

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

**Ղարագույլան Հերմինե Սաշայի**

**ԼՈՒՅՍԻ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ՎԱՐՔԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ԽԻՐԱԼ ՀԵՂՈՒԿ  
ԲՅՈՒՐԵՂԱԿԱՆ ՖՈՏՈՆԱՅԻՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐՈՎ ԱՆՑՆԵԼԻՍ**

Ա.04.05 «Օպտիկա» մասնագիտությամբ  
ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի  
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության սեղմագիր

Երևան – 2017

---

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

**Карагулян Эрмине Сашаевна**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА, ПРОХОДЯЩЕГО  
ЧЕРЕЗ ХИРАЛЬНЫЕ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ФОТОННЫЕ СТРУКТУРЫ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

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

Ереван – 2017

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝	Ֆիզ.-մաթ.գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Ռ.Բ.Ալավերդյան
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝	Ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Ա.Հ. Մելիքյան
Առաջատար կազմակերպություն՝	Ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու Ա.Ռ. Արամյան ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկական հետազոտությունների ինստիտուտ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2017թ. մարտի 11-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 2017թ. փետրվարի 10-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, профессор А.О. Меликян кандидат физ.-мат. наук А.Р. Арамян
Ведущая организация:	Институт Физических исследований НАН РА

Защита диссертации состоится 11-го марта 2017г. 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 10-го февраля 2017г.

Ученый секретарь специализированного совета		кандидат физ.-мат. наук, доцент В. П. Калантарян
--	---	---

**Թեմայի արդիականությունը**

Վերջին տարիներին ֆիզիկայի ամենասարդիական ուղղություններից մեկն արհեստականորեն ստեղծված ֆոտոնային բյուրեղների (ՖԲ) և նրանց հիմքի վրա պատրաստված տարբեր ֆոտոնային կառուցվածքների ուսումնասիրումն է [1]: Վերոնշյալ ոլորտի հետազոտությունների արդիականությունը պայմանավորված է այն հանգամանքով, որ վերջերս էլեկտրական ազդանշաններից ակտիվորեն անցում են կատարում օպտիկականներին՝ շնորհիվ նրանց ֆունկցիոնալ մեծ հնարավորությունների և հեշտ կառավարման: Անհրաժեշտ է նշել, որ ՖԲ-ների ընդհանուր էլեկտրադինամիկական բնութագրերի վրա այնպիսի երևույթների միաժամանակյա ազդեցության մասին գիտելիքները, ինչպիսիք են օպտիկական անշրջելիությունը, ոչգծայնությունը, կառուցվածքի տարրերի բևեռացումային զգայունությունը և այլն, ներկայումս թերի են և բավարար չափով ուսումնասիրված չեն: Հարկ է նշել նաև, որ այս ուղղությամբ մոդելավորման համար անհրաժեշտ մաթեմատիկական ապարատը հարստացման կարիք ունի: Ուստի նմանօրինակ հետազոտությունները, ինչպես տեսական, այնպես էլ փորձարարական, խիստ արդիական են թե՛ հիմնարար և թե՛ կիրառական գիտության տեսանկյունից:

ՖԲ-ները իրենցից ներկայացնում են կարգավորված արհեստական միջավայրերի նոր տիպ, որոնց դիէլեկտրական և մագնիսական հատկությունները պարբերաբար փոխվում են երեք չափողականություններում՝ ալիքի օպտիկական երկարության կարգի պարբերականության բնութագրական մասշտաբով: Քանի որ այս կառուցվածքները հիմնականում արհեստական են, ուստի հնարավոր է ստեղծել նախապես տրված հատկություններով, ինչն էլ թույլ է տալիս զգալիորեն ընդլայնել նրանց ֆունկցիոնալ հնարավորությունները:

Վերջին տարիներին հատուկ ուշադրություն է դարձվում հեղուկ բյուրեղների (ՀԲ) հիմքի վրա ստեղծված ֆոտոնային կառուցվածքների օպտիկական հատկությունների նկարագրմանը, այդ թվում՝ արատների ու անհամասեռությունների հաշվառմամբ: Տեղային դրական օպտիկական անփզոտրոպությամբ և ուղղորդի դաշտի պարուրած և բաշխմամբ խոլեստերիկ հեղուկ բյուրեղները (ԽՀԲ) միաչափ (1D) խիրալ ՖԲ-ների (ԽՖԲ) ամենահայտնի ներկայացուցիչներն են [2], որովհետև սրանք ինքնակազմավորում են իրենց պարբերական կառուցվածքը և կառավարելի են իրենց ֆոտոնային արգելման գոտիների (ՖԱԳ) հաճախության լայն տիրույթներում: ԽՀԲ-ների ու սովորական (ոչ խիրալ) ՖԲ-ների գլխավոր տարբերությունն այն է, որ խիրալ ՖԲ-ներում ֆոտոնային արգելման գոտին գոյություն ունի միայն մեկ շրջանային բևեռացման համար, որը համընկնում է խիրալ միջավայրի պարուրի նշանի հետ (լույսի նորմալ անկման դեպքում): Հակառակ շրջանային բևեռայնության լույսը դիֆրակտային անդրադարձ

չունի: Բոլոր ՖԲ-ների նման, ԽՀԲ-ները (շնորհիվ իրենց պարուրածն կառուցվածքի) ևս օժտված են ըստ բևեռացման լույսի ընտրողաբար անդրադարձմամբ կամ ՖԱԳ-ով: ԽՀԲ-ի պարուրածն կառուցվածքի մեկ այլ հետևանք է վերջիններիս լույսի բևեռացման հարթությունը պտտելու հատկությունը, ինչի հիման վրա ստեղծվել են լայնշերտ շրջանային բևեռիչներ [3]:

Շնորհիվ ԽՀԲ-ների ընտրողաբար անդրադարձման և ՖԱԳ-ի սպեկտրային դիրքի դյուրին ղեկավարման, ինչպես նաև դրանցով լույսի բևեռացման հարթության պտտման, հնարավոր է դարձել ԽՀԲ - ներն օգտագործել ցածր-շեմային լազերային գեներացիա ստանալու համար [4], լազերային միկրոռեզոնատորներում [5], բևեռացուցչային լուսազտիչներում և հայելիներում [6], լույսի մոդուլյատորներում [7], անդրադարձնող էկրաններում [8], ՀԲ – ական ջերմաչափերում [9] հատկապես ջերմային դաշտերի բաշխման տեսանելիացման համար, ինտեգրալային օպտիկայում, օպտոէլեկտրոնիկայում և այլն:

Ինչպես վերևում նշեցինք, ՖԲ-ներն ունեն շատ կիրառություններ, բայց նրանց արատավոր տարբերակները թերևս ավելի օգտակար են, ինչպես որ արատավոր կիսահաղորդիչներն են [10-14]: ՀԲ-ների անիզոտրոպության և տարածական պարբերության արտաքին ղեկավարումը մագնիսական, էլեկտրական, մեխանիկական, լուսային և ջերմաստիճանային դաշտերի միջոցով իր հերթին թույլ է տալիս կառավարել ՖԲ-ների էլեկտրամագնիսական գրգռումների սպեկտրը, արատային մոդաներում դաշտի տեղայնացման աստիճանը, տեղայնացված մոդաների փոխազդեցությունը և այդպիսով ղեկավարել լուսային հոսքերը բյուրեղում: Մյուս կողմից, պետք է նշել, որ ներկայումս հեղուկ բյուրեղներն ինտենսիվ ուսումնասիրվում են իրենց յուրահատուկ ֆոտոռաձգական, էլեկտրաօպտիկական և ոչ գծային օպտիկական հատկությունների շնորհիվ [15-17]: Դիտարկվում են նրանց սինթեզի ու թեստավորման եղանակները, տարբեր լուսազգայուն պոլիմերային և նանոկառուցվածքային միջավայրերի մեջ ներմուծման մեթոդները և այլն:

Այսպիսով, ժամանակակից ֆիզիկայի զարգացման դինամիկան մեզ հուշում է, որ ԽՖԲ-ների օպտիկական հատկությունների տեսական և փորձարարական ուսումնասիրումը շարունակում է մնալ մասնագետների ուշադրության կենտրոնում, քանի որ այդ հետազոտությունների արդյունքները նոր սերնդի սարքավորումների մեջ կարող են ունենալ անմիջական կիրառություն:

### **Աշխատանքի նպատակը**

Ատենախոսության նպատակն է հանդիսացել խիրալ ՀԲ-ային ֆոտոնային կառուցվածքներով անցնելիս, լույսի բևեռացման վարքի և սպեկտրային առանձնահատկությունների, և դրանց վրա փոքր կոնցենտրացիայով

Նանումասնիկների ազդեցության փորձնական և տեսական հետազոտումը, կառուցվածքում ինչպես արատների առկայությամբ, այնպես էլ առանց վերջիններիս:

### **Գիտական նորույթը**

Աշխատանքի գիտական նորույթը որոշվում է առաջին անգամ իրակա-նացված տեսական և փորձարարական աշխատանքների հետևյալ համախմբությամբ՝

1. փորձնականորեն ուսումնասիրվել է ԽՀԲ բջջի ըստ թաղանթի հաստության տարբեր դիրքերում արտաքին էլեկտրական դաշտով մակաձված արատի բնութագրերի ղեկավարման հնարավորությունը և առաջին անգամ տրվել է դրա տեսական հիմնավորումը,
2. ցույց է տրվել, թե ԽՀԲ բջջում պլանար արատի տեղակայման որ դիրքում է բևեռացման հարթության պտույտն առավելագույնը,
3. ցույց է տրվել, որ էլեկտրամակաձված արատով ԽՀԲ համակարգն անշրջելի է լույսի բևեռացման նկատմամբ,
4. կատարվել է անհամասեռ քայլով խիրալ ՀԲ ֆոտոնային կառուցվածքներում դիֆուզիայի երևույթի դինամիկայի տեսական և փորձնական ուսումնասիրությունը,
5. փորձնականորեն ցույց է տրվել և տեսականորեն հիմնավորվել է աստիճանական դիֆուզիայի գոյությունը խիրալ ՀԲ-ներում,
6. փորձնականորեն և տեսականորեն հետազոտվել է անհամասեռ քայլով խիրալ ՀԲ արատով ԽՖԲ-ի օպտիկական հատկությունները,
7. հայտնաբերվել և ուսումնասիրվել է օպտիկական անշրջելիության երևույթն առանց արատների և արատներով խիրալ ՀԲ ֆոտոնային կառուցվածքներում,
8. ցույց է տրվել օպտիկական դիոդի էֆեկտի գոյությունը շրջանային բևեռացած լույսի համար գրադիենտական քայլով ԽՀԲ կառուցվածքներում,
9. ուսումնասիրվել է նանումասնիկներով հարստացված ԽՀԲ թաղանթով անցնելիս լույսի բևեռացման հարթության պտույտի վարքն ու սպեկտրային բնութագրերը՝ կախված թաղանթի հաստությունից և դրա նկատմամբ կիրառված էլեկտրական դաշտի լարվածությունից:

### **Կիրառական նշանակությունը**

Ատենախոսական աշխատանքի շրջանակներում ստացված արդյունքները կարող են օգտագործվել ցածրաշեն, հավաք և մանրանրբին օպտիկական տարրերի՝ մասնավորապես, օպտիկական դիոդի, տրանզիստորի և տարբեր տեսակի տրամաբանական տարրերի, շերտավոր ու վերալարվող (նեղշերտ ու լայնշերտ) լուսազտիչների, լայնշերտ հայելիների, նոր սերնդի դիսփոլեյների տարրերի, արագագործ փոխանջատիչների, լայնշերտ շրջանային բևեռիչների

ստեղծման և կատարելագործման համար, ինչպես նաև ղեկավարվող էլիպ-սականությամբ էլիպսական բևեռացած լույսի աղբյուրներում:

### **Պաշտպանության ներկայացված հիմնական դրույթները**

1. ԽՀԲ թաղանթում էլեկտրամակածված հարթ արատի դիրքը կարելի է տեղաշարժել ըստ բջջի հաստության (ԽՀԲ պարույրի առանցքի երկայնքով), որը թույլ կտա ղեկավարել նրանով անցնող լույսի բևեռացումը:
2. Երկու տարբեր քայլերով ԽՀԲ-ական թաղանթների դիֆուզիայով կարելի է ստեղծել կանխատեսելի գրադիենտային քայլով հարթ արատային շերտով ֆոտոնային կառուցվածք, որը թույլ կտա կառավարել վերջինիս ՖԱԳ-ի սպեկտրային դիրքն ու լայնությունը:
3. Գրադիենտային քայլով խիրալ ՀԲ ֆոտոնային կառուցվածքում կարող է դիտվել լույսի անշրջելի անցման կամ օպտիկական դիողի երևույթը, որը կարելի է ղեկավարել արտաքին ազդեցություններով:
4. Փոքր կոնցենտրացիաներով ֆերոէլեկտրական նանոմասնիկների առկայությունը ֆոտոնային ՀԲ-ում կարող է փոխել վերջինիս ՖԱԳ-ի սպեկտրալ դիրքն ու լայնությունը, ինչպես նաև նվազեցնել արատների էլեկտրամակածման շեմը:

### **Աշխատանքի ծավալը**

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, ամփոփումից և գրականության ցանկից՝ 137 հղումներով: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը կազմում է 123 էջ, ներառյալ 42 նկարները:

### **Աշխատանքի ներկայացումը**

Աշխատանքի հիմնական արդյունքները զեկուցվել են՝ Panarmenian Scientific Forum, Հայաստան, Երևան, 2016թ., 4th International Symposium “Optics & its Applications” Հայաստան, Երևան, 2016թ., «Balaton Summer School in Physics (Quantumoptics + Laserphysics and Astrophysics + Spectroscopy and Photonics)», Հունգարիա, Բալատոն, 2015թ., «Optics - 2015», Հայաստան, Երևան, 2015թ., «Advanced Lasers and Photon Sources Conference», Ճապոնիա, Յոկոհամա, 2014թ., «International Conference of Statistical Physics», Հունաստան, Ռոդոս, 2014թ., «IONS Armenia», Հայաստան, Երևան, 2013թ., «International Meeting on Information Display», Կորեա, Դաեգու, 2013թ., «International Conference on Photonics, Optics and Laser Technology», Իսպանիա, Բարսելոնա, 2013թ., «24<sup>th</sup> International Liquid Crystal Conference», Գերմանիա, Մայնց, 2012թ., «Optics of Liquid Crystals», Հայաստան, Երևան, 2011թ., «Photonics and Micro- and Nano-structured Materials», Հայաստան, Երևան, 2011թ. գիտաժողովներում և ամառային դպրոցի շրջանակներում: Արդյունքները նաև պարբերաբար քննարկվել են ԵՊՀ օպտիկայի ամբիոնի սեմինարների ընթացքում:

## **Հրատարակությունները**

Ատենախոսության աշխատանքների թեմայով հրատարակված է 7 գիտական հոդված և 7 միջազգային գիտաժողովների թեզիսներ, որոնց ցանկը ներկայացված է սեղմագրի վերջում:

## **ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ**

**Ներածությունում** հիմնավորված է ատենախոսությունում ներկայացված հետազոտության արդիականությունը, ներկայացված է աշխատանքի նպատակն ու գիտական նորոյթը, ձևակերպված են հակիրճ բովանդակությունը, կիրառական նշանակությունը և պաշտպանության ներկայացված հիմնական դրույթները:

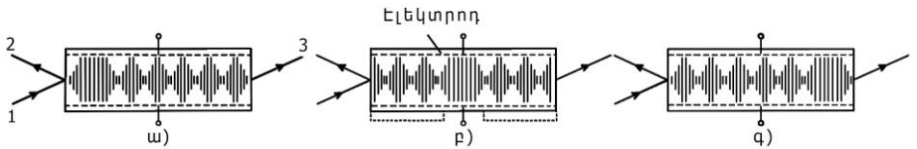
**Գլուխ 1**-ում բերված է ատենախոսության թեմային առնչվող գրականության վերլուծությունը: Այն ակնարկային բնույթի է, և բաղկացած է հինգ պարագրաֆներից:

**Գլուխ 2**-ում փորձնականորեն ուսումնասիրվել է էլեկտրական դաշտի միջոցով ԽՀԲ կառուցվածքում արատի մակաձման երեք դեպքերը, երբ վերջինս մակաձվում է բջջի մուտքային պատի մոտ, կենտրոնում և ելքային պատի մոտ: Արատի մակաձման յուրաքանչյուր դեպքի համար կատարվել է մանրամասն վերլուծություն բևեռացման ազիմուտի և բևեռացման էլիպսականության՝ կիրառված լարումից ունեցած կախվածության համար (ընտրողաբար անդրադարձման գոտու կարճալիքային, երկարալիքային սահմաններին և գազաթնակետին համապատասխանող ջերմաստիճանների դեպքում): Կատարվել է նաև փորձնական արդյունքների մոդելավորում՝ օգտագործելով Համբարձումյանի շերտերի գումարման ձևափոխված մեթոդը:

§2.1-ում ներկայացված է սույն գլխի հետագա շարադրանքի համար անհրաժեշտ նյութն ու համառոտ նկարագիրը:

§2.2-ում ուսումնասիրված է ԽՀԲ-ներում արտաքին էլեկտրական դաշտով պլանար արատի մակաձման և դրա ղեկավարման հնարավորությունը: Այն ստեղծվում է բջջի ներսում տեղադրված էլեկտրոդներին պոտենցիալների տարբերություն կիրառելով: Այդպիսի խիրալ հեղուկբյուրեղական բջիջը կարելի է դիտարկել որպես բարդ համակարգ՝  $a$ ) անիզոտրոպ շերտ + ԽՀԲ,  $b$ ) երկու ԽՀԲ-ի շերտ և անիզոտրոպ շերտ դրանց միջև, կամ էլ  $q$ ) ԽՀԲ + անիզոտրոպ շերտ (Նկ. 1):

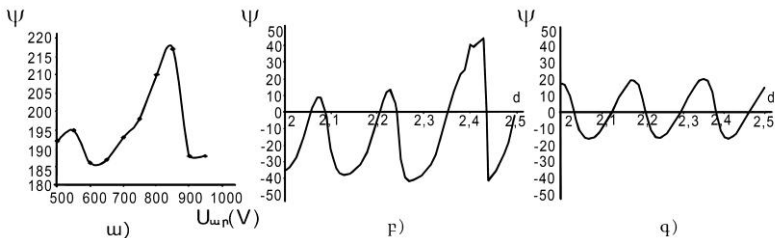
Ներկայացվել է բջջի տարբեր դիրքերում տեղակայված արատի համար բևեռացման հարթության պտույտի վարքի մանրամասն տեսական դիտարկումներ և ցույց է տրվել, թե արատի տեղակայման որ դիրքում է այն առավելագույնը:



Նկ. 1. Էլեկտրակառավարվող անիզոտրոպ արատով ԽՀԲ բջջի գծապատկերը. արատը մակածվել է՝ ԽՀԲ թաղանթի ա) մուտքային պատի մոտ, բ) կենտրոնում, գ) ելքային պատի մոտ (1-ը ընկնող ճառագայթն է, 2-ը՝ անդրադարձած ճառագայթը, 3-ը՝անցած ճառագայթը)

§2.3-ում նկարագրված է էլեկտրական դաշտով մակածված պլանար արատով խիրալ ՀԲ ֆոտոնային կառուցվածքների սպեկտրային և բևեռացումային հատկությունների փորձնական հետազոտությունների արդյունքները: Փորձարարական հետազոտություններն իրականացվել են աջ և ձախ պատող խոլեստերիկների և ՆՀԲ-ի եռաբաղադրիչ խառնուրդով, որի ՖՆԳ-ը սենյակային ջերմաստիճանում գտնվում է տեսանելի տիրույթում: Այն իրենից ներկայացրել է աջ պատող խոլեստերիլ պելարգոնատի ( $C_{36}H_{62}O_2$ ), ձախ պատող խոլեստերիլ օլեատի ( $C_{45}H_{78}O_2$ ) և E7 (ալկիլ ցիանո բիֆինիլ բազմաբաղադրիչ խառնուրդ) նեմատիկ հեղուկ բյուրեղի (ՆՀԲ)-ի եռաբաղադրիչ խառնուրդ՝ համապատասխանաբար 30:60:10 կշռային հարաբերակցություններով: ԽՀԲ-ական բջջի հաստությունը 40 մկմ է, արատ ապահովող էլեկտրոդների հաստությունը 1մկմ է, իսկ նրանց միջև հեռավորությունը՝ 1մմ: Փորձում օգտագործված նմուշի համար ընտրողաբար անդրադարձման տիրույթն ընկած է 15–25°C տիրույթում: Մենք փոխել ենք արտաքին էլեկտրական դաշտը՝ բջջի էլեկտրոդներին կիրառելով 500-950Վ պոտենցիալների տարբերություն, և չափել ենք բևեռացման էլիպսի պատման անկյունը սկզբնական ուղղության նկատմամբ՝ երբ արտաքին լարումը բացակայում է: Ներկայացված է ԽՀԲ համակարգում բևեռացման հարթության պտտման անկյան և յուրաքանչյուր չափման համար որոշված անցած լույսի էլիպսականության՝ բջջի էլեկտրոդներին կիրառված արտաքին լարումից կախվածության գրաֆիկները: Ցույց է տրվել, որ երբ արատը տեղաշարժվում է բջջի մի եզրից մյուսը՝ բևեռացման էլիպսականությունը փոխվում է: Փորձի հիմնական արդյունքն այն փաստն է, որ բևեռացման հարթության պտույտը առավելագույնն է, երբ լույսը սկզբում տարածվում է խիրալ հեղուկբյուրեղական ֆոտոնային կառուցվածքով և հետո ընկնում անիզոտրոպ շերտի վրա (Նկ. 2): Նշենք, որ նկ. 2-ի ա) դեպքը փորձարարական արդյունքների մոտարկման կորն է, իսկ գ) և դ) դեպքերը վերջինիս համապատասխան բևեռացման ազիմուտի՝ արատային շերտի հաստությունից կախվածության տեսական գրաֆիկները ընտրողաբար անդրադարձման գոտու երկու եզրերի համար: Ցույց է տրվել նաև, որ էլեկտրամակածված արատով այսպիսի ԽՀԲ համակարգն անշրջելի է լույսի բևեռացման նկատմամբ:





Նկ. 2. Բջջի ելքային պատի մոտ արատի մակաձման դեպքում՝ ա) բևեռացման հարթության պտույտի անկյան կախվածությունը բջջի էլեկտրոդների կիրառված լարումից, բևեռացման ազիմուտի կախվածությունը արատային շերտի հաստությունից բ)  $\lambda_1 = 0,50$ մկմ և գ)  $\lambda_2 = 0,54$ մկմ ալիքի երկարության դեպքում

§2.4-ում նկարագրված է ստացված փորձարարական արդյունքների մոդելավորման համար անհրաժեշտ Համբարձումյանի շերտերի վերադրման ձևափոխված մեթոդը: Համաձայն այս մեթոդի հարակից շերտերից բաղկացած համակարգի անդրադարձման-անցման մատրիցաները, որոշվում են համակարգի բաղադրիչ շերտերի մատրիցաների մատրիցային հավասարումների միջոցով: Անցած լույսի  $e$  էլիպսականությունը և  $\psi$  ազիմուտը արտահայտվում են  $\chi = E_r^s / E_r^p$  -ով հետևյալ բանաձևերի միջոցով.

