenia, October 9-12, 2012 միջազգային գիտաժողովներում, ինչպես նաև ԵՊՀ օպտիկայի ամբիոնի սեմինարներում:

Հրատարակումները

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրատարակված են 10 աշխատանքներում՝ 6 գիտական հոդվածներում և 4 միջազգային գիտաժողովների թեզիսներում, որոնց ցուցակը բերված է սեղմագրի վերջում:

Ատենախոսության կառուցվածքը

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլխից և 122 անուն պարունակող գրականության ցանկից: Աշխատանքում առկա է 52 նկար: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը 117 էջ է:

Աշխատանքի բովանդակությունը

Ատենախոսության ներածությունում ներկայացված է թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված է աշխատանքի նպատակը, ցույց է տրված ստացված արդյունքների գիտական նորությունը, ինչպես նաև բերված են պաշտպանությանը ներկայացվող հիմնական դրույթները:

Ատենախոսության առաջին գլուխն ակնարկային բնույթի է: Այն բաղկացած է հինգ պարագրաֆներից, որտեղ նախ հակիրճ բերված է ՀԲ-ների և ՖԲ-ների հիմնական կառուցվածքային և օպտիկական հատկությունները, ինչպես նաև լազերային ներկանյութերի և ներկանյութով հարստացված պոլիմերային թաղանթների առանձնահատկությունները և դրանց նկարագրման համար որոշ սահմանումներ և գաղափարներ, որոնք անհրաժեշտ են աշխատանքի հետագա շարադրանքի համար: Առաջին գլխի հիմնական մասը նվիրված է ատենախոսության թեմային առնչվող գրականության վերլուծությանը:

Ատենախոսության երկրկրորդ գլխում ուսումնասիրվել է երկու նույն խիռալ ՀԲ թաղանթների միջև լազերային ներկանյութով հարստացված, բարակ պոլիմերային թաղանթի տեսքով արատ պարունակող, ֆոտոնային կառուցվածքի օպտիկական առանձնահատկությունները: Մասնավորապես հետազոտվել է տարբեր հաստությամբ և ներկանյութի տարբեր կոնցենտրացիաներով, լուծիչի ցնդման մեթոդով ստացված, իզոտրոպ պոլիմերային թաղանթների բացթողման սպեկտրերը: Հետազոտվել է խիռալ ՀԲ – ներկանյութով հարստացված պոլիմերային թաղանթ – խիռալ ՀԲ եռաշերտ համակարգի բացողման, անդրադարձման և ֆոտոլյումինեսցենցիայի սպեկտրային առանձնահատկությունները: Ուսումնասիրվել է նաև, լյումինեսցենցիայի մղման լազերային ճառագայթման ազդեցությունը այս համակարգի ՖԱԳ-ի սպեկտրալ դիրքի վրա:

§2.2 - ում նկարագրված է լուծիչի ցնդման մեթոդով ստացված, լազերային ներկանյութով հարստացված պոլիմերային թաղանթների ստացումը և դրանց սպեկտրային բնութագրերի փորձարարական ուսումնասիրումը: Ներկանյութով հարստացված պոլիմերային թաղանթով, պլանար արատ պարունակող խիռալ ֆոտոնային կառուցվածքներ ձևավորելու նպատակով մեզ հաջողվել է ստանալ ռոդամին 6Ժ (Ռ6Ժ) լազերային ներկանյութով հարստացված պոլիմերիլմետակրիլատե՝ $[-\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)(\text{COOCH}_3)-]_n$ (ՊՄՄԱ) բարկակ թաղանթներ, որոնք օժտված են բավարար լուսաթափանցիկությամբ (փոքր լուսացրմամբ) և ճառագայթակայունությամբ:

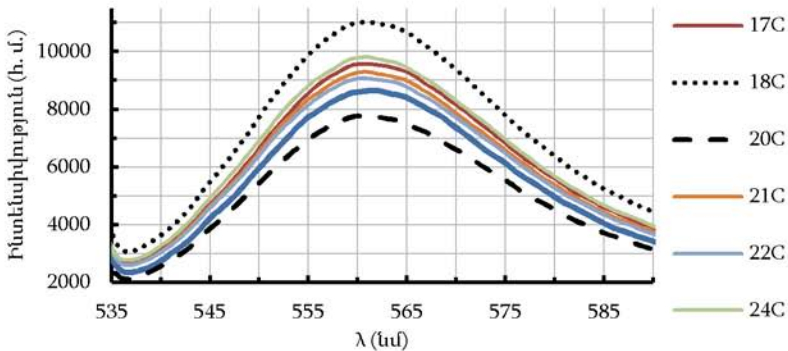
§2.3 - ում նկարագրված է տեսանելի տիրույթում ֆոտոնային արգելված գոտիով խիռալ ՀԲ թաղանթների անդրադարձման սպեկտրի փորձարարական հետազոտման արդյունքները: Փորձարարական հետազոտություններն իրականացվել են աջ և ձախ պտտող խլիստերիկների և ՆՀԲ-ի եռաբաղադրիչ խառնուրդով, որի ՖԱԳ-ը սենյակային ջերմաստիճանում գտնվում է տեսանելի տիրույթում: Այն իրենից ներկայացրել է խլիստերիկ պելլարգոնատի (ԽՊ), խլիստերիկ օլեատի (ԽՕ) և E7 ՆՀԲ-ի եռաբաղադրիչ խառնուրդ համապատասխանաբար 32 : 18 : 50 կշռային հարաբերակցություններով: 15÷30 °C ջերմաստիճանի պայմաններում փորձարարական ճանապարհով ընտրված բաղադրությամբ խիռալ ՀԲ խառնուրդի ՖԱԳ-ն ընկած է սպեկտրի տեսանելի տիրույթում, իսկ պարույրն ունի աջ պտտման ուղղություն: Խառնուրդի ԽՀԲ-իզոտրոպ հեղուկ փուլային անցման ջերմաստիճանը ~ 47 °C է:

§2.4-ում բերված է լազերային ներկանյութով հարստացված պոլիմերային պլանար արատով խիռալ ՀԲ ֆոտոնային կառուցվածքի բացթողման և անդրադարձման

սպեկտրալ ուսումնասիրությունների արդյունքները: Այդ ուսումնասիրությունների առանձնահատկությունը կայանում է նրանում, որ լազերային ներկանյութը տեղայնացված է արատային շերտում: Փորձում օգտագործվել է «սենդվիչ» տիպի բջիջ, որը բաղկացած է երկու՝ միևնույն՝ ~ 10 մկմ հաստությամբ և միևնույն քայլով խիրալ ՀՖ թաղանթներից, որոնց միջև տեղակայված է $8 \cdot 10^{-3}$ մոլ/լիտր կոնցենտրացիայով ռոդամին 6Ժ հայտնի լազերային ներկանյութով հարստացված ՊՄՄԱ-ի ~ 20 մկմ հաստությամբ բարակ թաղանթ:

Ինչպես և ակնկալվում էր ուսումնասիրվող ֆոտոնային եռաշերտ կառուցվածքի ջերմաստիճանի մեծացմանը զուգընթաց խիրալ ՀՖ-ի ՖԱԳ-ը շեղվում է դեպի կարճալիքային տիրույթ: Նմուռի ջերմաստիճանը ~ 10 °C -ով բարձրացնելիս, ՖԱԳ-ը ավելի քան 25 նմ-ով տեղաշարժվում է դեպի կարճալիքային տիրույթ:

Ատենախոսության քննարկվող գլխում ուսումնասիրվել է նաև §2.4-ում նկարագրված, պլանար արատով եռաշերտ խիրալ ՀՖ ֆոտոնային կառուցվածքում գտնվող, ներկանյութով հարստացված պինդ պոլիմերային թաղանթից ֆոտոլյումինեսցենցիան, որի արդյունքները բերված է §2.5-ում: Փորձի ընթացքում ուսումնասիրվել է նմուռի ֆոտոլյումինեսցենցիայի սպեկտրային առանձնահատկությունները մղման տարբեր հզորությունների և նմուռի տարբեր ջերմաստիճանների դեպքում:



Նկ.1. Ինպուլսային լազերով մակածված լյումինեսցենցիայի սպեկտրի ջերմաստիճանային կախվածությունը:

Ինչպես երևում է նկ. 1-ից, լյումինեսցենցիայի ինտանսիվությունն առավելագույնն է ~ 18 °C-ում, որը ջերմաստիճանի հետագա աճին զուգընթաց սկսում է նվազել և ~ 20 °C-ում ընդունում է իր նվազագույն արժեքը: Ջերմաստիճանի հետագա աճին զուգընթաց լյումինեսցենցիայի ինտենսիվությունը կրկին աճում է, սակայն այն չի գերազանցում 18 °C-ում ինտենսիվության արժեքը:

§2.6-ում ներկայացված է ԽՀԲ – ներկանյութով հարստացված պոլիմերային թաղանթ – ԽՀԲ համակարգի ՖԱԳ-ի սպեկտրալ դիրքի վրա լյումինեսցենցիայի մղման համար օգտագործված՝ 532 նմ ալիքի երկարությամբ անընդհատ լազերային ճառագայթի ազդեցությունը:

գայթաման ունեցած ազդեցությունը: Փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ մղման փնջի հզորության մեծացմանը զուգընթաց համակարգի ՖԱԳ-ը տեղաշարժվում է դեպի կարճալիքային տիրույթ: Փորձում մղման հզորությունը մինչև 40 մՎտ մեծացնելու արդյունքում դիտվում է ՖԱԳ-ի մոտավորապես 25 նմ տեղաշարժ: Ամենայն հավանականությամբ այդ պրոցեսը պայմանավորված է ներկանյութի մոլեկուլների էներգիական ոչ ճառագայթումային անցումներով, որի ժամանակ էներգիայի ավելացուկն անջատվում է ջերմության տեսքով, որը հանգեցնում է ԽՉԲ լուկալ տաքացման և բերում պարույրի քայլի փոփոխության: Պետք է նշել, որ մղման ալիքի երկարության վրա ԽՉԲ կլանումը թույլ է և հետևաբար ՖԱԳ-ի տեղաշարժի մեջ նրա ներդրումը փոքր է:

Երկրորդ գլխի վերջում բերված է այդ գլխում քննարկվող նյութի ամփոփումը:

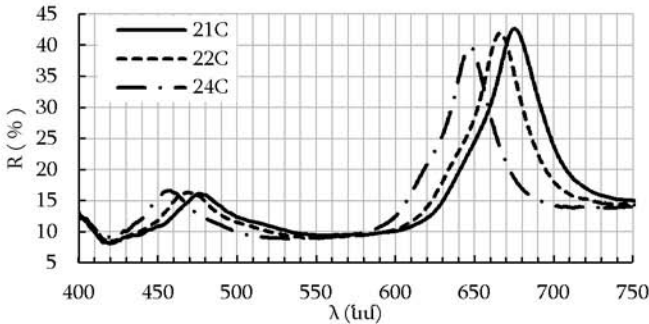
Ատենախոսության երրորդ գլխում ուսումնասիրվել է խիրալ շՖ բարակ թաղանթում լույսի ընտրողաբար անդրադարձման երկու տարանջատված տիրույթների (ՖԱԳ-երի) առաջացման հնարավորությունը: Մասնավորապես, հայտնաբերվել և ուսումնասիրվել է խիրալ շՖ-ի երկու ՖԱԳ-երի առաջացումը տարբեր բաղադրությամբ խառնուրդներում, թաղանթի տարբեր հաստությունների դեպքում: Հետազոտվել է նաև այդ ՖԱԳ-երի վերալարման հնարավորությունը ջերմաստիճանի, էլեկտրոստատիկ դաշտի և պարբերական բնույթի մեխանիկական դեֆորմացիաների ազդեցությամբ:

§3.2 - ում բերված է ասիմետրիկ սահմանային պայմաններով խիրալ շՖ բարակ թաղանթի օպտիկական առանձնահատկությունները, երբ բջջի տակդիրներից մեկը հատուկ մշակված է այնպես, որ շՖ մոլեկուլներին այն պարտադրում է պլանար կողմնորոշում, իսկ մյուսն «ազատ» է, այսինքն շՖ ուղղորդի համար այդ տակդիրի վրա որևէ գերադասելի ուղղություն չի տրված: Ցույց է տրվել, որ ~520÷630 նմ ալիքի երկարությունների տիրույթում, շՖ բջջի՝ մոլեկուլների պլանար կողմնորոշմամբ տակդիրի կողմից ընկնող ձախ շրջանային բևեռացմամբ (ՉՇԲ) լույսն անցնում է խիրալ շՖ թաղանթի միջով առանց զգալի կորուստների, այն դեպքում, երբ հակառակ՝ «ազատ» տակդիրի կողմից ընկածը կրում է որոշակի կորուստներ: Նույն պայմաններում՝ պլանար տակդիրի կողմից ընկնող աջ շրջանային բևեռացմամբ (ԱՇԲ) լույսը թափանցում է խիրալ շՖ շերտով կրելով զգալի կորուստներ, իսկ հակառակ կողմից ընկնող լույսը կրում է համեմատաբար փոքր կորուստներ: Փորձերը ցույց են տալիս, որ «ազատ» տակդիրի կողմից ընկնող լույսի դեպքում շՖ բջջի բացթողման սպեկտրը մոտավորապես նույնն է անկախ լույսի բևեռացումից և մոտավորապես նույնն է ինչ պլանար տակդիրի կողմից ընկնող չբևեռացված լույսի բացթողումը:

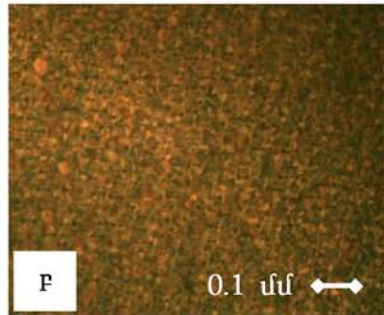
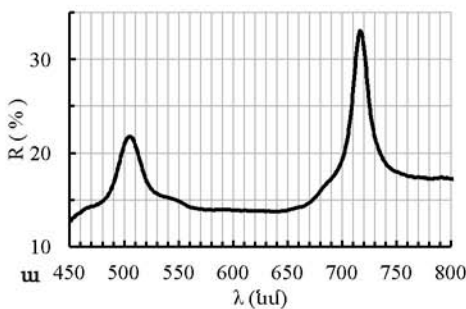
§3.3-ում բերված է ասիմետրիկ եզրային պայմաններով խիրալ շՖ բարակ թաղանթից լույսի ընտրողաբար անդրադարձման, առաջին անգամ մեր կողմից դիտված, երկու տարանջատված սպեկտրալ տիրույթների (երկու ՖԱԳ-երի) միաժամանակյա ի հայտ գալը, որոնց առաջացման պատճառների բացահայտման և հատկությունների ուսումնասիրման նպատակով իրականացվել են մի շարք փորձեր:

Նկ. 2-ում բերված է ասիմետրիկ սահմանային պայմաններով խիրալ ՀԲ բջջից չբնեռացված լույսի անդրադարձման սպեկտրը, մի քանի ջերմաստիճաններում, որտեղ հստակ արտահայտված են երկու ՖԱԳ-երը՝ ~440÷500 նմ և ~640÷700 նմ սպեկտրային տիրույթներում:

Փորձերը ցույց են տալիս, որ, նմուշի հաստության մեծացմանը զուգընթաց ընտրողաբար անդրադարձման երկարալիքային տիրույթում անդրադարձման գործակիցը նվազում է, իսկ կարճալիքային տիրույթում ընդհակառակը՝ աճում է: Այս հետաքրքիր օրինաչափությունը հուշում է, որ դիտվող երևույթը կարող է կապված լինել խիրալ ՀԲ թաղանթում առկա որոշակի արատների հետ: Սրանում համոզվելու համար իրականացվել է նմուշներում խիրալ ՀԲ-ի ուղղորդի բաշխման ուսումնասիրումը բնեռացումային մանրդիտակով, որը ներկայացված է §3.4 - ում:



Նկ. 2. 10 մկմ հաստությամբ խիրալ ՀԲ-ով նմուշից չբնեռացված լույսի անդրադարձման սպեկտրը տարբեր ջերմաստիճաններում:



Նկ. 3. Խիրալ ՀԲ 20 մկմ հաստությամբ թաղանթի անդրադարձման սպեկտրը (ա) և նույն տեղամասի լուսանկարը մանրադիտակի խաչված բևեռիչների միջև (բ):