$$\Psi = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \left( \frac{2 \operatorname{Re}(\chi)}{1 - |\chi|^2} \right), \quad e = \operatorname{tg} \left( \frac{1}{2} \arcsin \left( \frac{2 \operatorname{Im}(\chi)}{1 + |\chi|^2} \right) \right) :$$

Մեր հաշվարկների արդյունքում հանգել ենք այն եզրակացության, որ տեսությունը բավականաչափ լավ համընկնում է փորձնական արդյունքների հետ:

§2.5- ում բերված է այս գլխում քննարկվող նյութի ամփոփումը:

**Գլուխ 3**-ը նվիրված է գրադիենտային քայլով ԽՀԲ-ի օպտիկական հատկությունների ուսումնասիրությանը: Առաջարկվել է նոր մոդել անհամասեռ քայլով ԽՀԲ կառուցվածքում քայլի գրադիենտի վարքի նկարագրման համար և փորձնականորեն ու տեսականորեն ցույց է տրվել այդ մոդելի ճշմարտացիությունը: Ուսումնասիրվել է ԽՀԲ-ի քայլի գրադիենտի շնորհիվ տեսանելի տիրույթում անդրադարձման գոտու սպեկտրային դիրքի ղեկավարման հնարավորությունը: Նկարագրված է նաև վերոնշյալ կառուցվածքում դիտվող աստիճանական դիֆուզիայի երևույթը: Ցույց է տրվել օպտիկական դիոդի էֆեկտի գոյությունը շրջանային բևեռացած լույսի համար գրադիենտական քայլով ԽՀԲ կառուցվածքերում:

§3.1-ում բերված է սույն գլխի համառոտ նկարագիրը:

§3.2-ը նվիրված է ԽՀԲ թաղանթներում քայլի գրադիենտի առանձնահատկությունների համակողմանի ուսումնասիրմանը:

Քայլի գրադիենտն ապահովվել է տարբեր քայլերով ԽՀԲ խառնուրդների

կոնտակտի միջոցով: Այս երկու խառնուրդներից մեկի անդրադարձման տիրույթը գտնվում է լուսային սպեկտրի կանաչ տիրույթում (Խ<Բ1), իսկ մյուսինը՝ կարմիր (Խ<Բ2): Բջջի հաստությունն ապահովելու համար օգտագործվել են 10 մկմ հաստությամբ պոլիէթիլենային թաղանթներ (միջադիրներ), որոնց միջև հեռավորությունը 2 սմ է, իսկ Խ<Բ թաղանթի պարամետրերը համապատասխանաբար հետևյալն են՝  $\rho_1=0,326$  մկմ և  $\rho_2=0,386$  մկմ: Բջջի Խ<Բ շերտերում հաստատված քայլերի թիվը հետևյալն են. մոտ 16 կանաչ խառնուրդի համար և 14 կարմիր խառնուրդի համար:

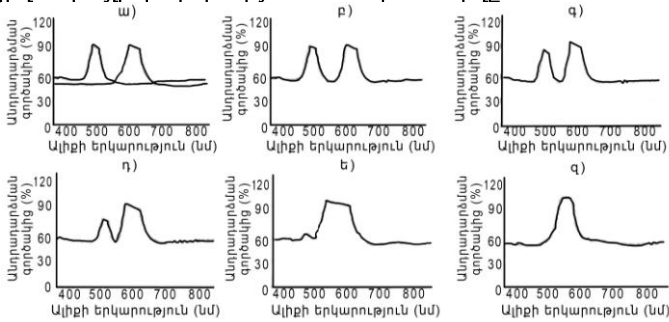
§3.3-ում ներկայացված է անհամասեռ քայլով Խ<Բ կառուցվածքների դիֆուզիայի առանձնահատկությունները: Նկարագրված են խիրալ <Բ ֆոտոնային համակարգերում դիֆուզիայի երևույթի ուսումնասիրության ամենահայտնի մեթոդները: Մեր փորձարարական արդյունքները ցույց են տալիս, որ դիֆուզիայի դինամիկայում կան էական առանձնահատկություններ, մասնավորապես 20°C-ից ցածր ջերմաստիճանների դեպքում մինչև վերջնական հավասարակշռված քայլի հաստատումը բավականին երկար ժամանակ է անցնում, մոտավոր երեք ամիս և ավելի, ինչպես նաև դիֆուզիայի ընթացքում անդրադարձման սպեկտրը ոչ ստանդարտ վարք է դրսևորում, այսինքն՝ անդրադարձման երկու գագաթնակետերը չեն մոտենում ու միաձուլվելով դառնում մեկ կոր, այլ մեկն իջնում է, մյուսը՝ լայնանում: Այդ իսկ պատճառով մենք փորձել ենք կառուցել քայլի փոփոխման տեսական մոդել և տեսել ենք, որ, իսկապես, այն չի համընկնում քայլի փոփոխման դասական պատկերացումների հետ:

§3.4-ում բերված են անհամասեռ քայլով Խ<Բ կառուցվածքի սպեկտրային և բևեռացումային հետազոտությունների փորձարարական և տեսական արդյունքները: Լույսի բևեռացման հարթության պտույտն ուսումնասիրելու համար բջջի Խ<Բ1-ով և Խ<Բ2-ով պատված կողմերը լուսավորվել են  $\lambda=0,63$ մկմ ալիքի երկարությամբ He-Ne և  $\lambda=0,53$ մկմ ալիքի երկարությամբ կիսահաղորդչային մղմամբ լազերներով: Բևեռացման հարթության պտույտն անկյունը չափվել է այնպիսի ջերմաստիճանային տիրույթում, որը ներառում է Խ<Բ1-ի և Խ<Բ2-ի ընտրողաբար անդրադարձման տիրույթները: Արդյունքներից պարզ է դարձել, որ բևեռացման հարթության պտույտը առավելագույնն է, երբ բջջի Խ<Բ1-ով և Խ<Բ2-ով պատված կողմերը լուսավորվում են վերջիններիս քայլերին հավասար լազերի լույսով:

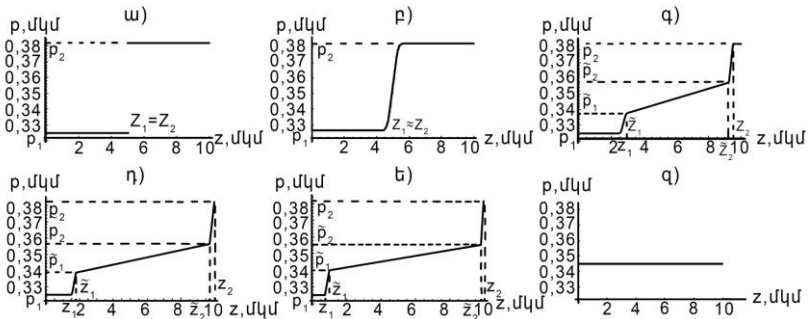
Վերոնշյալ համակարգում տարբեր բևեռացումներով լույսի (նորմալ անկման դեպքում) անցման և անդրադարձման սպեկտրների ուսումնասիրման համար օգտագործվել է StellarNet տիպի սպեկտրոմետր 0,75նմ օպտիկական լուծողունակությամբ: Նկ. 3-ում բերված է բջջի անդրադարձման սպեկտրը դիֆուզիայի պրոցեսի տարբեր պահերի համար 17°C ջերմաստիճանի դեպքում (բնական լույսի համար): Անդրադարձման սպեկտրն ունի երկու մաքսիմումներ, որոնք համապատասխանում են կարմիր և կանաչ Խ<Բ թաղանթներից ընտրողաբար անդրադարձման տիրույթներին:

Դիֆուզիայի սկզբում այդ երկու տիրույթների գազաթներն ակնհայտորեն տարանջատված են, իսկ մի քանի ժամ հետո դրանք մոտենում են իրար: Այնուհետև գազաթներից մեկի ինտենսիվությունը (որը համապատասխանում է մեծ կոնցենտրացիայով  $\text{H}_2\text{F}$ -ին) փոքրանում է, իսկ մյուսի սպեկտրային լայնությունը (որը համապատասխանում է փոքր կոնցենտրացիայով  $\text{H}_2\text{F}$ -ին) շարունակում է լայնանալ: Վերջում, դիֆուզիայի ավարտին, ավելի փոքր ինտենսիվության գազաթը կտրուկ փոքրանում է, մինչդեռ մյուսի սպեկտրային լայնությունն ակնհայտորեն լայնանում է: Հաստատված կայուն վիճակը պահպանվում է երկար ժամանակ:

Հաշվի առնելով նկ. 3-ի արդյունքները, մենք առաջարկել ենք նկ. 4-ում նկարագրված քայլի փոփոխության տեսական մոդելը:



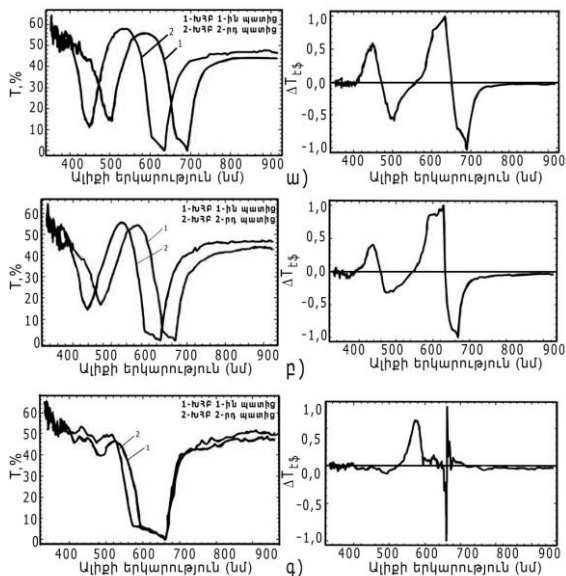
Նկ. 3.  $\text{H}_2\text{F}$  բջի անդրադարձման սպեկտրը դիֆուզիայի պրոցեսի ա) մինչ սկսելը, բ) սկզբում, գ), դ) և ե) միջանկյալ պահերին, զ) վերջում



Նկ. 4. Բջի հաստության երկայնքով քայլի գրադիենտի տեսական մոդելը

Այս պարագրաֆում ներառված է նաև  $\text{H}_2\text{F}$  համակարգում ասիմետրիկ անցման և անդրադարձման երևույթի փորձարակական ուսումնասիրության արդյունքները դիֆուզիայի տարբեր պահերին, ինչպես արտաքին ազդեցությունների առկայությամբ, այնպես էլ առանց վերջիններիս (Նկ. 5): Մասնավորապես, կատարվել են երկու անկախ չափումներ: Առաջին փորձարարական աշխատանքի նպատակն էր ուսումնասիրել անշրջելիության

երևույթը ջերմաստիճանի փոփոխման դեպքում, իսկ երկրորդին՝ պարույրին զուգահեռ կիրառված էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ: Ստացված արդյունքները վկայում են այն մասին, որ ջերմաստիճանի փոփոխության և էլեկտրական դաշտի ազդեցության պարագայում մեր համակարգի անշրջելիությունը կարող է լրիվ անհետանալ կամ կարող է վերականգնվել արտաքին ազդեցությունների վերացման դեպքում:

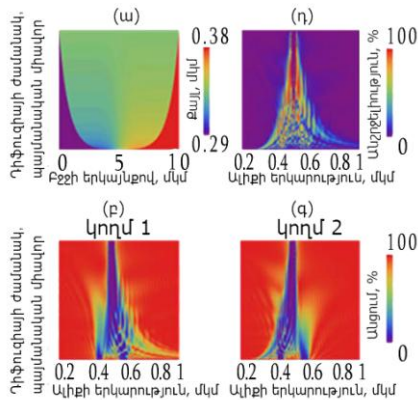


Նկ. 5. Առանց արտաքին ազդեցության ԽՀԲ համակարգի տարբեր պատերից անցման սպեկտրները դիֆուզիայի՝ ա) սկզբնական պահին բ) միջանկյալ պահին, գ) վերջում ( $\Delta T_{\text{էջ}}$ -ը համակարգի երկու տարբեր կողմերից անցումների էֆեկտիվ տարբերությունն է)

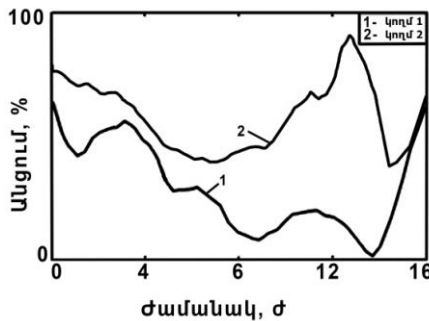
Փորձարարական արդյունքների տեսական հիմնավորման համար կատարել ենք հաշվարկներ և արդյունքում կառուցել մեր ԽՀԲ համակարգի դիֆուզիայի ընթացքի նկարագրման համար տեսական գրաֆիկներ (Նկ. 6):

Ցույց է տրվել, որ շրջանային բևեռացած լույսի համար գոյություն ունի օպտիկական դիողի էֆեկտը (Նկ. 7):

Կարևոր փաստ է նաև այն, որ մի պահ կորերից մեկը գրեթե մոտենում է գրոյի, մինչդեռ մյուսը որոշակի արժեք ունի, որը նշանակում է, որ հարաբերական անշրջելիությունը համարյա մեկի է մոտենում, ինչը հիմնական կարևոր մեծությունն է դիողի համար՝  $(T1-T2)/(T1+T2)$ :



Նկ. 6. ա) Դիֆուզիայի ընթացքում քայլի գրադիենտի էվոլյուցիան, բ), գ) բջջի երկու տարբեր կողմերից շրջանային բևեռացած ընկնող լույսի անցման սպեկտրները, դ) երկու սպեկտրների բացարձակ տարբերությունը



Նկ. 7. ԽՀԲ համակարգի երկու տարբեր կողմերից ստացված անցման սպեկտրների կախվածությունը ժամանակից

§3.5–ում բերված է այդ գլխի ամփոփումը:

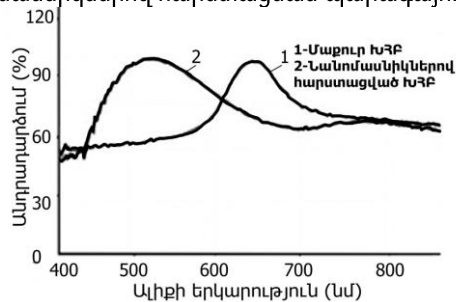
**Գլուխ 4**–ում բերված է ԽՀԲ ֆոտոնային կառուցվածքների ղեկավարման տեսանկյունից, այն նախնամասնիկներով հարստացնելու նպատակահարմարությունն ու առավելությունները (մասնավորապես, անդրադարձման սպեկտրի լայնացումը և դեպի կարճալիքային տիրույթ տեղաշարժը):

Խոսվում է մաքուր ԽՀԲ-ի նկատմամբ նախնամասնիկներով հարստացված ԽՀԲ միջավայրի, կիրառական տեսակետից, ևս մեկ կարևոր առավելության մասին, որը կապված է բջջով անցած լույսի բևեռացման հարթության ավելի ցածր լարումների դեպքում պտույտի հետ: Յուրյ է տրված, որ նախնամասնիկներով հարստացնելու դեպքում ՀԲ-ների բարակ շերտում կարող