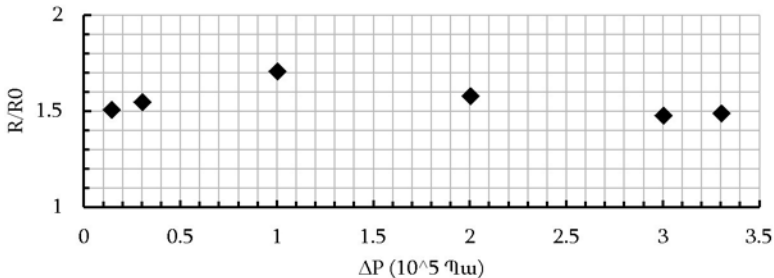
Նկ. 3-ում պատկերված է 20 մկմ հաստությամբ խիրալ ՀՖ թաղանթի անդրադարձման սպեկտրը (ա) և նույն տեղամասի լուսանկարը (բ), որն արված է բևեռացումային մանրադիտակով: Խիրալ ՀՖ թաղանթի ուսումնասիրումն իրականացվել է «սենդվիչ» տիպի բջիջում, որի տակդիրներից մեկը մշակվել է ՀՖ մոլեկուլների պլանար կողմնորոշման համար, իսկ մյուսն ազատ է:

§3.5-ը նվիրված է մեխանիկական տատանումներով խիրալ հեղուկ բյուրեղի ֆոտոնային արգելված գոտիների ղեկավարման հնարավորության փորձարարական ուսումնասիրմանը: Մասնավորապես ցույց է տրված, որ պարբերական բնույթի մեխանիկական տատանումների միջոցով կարելի է «վերացնել» սպեկտրի կարճալիքային տիրույթում ձևավորված ՖԱԳ-ը:

Երրորդ գլխին ավարտվում է այնտեղ քննարկված նյութի ամփոփումը:

Չորրորդ գլխում առաջին անգամ փորձնականորեն ուսումնասիրվել է խիրալ հեղուկ բյուրեղական ՖՖ-ում հիդրոդինամիկական հոսքերով պլանար անիզոտրոպ արատի մակածման և դրա օպտիկական բնութագրերի ղեկավարման հնարավորությունը: Իրականացված ուսումնասիրությունների կարևորությունը պայմանավորված է նաև նրանով, որ ի տարբերություն իզոտրոպ արատի հիդրոդինամիկական հոսքերով մակածված, ղեկավարվող անիզոտրոպ արատն անիզոտրոպության հետևանքով նրանում տարածվող լույսի տարբեր բևեռացումների համար առաջացնում է փուլերի լրացուցիչ տարբերություն: Այդպիսի արատը, ինչպես հայտնի է, ունի հետաքրքիր առանձնահատկություններ [10, 11]:

§4.2-ում նկարագրված է խիրալ ՀՖ թաղանթներում վերահսկելի պուազեյյան հիդրոդինամիկական հոսքեր գրգռելու համար նախագծված և ստեղծված հատուկ կառուցվածքով «սենդվիչ» տիպի ՀՖ բջիջը, որի համար նախատիպ է ծառայել, ՆՀՖ-ում հիդրոդինամիկ հոսքեր գրգռելու նպատակով, [12] աշխատանքում առաջարկված բջիջը:

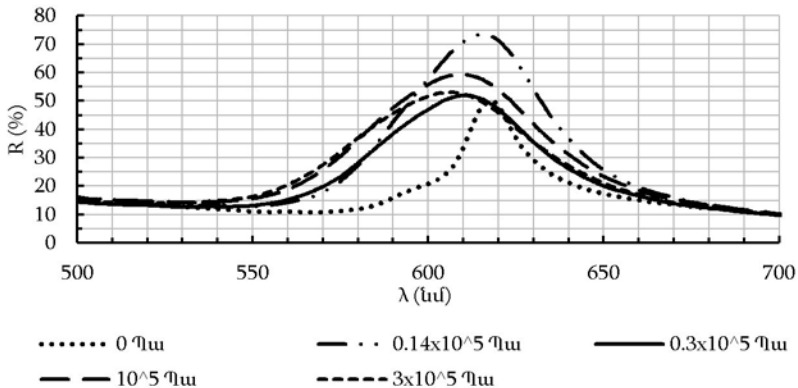


Նկ. 4. 610 նմ ալիքի երկարությամբ չբևեռացված լույսի անդրադարձման գործակցի կախումը բջջի եզրերում կիրառված ճնշումների տարբերությունից: Անդրադարձման գործակցիցը նորմավորված է փորձի սկզբում դիտվող անդրադարձման գործակցի նկատմամբ, երբ ճնշումների տարբերությունը բջջի եզրերում զրո է:

§4.3 - ում բերված է խիրալ ՀՖ ֆոտոնային կառուցվածքում հիդրոդինամիկ հոսքերով դեկավարվող պլանար արատի մակածման փորձարարական ուսումնասիրման արդյունքները:

Փորձում խիրալ ՀՖ-ով լցված պլանար կողմնորոշմամբ թաղանթի եզրերում առաջացնելով ճնշումների տարբերություն բջջում գրգռվել է հիդրոդինամիկական հոսք: Փորձը ցույց է տալիս, որ այդ դեպքում չբևեռացված լուսի անդրադարձման գործակիցը ընտրողաբար անդրադարձման մաքսիմումին համապատասխանող ալիքի երկարության համար ($\lambda_{max} \approx 610$ նմ) աճում է (նկ. 4): Մասնավորապես, $\Delta P \approx 10^5$ Պա ճնշումների տարբերության դեպքում անդրադարձման գործակիցը նշված ալիքի երկարության համար աճում է գրեթե երկու անգամ ($\sim 40\%$ -ով): Այս փաստը լավ համապատասխանության մեջ է գտնվում [13] աշխատանքում ստացված տեսական արդյունքների հետ:

Անդրադարձման գործակցի նման վարքը որակապես կարելի է բացատրել հետևյալ կերպ: Բջջի եզրերում ճնշումների տարբերությունն ստեղծելիս խիրալ ՀՖ թաղանթում ծագում է հիդրոդինամիկական հոսք, որի արագությունն ուղղված է բջջի տակդիրների երկայնքով, այսինքն ուղղահայաց է խիրալ ՀՖ պարույրի առանցքին: Ճնշումների տարբերության որոշակի արժեքը (փորձարարական շեմը) գերազանցելու դեպքում, խիրալ ՀՖ-ում ծագած հիդրոդինամիկական հոսքը բջջի ըստ հաստության կենտրոնական մասում վերակողմնորոշում է խիրալ ՀՖ-ի մոլեկուլները հոսքի ուղղությամբ: Դա բջջի կենտրոնական մասում հանգեցնում է խիրալ ՀՖ-ի պարույրի քայլի ձևախախտման, այսինքն խիրալ ՀՖ-ի կառուցվածքում պլանար արատի մակածման: Ինչպես արդեն ասվել է, այդպիսի համակարգը որոշակի վերապահումներով կարելի է դիտարկել որպես եռաշերտ համակարգ:



Նկ. 5. Խիրալ ՀՖ թաղանթից չբևեռացված լուսի անդրադարձման սպեկտրը, բջջի եզրերում ճնշումների տարբեր տարբերություններով առաջացված հիդրոդինամիկ հոսքերի առկայությամբ:

§4.4-ում ներկայացված է խիբրալ չԲ-ում հիդրոդինամիկ հոսքերով մակածված պլաննար արատի միջոցով նրա ՖԱԳ-ի սպեկտրալ դիրքի և լայնության դեկավարման հնարավորության փորձարարական ուսումնասիրությունների արդյունքները: Այդ նպատակով փորձում ուսումնասիրվել է չբենտացված լույսի անդրադարձման սպեկտրերի վարքը բջջի եզրերում կիրառված տարբեր ճնշումների տարբերության դեպքում (նկ. 5), այսինքն բջջում խիբրալ չԲ-ի հիդրոդինամիկ հոսքի միջին արագության տարբեր արժեքների դեպքում:

Չորրորդ գլխի վերջում բերված է այդ գլխի ամփոփումը:

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

1. Ցույց է տրվել, որ ռոդամին 6ժ լազերային ներկանյութով հարստացված պոլիմետիլմետակրիլատի (ՊՄՄԱ) դիքլորեթանային լուծույթից լուծիչի ցնդման մեթոդով կարելի է ստանալ պինդ, բարակ թաղանթներ, որոնք օպտիկապես համասեռ են և չեն ցուցադրում օպտիկական ակտիվության նշաններ: Կլանման սպեկտրի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ այդ դեպքում ներկանյութի մոլեկուլները ենթարկվում են աննշան ագրեգացիայի, որն արտահայտվում է դիմերների առաջացմամբ:
2. Փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ ռոդանին 6ժ լազերային ներկանյութով հարստացված ՊՄՄԱ պոլիմերային արատով խիբրալ չԲ ֆոտոնային կառուցվածքի ՖԱԳ-ը կարելի է դեկավարել փոփոխելով վերջինիս ջերմաստիճանը: Ցույց է տրվել, որ ջերմաստիճանի մեծացմանը զուգընթաց խիբրալ չԲ-ի ՖԱԳ-ը շեղվում է դեպի կարճալիքային տիրույթ: Նմուշի ջերմաստիճանը $\sim 10^\circ\text{C}$ -ով բարձրացնելիս, ՖԱԳ-ը ավելի քան 25 նմ-ով տեղաշարժվում է դեպի կարճալիքային տիրույթ:
3. Փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ ռոդանին 6ժ լազերային ներկանյութով հարստացված ՊՄՄԱ պոլիմերային արատով խիբրալ չԲ ֆոտոնային կառուցվածքի ֆոտոլյումինեսցենցիան կարելի է դեկավարել, նմուշի ջերմաստիճանի միջոցով փոփոխելով վերջինիս ՖԱԳ-ը: Ցույց է տրվել նաև, որ լազերային մղմամբ լյումինեսցենցիայի ինտանսիվությունը որոշակի ջերմաստիճանում (ՖԱԳ-ի որոշակի դիրքում) ունի առավելագույն արժեք (դիտարկված նմուշի համար $\sim 18^\circ\text{C}$ -ում):
4. Առաջին անգամ փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ ասիմետրիկ սահմանային պայմաններով (պլաննար-ազատ) խիբրալ չԲ թաղանթում հնարավոր է իրականացնել օպտիկական անշրջելիության (օպտիկական դիողի) երևույթը, որը որակապես բացատրվում է թաղանթի ազատ սահմանային պայմաններով տակդիրի շրջակայքում արատների առաջացմամբ:
5. Առաջին անգամ հայտնաբերվել և ուսումնասիրվել է ասիմետրիկ սահմանային պայմաններով (պլաննար-ազատ) խիբրալ չԲ թաղանթից լույսի ընտրողաբար անդրադարձման (ՖԱԳ-ի) միաժամանակ դիտվող երկու տիրույթների գոյությունը: Փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ դրանց առաջացման հիմնական պատճառը ազատ տակդիրի մոտ ծագող կողմորոշումային արատներն են և, որ այն

կարելի է ղեկավարել փոփոխելով նմուշի ջերմաստիճանը և հաստությունը: Այն կարելի է ղեկավարել, նաև թաղանթի տակդիրների մեխանիկական տատանումներով և արտաքին էլեկտրական դաշտով:

6. Առաջին անգամ առաջարկվել, հայտնաբերվել և փորձնականորեն ուսունասիրվել է պուազելյան հիդրոդինամիկ հոսքերով խիրալ չԲ-ական ֆոտոնային կառուցվածքներում պլանար արատի մակաձման հնարավորությունը: Ցույց է տրվել, որ այդ հոսքերով կարելի է ղեկավարել խիրալ չԲ-ական ֆոտոնային կառուցվածքի ՖԱԳ-ի լայնությունը, գրեթե չփոխելով ՖԱԳ-ի կենտրոնական ալիքի երկարությունը:

Գրականություն

1. J.-M. Lourtioz et al., “*Photonic Crystals*”, Berlin : Springer, 2005. 430 p.
2. P. De Gennes, “*The Physics of Liquid Crystals: Second Edition*”, Oxford : Clarendon press, 1993. 400 p.
3. С. М. Аракелян, Ю. С. Чилингарян, “*Нелинейная оптика жидких кристаллов*”, Москва: Наука, 1984. 395 с.
4. I. C. Khoo, “*Liquid Crystals*”, New Jersey : Wiley, 2007, 383 p.
5. С. П. Палто, “*Электрооптика и фотоника жидких кристаллов*” УФН. 2005, Vol. 175, 7, pp. 784-790.
6. V. I. Kopp, Z.-Q. Zhang, A. Z. Genack, “*Lasing in chiral photonic structures. Progress in Quantum Electronics*”, Vol. 27, 6, 2003, pp. 369-416.
7. J. Schmidtke, W. Stille, “*Photonic defect modes in cholesteric liquid crystal films*”, J. Eur. Phys. E., Vol. 4, 12, 2003, pp. 553-564.
8. R. B. Alaverdyan, A. H. Gevorgyan, A. D. Chilingaryan, Yu. S. Chilingaryan, “*Influence of the layer thickness and concentration of dye molecules on the emission amplification in cholesteric liquid crystals*”, Quantum Electronics, Vol. 38, Iss.5, 2008, pp. 497-502.
9. M. Y. Jeong, H. Choi, J. W. Wu, “*Spatial tuning of laser emission in a dye-doped cholesteric liquid crystal wedge cell*”, Appl. Phys. Lett., Vol. 92, 2008, pp. 051108(3).
10. Р. Б. Алавердян, К. Р. Аллавердян, А. А. Геворгян, А. Д. Чилингарян, Ю. С. Чилингарян, “*Хиральные фотонные кристаллы с электрически управляемым анизотропным дефектом. Эксперимент и теория*”, ЖТФ, том 80, вып. 9, 2010, с. 85-90.
11. R.B. Alaverdyan, A.H. Gevorgyan, H. Gharagulyan, H. Grigoryan, “*Experimental investigation of the polarization plane rotation of light in cholesteric liquid crystalline film with an anisotropic defect layer*”, Mol. Cryst. Liq. Cryst., Vol. 559, Iss. 1, 2012, pp. 23 – 30.
12. R. S. Akopyan, R. B. Alaverdyan, M. Zh. Oganisyan, Yu. S. Chilingaryan, “*Observation of the effect of light-induced hydrodynamic reorientation of nematic liquid crystals*”, Optics and spectroscopy, 1998, Vol. 84, №5, pp. 685-687.
13. A. H. Gevorgyan, M. Z. Harutyunyan, “*Chiral photonic crystals with an anisotropic defect layer*”, Phys. Rev. E. 2007. Vol. 76. P. 031 701.

Ատենախոսության հիմնական արդյունքներն արտացոլված են հետևյալ հրատարակումներում.