ենք ստանալ նույն էֆեկտները, ինչ որ կարելի է ստանալ ՀԲ-ի հաստ շերտում:

§4.1 – ը ներածական բնույթի է:

§4.2-ում բերված է նանոմասնիկներով հարստացված հեղուկբյուրեղական միջավայրերի սպեկտրային ուսումնասիրությունների արդյունքները: Այդ նպատակով պատրաստվել է խլիեստերիկ ՀԲ բջիջ, մասնավորապես աջ պտտող պելարգոնատի, ձախ պտտող օլեատի և E7 նեմատիկ հեղուկ բյուրեղի խառնուրդ՝ 30:60:10 կշռային հարաբերակցությամբ, իսկ որպես նանոմասնիկ օգտագործվել է  $BaTiO_3$  ֆերոէլեկտրիկը, որի խտությունը  $\text{ԽՀԲ}$  կառուցվածքում 1% է: Նկ. 8-ում պատկերված է նանոմասնիկներով հարստացված  $\text{ԽՀԲ}$  կառուցվածքներից լույսի անդրադարձման սպեկտրները: Նկարից երևում է, որ նանոմասնիկներով  $\text{ԽՀԲ}$  միջավայրի հարստացումը հանգեցրել է ինչպես անդրադարձման տիրույթի լայնացմանը, այնպես էլ շեղմանը՝ դեպի կարճալիքային տիրույթ: Հարկ է նշել, որ  $\Delta R = R_{\rightarrow} - R_{\leftarrow}$ -ը, որտեղ  $R_{\rightarrow}$ -ը և  $R_{\leftarrow}$ -ը  $\text{ԽՀԲ}$  համակարգի տարբեր կողմերից անդրադարձման գործակիցներն են, ղեկավարելու հնարավորությունը ևս հեշտանում է միջավայրը նանոմասնիկներով հարստացման պարագայում:

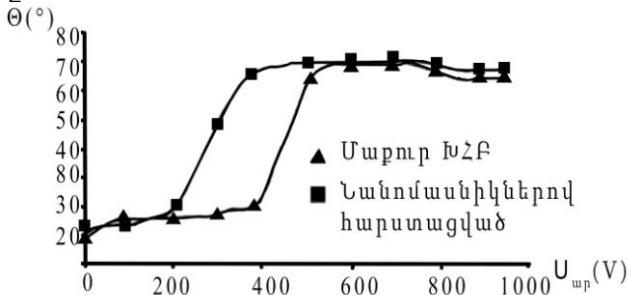


Նկ. 8. Անդրադարձման սպեկտրները մաքուր և նանոմասնիկներով հարստացված  $\text{ԽՀԲ}$  բջիջներում

§4.3-ում փորձնականորեն ուսումնասիրվել է պլանար արատ պարունակող նանոմասնիկներով հարստացված խիրալ ՀԲ-ական ֆոտոնային կառուցվածքի ազդեցությունը նրանով անցնող լազերային փնջի բևեռացման վրա: Փորձնականորեն ուսումնասիրվել է բջջով անցած լույսի բևեռացումը՝ կախված վերջինիս էլեկտրոդների միջև կիրառված լարումից նանոմասնիկների առկայությամբ և առանց դրանց: Փոխելով  $\text{ԽՀԲ}$  բջջին տրվող արտաքին հաստատուն լարումը 0-950 Վ տիրույթում, ստացել ենք բևեռացման էլիպսի առանցքի շեղման անկյունը սկզբնական ուղղության նկատմամբ, երբ արտաքին լարումը բացակայում է (Նկ. 9): Մինչև հագեցման հասնելը, որքան ավելի մեծ է արտաքին շերտի արդյունարար հաստությունը, այնքան ավելի մեծ է թաղանթով անցած լազերային փնջի բևեռացման էլիպսի պտտման անկյունը: Դժվար չէ տեսնել, որ նանոմասնիկներով հարստացման

դեպքում նույն պարամետրերով ԽՀԲ-ական բջջում բևեռացման հարթությունը պտտվում է ավելի ցածր լարումների դեպքում:

§4.4-ում ներկայացված է համապատասխան գլխում քննարկված նյութի ամփոփումը:



Նկ. 9. Բևեռացման հարթության պտույտի կախվածությունը կիրառված լարումից մաքուր և նանոմասնիկներով հարստացված ԽՀԲ կառուցվածքների համար

### ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Ներկայացված ատենախոսական աշխատանքում ուսումնասիրված է լույսի և պարբերական կառուցվածքում արատներ պարունակող, նանոմասնիկներով հարստացված և անհամասեռ քայլով խիրալ ՀԲ - ների փոխազդեցության սպեկտրաբևեռացումային առանձնահատկությունները:

Ատենախոսական աշխատանքում ստացված հիմնական արդյունքներն են.

1. Առաջին անգամ ցույց է տրվել, որ փոխելով ԽՀԲ թաղանթում արտաքին դաշտերով մակաձված պլանար (հարթ) արատի օպտիկական հաստությունը և դիրքը, կարելի է ղեկավարել նրանով անցած (անդրադարձած) և ԽՀԲ-ի ֆոտոնային արգելված գոտու շերտում գտնվող ալիքի երկարությամբ լազերային ճառագայթման ինտենսիվությունն ու բևեռացումը:
2. Առաջին անգամ ցույց է տրվել, որ էլեկտրամակաձված արատով ԽՀԲ համակարգն անշրջելի է բևեռացման նկատմամբ:
3. Առաջին անգամ փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ երկու տարբեր խիրալություններով ԽՀԲ-ների դիֆուզիայի սկզբում դիտվող երկու տարանջատված ՖԱԳ-ը դիֆուզիայի ընթացքում անընդհատ կերպով չեն մոտենում և չեն միաձուլվում միմյանց (ինչպես սովորաբար սպասվում է), այլ կարճալիքային ՖԱԳ-ի խորությունն աստիճանաբար նվազում է և անհետանում, իսկ երկարալիքայինը՝ լայնանում է չփոխելով խորությունը:
4. Անհամասեռ քայլով ԽՀԲ-ների դիֆուզիայի համար առաջարկվել է քայլի գրադիենտի դասական պատկերացումներից տարբերվող տեսական մոդել, որով բացատրվել է դիտվող փորձարարական արդյունքները:

5. Հայտնաբերվել և ուսումնասիրվել է առանց արատների և արատներով խիրալ ՀԲ կառուցվածքներում օպտիկական անշրջելիության երևույթը: Ցույց է տրվել, որ շրջանային բևեռացած լույսի համար գոյություն ունի օպտիկական դիողի էֆեկտը:
6. Փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ փոքր կոնցենտրացիաներով նանոմասնիկների առկայությունը ֆոտոնային ՀԲ-ում հանգեցնում է անդրադարձման տիրույթի լայնացմանը, և դեպի կարճալիքային տիրույթ շեղմանը, ինչպես նաև արատների մակաձման շեմի նվազմանը:
7. Ցույց է տրվել, որ էլեկտրամակաձված պլանար արատ պարունակող խիրալ ՖԲ-ով անցնելիս բևեռացման հարթությունը պտտվում է ավելի ցածր լարումների դեպքում, երբ միջավայրը հարստացված է նանոմասնիկներով:

### **Գրականություն**

1. D. Comoretto, “Organic and hybrid photonic crystals”, Springer, p. 497, 2015.
2. R. Balamurugan and J.-H. Liu, “A review of the fabrication of photonic band gap materials based on cholesteric liquid crystals”, Reactive and Functional Polymers 105, pp. 1-59, 2016.
3. H. Dennis, “Translective LCD Utilizing Chiral Liquid Crystal Filters/Mirrors”, 5841494 United States Patent, 24 Nov, 1998.
4. 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, pp. 0511108-3, 2008.
5. J. E. Stockley, G. D. Sharp, K. M. Johnson, “Fabry - Perot etalon with polymer cholesteric liquid-crystal mirrors”, Opt. Letters, Vol. 24, No 1, pp. 55-57, 1999.
6. A. Lakhtakia, V. C. Venugopal, M. W. McCall “Spectral holes in Bragg reflection from chiral sculptured thin films: circular polarization filters”, Opt. Commun. 177, pp. 57-68, 2000.
7. J.-J. P. Drolet, J. S. Patel, K. G. Haritos, W. Xu, A. Scherer, D. Psaltis, “Hybrid-aligned nematic liquid-crystal modulators fabricated on VLSI circuits”, Opt. Letters., Vol. 20, No. 21, pp. 2222-2224, 1995.
8. S. J. Woltman, G. P. Crawford, G. D. Jay, “Liquid Crystals Frontiers in Biomedical Applications”, World Scientific Publishing: Singapore, p. 493, 2007.
9. L. Catherine, “Liquid Crystal Temperature Indicator for Measuring Human Body Temperature”, 4, 198, 861 United States Patent, 1979.
10. I. Abdulhalim “Omnidirectional reflection from anisotropic periodic dielectric stack”, Opt. Commun., Vol. 174, Issues 1-4, 15 January, pp. 43-50, 2000.
11. J.-Y. Chen and L.-W. Chen “Polarization-dependent filters based on chiral photonic structures with defects”, J. Opt. A: Pure Appl. Opt., Vol. 7, p. 558, 2005.
12. A. H. Gevorgyan, M. Z. Harutyunyan, “Chiral photonic crystals with an anisotropic defect layer”, Phys. Rev. E., Vol. 76, p. 031701, 2007.



13. R. Ozaki et al., “Defect Mode in Cholesteric Liquid Crystal Consisting of Two Helicoidal Periodicities”, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 45, p. 493, 2006.
14. J. Schmidtke, W. Stille, “Photonic defect modes in cholesteric liquid crystal films” Eur. Phys. J. E. Vol. 12, p. 553, 2003.
15. Н. В. Каманина, “Электрооптические системы на основе жидких кристаллов и фуллеренов – перспективные материалы наноэлектроники. Свойства и области применения”, СПб: СПбГУИТМО, с. 137, 2008.
16. С. М. Аракелян, Ю. С. Чилингарян, “Нелинейная оптика жидких кристаллов”, Москва: Наука, 395 с. 1984.
17. Յոյ. Ա. Չիլինգարյան, Ռ. Ա. Հակոբյան, «Մակաձված փուլային անցումներ և հիդրոդինամիկական անկայունություններ հեղուկ բյուրեղներում», Երևան. 2000:

### **Հրատարակված աշխատանքների ցուցակ**

1. 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. and Liq. Cryst., Vol. 559, Iss. 1, pp. 23 – 30 (2012).
2. R. Alaverdyan, H. Gharagulyan, and H. Grigoryan, “The investigation of the behaviour of polarization of light passing through chiral liquid-crystalline photonic structures”, Proceedings of SPIE, Vol. 8414, 8414 12-1-6 (2012).
3. R. B. Alaverdyan, A. L. Aslanyan, L. S. Aslanyan, H. S. Gharagulyan, “The Peculiarities of Spatial Dynamics of Light Polarization in One-Dimensional Liquid-Crystalline Photonic Structures”, Book of Abstracts of OLC 2011, P-5 (2011).
4. H. Grigoryan, H. Gharagulyan, M. S. Rafayelyan, A. H. Gevorgyan and R. B. Alaverdyan, “Theoretical and Experimental Investigation of Polarization and Spectral Properties of Light in Multilayer Cholesteric Liquid-Crystalline Systems”, Proceedings of PHOTOPTICS 2013, Scitepress Digital Library, DOI:10.5220/0004339801110114, pp. 111-114 (2013).
5. H. Gharagulyan, H. Grigoryan, M. S. Rafayelyan, A. H. Gevorgyan and R. B. Alaverdyan, “Reflection and Transmission Properties of Light in Chiral Liquid-Crystalline Photonic Structures with Pitch Gradient and the Phenomenon of Nonreciprocity”, Proceedings of PHOTOPTICS 2013, Scitepress Digital Library, DOI:10.5220/0004340101150120, pp. 115-120 (2013).
6. H. Gharagulyan, H. Grigoryan, M. S. Rafayelyan, A. H. Gevorgyan and R. B. Alaverdyan, “The Investigation of the Behaviour of Polarization of Light Passing Through Chiral Liquid-Crystalline Photonic Structures with Inhomogeneous Pitch”, Electronic extended abstract book of ILCC 2012, pp. 1-4 (2012).

7. H. Gharagulyan, H. Grigoryan, M. S. Rafayelyan, N. R. Grigoryan, A. H. Gevorgyan and R. B. Alaverdyan, "The phenomenon of nonreciprocity in chiral structures with pitch gradient in case of induced defects", Book of Abstract of IONS, p. 53 (2013).
8. A. H. Gevorgyan, R. B. Alaverdyan, H. Gharagulyan, M. S. Rafayelyan, H. Grigoryan, «Diffusion in Liquid Crystals of Two Cholesterics with Different Pitches», Journal of Nanophotonics, (doi:10.1117/1.JNP.9.093591), Vol. 9 (1), p. 093591 (2015).
9. 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).
10. M. S. Rafayelyan, H. Gharagulyan, H. Grigoryan, A. H. Gevorgyan, R. B. Alaverdyan, "Diffusion Process Peculiarities in the Liquid-Crystalline Cell Fabricated through the Contact of Two Cholesterics with Different Pitches", Abstract book of International Conference of Statistical Physics (The SigmaPhi2014), pp. 134- 135 (2014).
11. H. Gharagulyan, H. Grigoryan, M. S. Rafayelyan, A. H. Gevorgyan and R. B. Alaverdyan "Rotation of Polarization Plane of Light in Chiral Liquid Crystals enriched with Nanoparticles in case of induced Defect", Electronic book of abstract of IMID, p. 332 (2013).
12. H. Gharagulyan, M. S. Rafayelyan, A. H. Gevorgyan, R. B. Alaverdyan, "Spectral Properties of Light in Photonic Liquid Crystals Doped with Nanoparticles in the Presence of Induced Defects", Proceedings of ALPS'14, pp. 207-208 (2014).
13. Э. С. Карагулян «Экспериментальное исследование вращения плоскости поляризации света в обогащенной наночастицами холестерической жидкокристаллической ячейке с анизотропным дефектным слоем», Известия НАН Армении, Физика, 50 (3), сс. 331–337 (2015).
14. H. Gharagulyan, M. S. Rafayelyan, A. H. Gevorgyan, R. B. Alaverdyan, "Experimental and Theoretical Investigation of Polarization Plane Rotation of Light in Nanoparticle-Enriched Chiral Liquid-Crystalline Photonic Structures with an Anisotropic Defect Layer", Book of Abstracts of OPTICS-2015, pp. 124-125 (2015).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе экспериментально и теоретически изучены спектральные и поляризационные особенности света, проходящего через хиральную жидкокристаллическую (ЖК) фотонную структуру, как при наличии дефектов в структуре, так и без них, а также влияние ферроэлектрических наночастиц с низкой концентрацией на оптические свойства этих структур.

Первая глава диссертации посвящена обзору литературы и состоит из 5 параграфов. В них дан обзор литературы, относящейся к основным свойствам фотонных кристаллов (ФК) и холестерических ЖК (ХЖК).

Во второй главе диссертации изучены возможности индуцирования планарного дефекта в слое хирального фотонного ЖК под воздействием внешнего электрического поля. Наблюдались три случая индуцирования дефекта: вблизи входной стенки ячейки, в центре ячейки и вблизи выходной стенки ячейки. Прикладывая напряжение к специально установленным электродам, мы тем самым меняем расположение дефекта в жидкокристаллической системе. Рассмотрено поведение поляризации света при индуцированном дефекте в ХЖК средах. В результате экспериментов было установлено, что вращение плоскости поляризации максимально, когда свет вначале распространяется через ХЖК фотонную структуру и затем падает на анизотропный слой. Также было показано, что ХЖК система с электроиндуцированным дефектом необратима относительно поляризации света. Приведен математический метод расчета для угла вращения эллипса поляризации.

В третьей главе диссертации экспериментально и теоретически исследованы оптические свойства ХЖК пленок с неоднородным шагом. В нашем эксперименте неоднородный шаг в структуре ХЖК был создан с помощью контакта двух холестерических смесей с разными шагами спирали, один из которых отражает зеленый свет видимого диапазона, а другой - красный. Была предложена новая модель для описания поведения градиента шага в таких структурах. Отметим также, что были изучены особенности спектров отражения и пропускания тонких пленок ХЖК, а также поворота поляризации света, проходящего через такие среды. Экспериментально была показана возможность появления феномена необратимости (оптического диода), который может широко применяться в различных оптоэлектрических технологиях. Экспериментально изучалось влияние температуры и внешнего статического электрического поля на спектры отражения в этой структуре. Интересная картина наблюдается в плане спектров отражения при изучении диффузии двух компонентов с различными шагами, в частности, две кривые отражения не сближаются и сливаются в один пик, как обычно: левая кривая (соответствующая коротковолновой области спектра) постепенно становится

все меньше и почти исчезает, а правая (соответствующая длинноволновой области спектра) расширяется.

В четвертой главе экспериментально исследована возможность индуцирования дефекта в ячейке ХЖК обогащённой наночастицами, а также рассмотрено поведение поляризации света при индуцированном дефекте в таких средах. Были исследованы спектры отражения в ХЖК структурах, обогащенных наночастицами и без них. Было показано, что при обогащении наночастицами ХЖК структур спектр отражения смещается в сторону коротковолновой области и расширяется. Важнейшим результатом проведенного эксперимента является тот факт, что плоскость поляризации света вращается при более низких напряжениях, когда ХЖК обогащен наночастицами.

В диссертационной работе получены следующие основные результаты:

1. Впервые было показано, что изменяя оптическую толщину и расположение планарного (плоского) дефекта, индуцированного с помощью внешних полей в ХЖК пленке, можно контролировать интенсивность и поляризацию проходящего (отраженного) через нее лазерного излучения с длиной волны, находящейся в фотонной запрещенной зоне в слое ХЖК.
2. Было показано, что ХЖК система с электроиндуцированным дефектом необратима относительно поляризации света.
3. Впервые экспериментально показано, что две разделенные фотонные запрещенные зоны (ФЗЗ), наблюдаемые в начале диффузии двух ХЖК разной хиральности, не подходят друг к другу непрерывно и не сливаются (как обычно можно ожидать): глубина коротковолновой ФЗЗ постепенно уменьшается и исчезает, а длинноволновая ФЗЗ расширяется, не меняя глубины.
4. Для диффузии ХЖК с неоднородными шагами была предложена теоретическая модель, отличающаяся от классических представлений, с помощью чего были объяснены наблюдаемые экспериментальные результаты.
5. Было обнаружено и исследовано явление оптической необратимости в хиральных ЖК структурах, как при наличии дефектов, так и без них. Было показано, что существует диодный эффект для круглополяризованного света.
6. Экспериментально было показано, что наличие наночастиц низких концентраций вызывают расширение области отражения в фотонных ЖК и смещение в сторону коротковолновой области, а также уменьшение порога индуцирования дефектов.
7. Было показано, что плоскость поляризации света, проходящего через хиральный ЖК, с электроиндуцированным планарным дефектом, вращается при более низких напряжениях, когда среда обогащена наночастицами.

## SUMMARY

In this dissertation the spectral and polarization characteristics of light passing through a chiral liquid crystalline (LC) photonic structure in the presence of defects in the structure, and without them, as well as the influence of ferroelectric nanoparticles with a low concentration on the optical properties of these structures are studied experimentally and theoretically.

The first chapter of this dissertation is devoted to the review of the literature and consists of 5 paragraphs. The literature related to the basic properties of photonic crystals (PC) and the cholesteric LC (CLC), and the possibilities of controlling their characteristics is reported.

In the second chapter of the dissertation the possibility of inducing a planar defect in the photonic layer of chiral LC under the influence of an external electric field is experimentally and theoretically studied. Three cases of defect inducing are observed: near the input substrate, in the center and near the exit substrate of the cell. By applying a voltage to the specially established electrodes, we thereby change the location of the defect in the LC system. The behavior of the polarization of light in case of induced defect in the CLC media is considered. As a result of experiments, it was confirmed that the polarization plane rotation has maximum value, when light at first propagates through chiral LC photonic structure and then falls to the anisotropic layer. It was also shown that the CLC system with electrically induced defect is nonreciprocal with respect to the polarization of light. A mathematical method for calculating the angle of rotation of the polarization ellipse is presented.

In the third chapter of the dissertation the optical properties of the CLC films with inhomogeneous pitch are investigated experimentally and theoretically. In our experiment inhomogeneous pitch in the CLC structure was created by the contact of two cholesteric mixtures with different pitches of the helix, one of which reflects the green light of the visible range, and the other - the red. A new model to describe the behavior of the gradient pitch in such structures is proposed. It is worth to mention also that the peculiarities of the reflection and transmission spectra of thin CLC films, as well as the polarization rotation of the light passing through such media were studied. The possibility of the occurrence of the phenomenon of nonreciprocity (optical diode), which is widely used in a variety of optoelectronic technologies, is experimentally demonstrated. The influence of the temperature and external static electric field on the reflection spectra in this structure is studied experimentally. An interesting picture is observed in terms of the reflection spectra during the study of diffusion of two components with different pitches, in particular, the two reflection curves do not approach each other and merge into one peak: the left curve (corresponding to the short-wavelength range of the spectrum) gradually gets smaller and almost vanishes,

and the right one (corresponding to the long-wavelength range of the spectrum) expands.

In the fourth chapter the possibility of inducing a defect in the CLC cell enriched with nanoparticles is investigated experimentally, also the behavior of the polarization of light in case of induced defects in such media is considered. The reflection spectra in the CLC structures enriched with nanoparticles and without them are studied. It is shown that in case of the enrichment of CLC structures with nanoparticles the reflection spectrum shifts toward the short-wavelength range and expands. The most important result of the experiment is the fact that the polarization plane of light is rotated at lower voltages when CLC is enriched with nanoparticles.

The following main results were obtained in the dissertation:

1. For the first time it was shown that by changing the optical thickness and location of the planar (flat) defect induced by external fields in the CLC film, it is possible to control the intensity and polarization of the transmitted (reflected) through it laser radiation with a wavelength which is in the photonic bandgap in the layer of the CLC.
2. It was shown that the CLC system with electrically induced defect is nonreciprocal with respect to the polarization of light.
3. For the first time it was experimentally shown that the two separated photonic band gaps (PBG), observed in the early diffusion of two CLCs with different chiralities do not get closer continuously and do not merge (as would normally be expected): depth of the short-wavelength PBG gradually decreases and disappears, and the long-wavelength PBG expands without changing depth.
4. The theoretical model of pitch gradient which differs from the classical concepts and by which the observed experimental results are explained for the diffusion of the CLCs with inhomogeneous pitches was proposed.
5. The optical nonreciprocity in chiral LC structures both with defects and without them was discovered and investigated. It has been shown that there is a diode effect for circularly polarized light.
6. It has been experimentally proved that the presence of low concentrations of nanoparticles in photonic LC cause (results in) expansion of reflection range and a shift toward the short-wavelength region, as well as reducing the defects' inducing threshold.
7. It has been shown that the polarization plane of the light passing through chiral PC containing electrically induced planar defect, rotates at lower voltages when the medium is enriched with nanoparticles.