1. R. Alaverdyan, T. Dadalyan, N. Hayarpetyan, “*Study of cholesteric liquid crystal-rhodamine 6G doped polymer thin film-cholesteric liquid crystal system*”, Proc. of SPIE 8114, 811418, 2011.
2. R. B. Alaverdyan, T. K. Dadalyan, N.S. Torosyan, A.S. Karapetyan, “*Luminescence spectrum thermal properties of Rhodamine 6G doped polymethyl metacrylate film sandwiched between cholesteric liquid crystal layers*”, J. Phys.: Conf. Ser. Vol. 350, 2012, p.012033.
3. R. B. Alaverdyan, T. K. Dadalyan, A. S. Karapetyan, T. M. Hovhannisyanyan, S. I. Hovhannisyanyan, Yu.S. Chilingaryan, “*Spectral investigation of chiral photonic structure with laser dye-doped isotropic polymer film*”, Proc. of SPIE , Vol. 8475,2012, p. 847518.
4. R. B. Alaverdyan, T. K. Dadalyan, “*Experimental investigation of spectral peculiarities of multilayer system, consisting of dye doped polymer film sandwiched between two cholesteric liquid crystal layers*”, Book of abstracts, Laser Physics 2011, p. 36.
5. R. B. Alaverdyan, T. K. Dadalyan, A. S. Karapetyan, “*Luminescence spectrum thermal properties of Rhodamine 6G doped polymethyl metacrylate film sandwiched between cholesteric liquid crystal layers*”, Book of abstracts of international symposium on optics and its applications 2011, Yerevan, publishing of RAU, 2011, p. 98.
6. R. B. Alaverdyan, T. K. Dadalyan, “*Investigation of spectral properties of Rhodamine 6G doped polymer thin film and liquid crystalline multilayer structure*”, Book of abstracts of OLC 2011, Yerevan, P-10,
7. R. B. Alaverdyan, T. K. Dadalyan, T. S. Hovhannisyanyan, “*Spectral investigation of chiral photonic structure with laser dye doped isotropic polymer film*”, Book of Abstracts of International School of Frontiers in Optics, Yerevan, 2011, p. 49
8. Т. К. Дадалян, “*Экспериментальное исследование односторонней оптической прозрачности тонкой пленки холестерического жидкого кристалла*”, Известия НАН РА, том. 48, No. 3, 2013, с. 178-185.
9. Р. Б. Алавердян, Т. К. Дадалян, Ю. С. Чилингарян, “*Наблюдение двух областей селективного отражения света от тонкой пленки холестерического жидкого кристалла. Квантовая электроника*”, 43, № 5, 2013 с.1.
10. R. B. Alaverdyan, T. K. Dadalyan, “*Chiral photonic structures with anisotropic defect controlled by hydrodynamic flow*”, Armenian Journal of Physics, Vol. 6, No. 1, 2013, pp. 55-60.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе изучены оптические свойства хиральных жидкокристаллических (ЖК) фотонных кристаллов и многослойной хиральной ЖК структуры содержащей изотропный полимерный дефектный слой окрашенный лазерным красителем.

Первая глава диссертации посвящена обзору литературы и состоит из 5 параграфов. В них дан обзор литературы относящейся основным свойствам ЖК, фотонных кристаллов, лазерных красителей и полимеров окрашенных лазерными красителями.

Во второй главе диссертации приведены результаты исследований трехслойной системы, состоящей из двух слоев холестерического ЖК (ХЖК) и полимерного слоя окрашенного красителем. В ходе экспериментов были получены тонкие, однородные пленки полиметилметакрилата (ПММА) допированные молекулами родамина 6Ж (Р6Ж), которые помещались между двумя слоями ХЖК, образуя трехслойную хиральную ЖК фотонную структуру, которую можно было интерпретировать, как твердотельную активную среду лазерного красителя между двумя зеркалами. Экспериментально изучалось влияние температуры, мощности лазерной накачки фотолюминесценции на спектры пропускания, отражения и люминесценции трехслойной структуры.

В третьей главе диссертации приведены результаты экспериментального изучения оптических свойств ХЖК пленок при асимметричных граничных условиях. Экспериментально были изучены спектры отражения и пропускания тонких пленок ХЖК (до 40 мкм), содержащихся в ЖК ячейке состоящей из двух параллельных подложек, расстояние между которыми задавалось прокладками нужной толщины. Одна из подложек обрабатывалась так, чтобы задавать планарную ориентацию молекулам ЖК, а вторая подложка не обрабатывалась, и ориентация молекул была свободной у поверхности второй подложки, таким образом подложки ЖК ячейки диктовали планарно – свободные граничные условия. Хиральный ЖК являлся трехкомпонентной смесью двух ХЖК с противоположенной хиральностью и нематического ЖК. Экспериментально была обнаружена односторонняя прозрачность образца (оптический диод). При определенных составах хиральной ЖК смеси в спектре отраженного света от пленки ХЖК наблюдались две разделенные области селективного отражения света (фотонно запрещенные зоны (ФЗЗ)). Изучалось влияние температуры, механических колебаний и электростатического поля на ФЗЗ хиральных ЖК пленок.

В последней главе диссертационной работы экспериментально изучена возможность индуцирования планарного дефекта в слое хирального ЖК под воздействием гидродинамического потока. Экспериментально это выполнялось с помощью создания разницы давления на концах ЖК ячейки. Изменялась временная эволюция спектра

отражения света от хиральной ЖК пленки при разных значениях разницы давления приложенной на концах ячейки.

В диссертационной работе получены следующие основные результаты:

1. Показана возможность получения обогащенных Р6Ж, оптически однородных, твердых пленок ПММА, которые не обладают оптической активностью, методом улетучивания растворителя из раствора ПММА и Р6Ж в дихлорэтане.
2. Экспериментально показана возможность управления спектральным положением Ф33 хиральной фотонной ЖК структуры содержащей ПММА полимерный дефект активированный молекулами Р6Ж, путем изменения температуры. Показано, что с увеличением температуры Ф33 хиральной ЖК смещается в коротковолновую область. При увеличении температуры образца на $\sim 10^\circ\text{C}$ сдвиг Ф33 в коротковолновую область составляет более ~ 25 нм.
3. Экспериментально показана возможность управления фотолюминесценцией хиральной ЖК фотонной структуры с ПММА полимерным дефектом допированным лазерным красителем Р6Ж, путем температурного воздействия на Ф33 структуры. Показано, что при лазерной накачке с постоянной мощностью интенсивность люминесценции при определенной температуре (при определенном положении Ф33) имеет максимальное значение (для изученного образца $\sim 18^\circ\text{C}$).
4. Впервые экспериментально показана возможность реализации оптической необратимости (оптического диода) в пленке хирального ЖК при асимметричных граничных условиях (планарная - свободная). Явление качественно объясняется образованием дефектов у поверхности необработанной (свободной) подложки.
5. Впервые обнаружено и изучено одновременное существование двух областей селективного отражения света (Ф33) от хиральной ЖК пленки при асимметричных граничных условиях (планарная - свободная). Экспериментально показано, что основная причина их возникновения это ориентационные дефекты образующиеся у поверхности свободной подложки. Также показана возможность управления спектральным положением и коэффициентом отражения обеих областей отражения, с помощью изменения температуры и толщины образца, а так же механическими колебаниями подложек ячейки и внешним электрическим полем.
6. Впервые предложена, обнаружена и экспериментально изучена возможность индуцирования планарного дефекта в хиральном ЖК фотонном кристалле паузейлевыми гидродинамическими потоками. Также показано, что с помощью этих потоков можно управлять шириной Ф33 хиральной ЖК фотонной структуры практически не меняя длину центральной волны Ф33.

SUMMARY

The Cholesteric Liquid Crystals (CLC) have helical structure with periodic modulation of refractive index, which occurs due to chirality of CLC molecules. This results in formation of Photonic Band Gap (PBG) for one of the components of light with circular polarization (CP), while the light with opposite sense of CP doesn't experience any influence from CLC. The spectral position of PBG depends on pitch of the CLC helix, which in its turn could be controlled by means of external influences, such as temperature, electromagnetic fields, chemical composition of CLC, mechanical perturbances, etc. This enables the smooth tunability of PBG spectral position. Due to their wonderful properties the CLC are regarded as chiral 1D self organized PC-s. This tunability of PBG of CLC-s is widely exploited to obtain compact tunable optical components, such as optical diodes, filters and polarizers, LC displays, etc. CLC-s are very promising and interesting in a viewpoint of tunable lasing.

In this dissertation the optical properties of chiral liquid crystalline (LC) photonic crystals (PC) and multilayer chiral LC structure with dye doped isotropic polymeric defect layer have been experimentally studied.

The first chapter of this dissertation is devoted to a review of literature. It consists of 5 paragraphs where the short review of basic structural and optical properties of LC-s and PC-s, also the properties of laser dyes and dye doped polymers is made.

In the second chapter of the dissertation the results of experimental studies of multilayer photonic structure, containing two layers of CLC and dye doped polymeric layer sandwiched between them are brought. Rhodamine 6G (R6G) doped homogenous thin polymeric films of polymethyl metacrylate (PMMA) were obtained, which then were sandwiched between two CLC layers, forming three layered chiral photonic structure. The influence of temperature and photoluminescence optical pumping laser irradiation power on transmission, reflection and luminescence spectrum of multilayer structure was studied.

In the third chapter of dissertation the results of experimental studies of spectral properties of chiral LC photonic crystals under asymmetric boundary conditions are reported. The LC cell consisted of two parallel substrates and the gap between them was defining the thickness of the CLC layer. One of the substrates was treated to align LC molecules parallel to the plane of the substrate, and the other substrate was used without treatment, so the molecules of LC were free in alignment direction at the surface of second substrate. The CLC was a ternary mixture of two CLC-s with opposite sense of chirality and Nematic LC. During experiments an optical diode-like behavior of a CLC layer for light with circular polarization was observed. For certain CLC mixtures in the spectrum of reflected light two separated selective reflection bands (photonic band gaps (PBG)) were detected. Spectral characteristics of CLC layers of various composition and thicknesses were studied. The samples were studied under polarizing microscope and the influence of temperature, mechanical vibrations and electric field on PBG of these CLC films was studied.

In the last chapter of this dissertation the possibility of planar defect induction inside the CLC layer by means of hydrodynamic flows is experimentally studied. The hydrodynamic flows were induced by means of difference of the pressure applied on the ends of the CLC cell. The CLC layer reflectance spectrum time evolution was measured at various values of pressure difference applied on the ends of the CLC cell.

The following main results were obtained in the dissertation:

1. The possibility of obtaining optically homogenous R6G doped thin PMMA polymeric films by means of volatilization of the solvent from the solution of PMMA and R6G in dichlorethane is evidenced.
2. It is experimentally shown that the spectral position of PBG of the chiral LC photonic structure containing R6G doped PMMA film sandwiched between two CLC layers could be tuned by means of temperature variation. It is shown that the PBG of the chiral LC shifts towards the short wavelengths when the temperature is increased. The shift of PBG corresponding to the rise of temperature by $\sim 10^{\circ}\text{C}$ is $\sim 25\text{nm}$.
3. The possibility of control of photoluminescence from chiral LC photonic structure containing R6G doped PMMA film sandwiched between two CLC layers by means of temperature influence on PBG of the system is experimentally evidenced. It is shown that at the constant pumping power and at certain temperature (certain PBG position) the intensity of luminescence experiences maximum (for the studied sample the temperature is $\sim 18^{\circ}\text{C}$).
4. For the first time the possibility of realization of optical non reciprocal transmission (optical diode action) of light through CLC layer exposed to asymmetric boundary conditions (planar – free alignment) is experimentally evidenced. The phenomenon is qualitatively explained by formation of defects at the surface of untreated substrate.
5. For the first time the existence of two separate PBG-s of CLC layer exposed to asymmetric boundary conditions (planar-free) is observed and studied. It is experimentally shown that the PBG-s are forming due to defects in the CLC structure at the boundary of untreated substrate. Also the possibility of tunability of spectral position and reflection coefficient of these PBG-s by means of cell thickness variation, temperature, electric field and mechanical vibrations is evidenced.
6. For the first time the possibility of planar defect induction in chiral LC photonic crystal by means of hydrodynamic Poiseilles flow is proposed, observed and experimentally studied. It is also shown that by means of these flows it is possible to control the width of PBG without varying the central wavelength of PBG.