

**ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
МДТ «ДОНИШГОҲИ ДАВЛАТИИ ХУҶАНД БА НОМИ
АКАДЕМИК БОБОҶОН ҒАФУРОВ»**

Бо ҳуқуқи дастнавис

ВБД: 538.9

ТКБ: 22.3

Р-42

РАҲИМОВА УМЕДАХОН ҶҮРАБОЕВНА

**ХУСУСИЯТҲОИ ТЕХНОЛОГИИ ҚУТБИШГАРИ РҮШНОӢ ДАР
ЗАМИНАИ ПАРДАҲОИ ПОЛИМЕР-КРИСТАЛЛИ МОЕЪ**

АВТОРЕФЕРАТИ

**диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии доктори философия (PhD)
доктор аз рӯи ихтисоси 6D060400 (6D060407 – физикаи мухитҳои конденсӣ)**

Душанбе -2024

Диссертатсия дар кафедраи физикаи умумӣ ва ҷисмҳои саҳти МДТ
«Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи академик Б.Ғафуров» иҷро
шудааст.

Роҳбари илмӣ:

Эгамов Мухтор Ҳасанович – номзади илмҳои физика ва математика, х.к.и., мудири лабораторияи физикаи Маркази илмии Хуҷанди АМИ Тоҷикистон.

Муқарризи расмӣ:

Абдуллоев Ҳасан Муминҷонович - доктори илмҳои физика ва математика, профессори кафедраи физикаи ҷисмҳои саҳти Донишгоҳи миллии Тоҷикистон.

Абдурасулов Далер Анварович – номзади илмҳои техникӣ, муаллими калони кафедраи шабакаҳои алоқа ва системаҳои коммутатсионии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ.

Муассисаи пешбар:

Кафедраи физикаи нимноқилҳо ва полимерҳои Донишгоҳи миллии Узбекистон ба номи Мирзо Улугбек, ш. Тошканд, Ҷумҳурии Узбекистон.

Ҳимояи рисола санаи «29» июни соли 2024, соати 10.00 дар ҷаласаи Шӯрои Диссертатсионии 6D.КOA-056 назди Донишгоҳи миллии Тоҷикистон бо суроғаи 734027, ҶТ, ш. Душанбе, маҳаллаи Буни Ҳисорак, факултети физика, бинои таълимии №16, синфхонаи 206 баргузор мегардад.

Бо мӯхтавои диссертатсия тавассути сомонаи www.tnu.tj ва китобхонаи марказии илмии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, дар суроғаи 734025, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17 шинос шудан мумкин аст.

Автореферат санаи «_____» _____ соли 2024 ирсол карда шуд.

Котиби илмии Шӯрои диссертатсионӣ,
н.и.ф.-м., дотсент



Исломов З.З.

МУҚАДДИМА

Мубрамият ва зарурияти гузаронидани тадқиқот дар доираи мавзӯи рисола. Кутбишгарҳои бомуваффақ татбиқ шуда истода пардаи полимерии яқтира деформатсия шудааст, ки ғафсии 35-45 мкм дошта, бо пайвастагиҳои комплекси йодӣ ё рангкунандаҳои органикии махсус ғанӣ гардонида шудааст. Дар онҳо ба сифати матритсаи полимерӣ одатан спирти поливинил (СПВ) истифода мешавад. Ин кутбишгарҳо тавсифи оптикии бениҳоят калон дошта, бештар дар истеҳсоли индикаторҳои кристалли моеъгӣ ва техникаи дисплейӣ фаъол аст. Аммо аз ҳисоби ғафсии калон доштан, истифодаи онҳо дар таҷҳизотҳои ҳимоявӣ ва шинохтани маҳсулоти саҳеҳ, як қатор душвориро ба миён оварда, раванди татбиқшавиро дар дастгоҳҳои ғавқулҳассоси оптикӣ маҳдуд мекунад.

Мусаллам аст, ки фаъолияти кутбишгарҳо ба ҷудокунии афканиши ибтидоии оддӣ ба ду ҷузъи ҷудогонаи байни худ арзӣ ва қад-қади самти равиши афканишот равона шаванда асос карда шудааст. Вобаста аз самти кутбишгар яке аз ҷузъҳо бемалол интиқол шуда, ҷузъи дигар фурӯ бурда мешавад ё пароканда мегардад. Барои таҳқиқи кори кутбишгар якчанд ҳодисаҳои оптикӣ мавҷуд аст: фурӯбарии дихроикӣ; люминестенсияи анизотропӣ; шаканиши дучанда; инъикос ё пароканиши рӯшноӣ ва ғ. Мувофиқан, кутбишгарҳо низ ба таври гуногун номгузорӣ мешаванд: микрокристаллӣ; молекулавӣ; шиканиши дучанда; инъикосӣ; парокананда ва ғайра. Аксар вақт, масалан, барои дидани тасвири ноаён, кутбишгарҳои сиркулярӣ (даврӣ) истифода мешаванд, лекин дар рисолаи мазкур онҳо таҳлил намегарданд. Кутбишгарҳои анъанавии пардагӣ одатан аз кристаллҳои микроскопии самтгирифта ё молекулаҳои органикӣ дар матритсаи полимерии СПВ, иборат аст. Дар ҳамаи кутбишгарҳои номбар шуда як норасогии умумӣ ҷой дорад: онҳо ҷузъи нолозимаи афканишотро фурӯ мебаранд. Ин ҳолат боиси пеш аз мӯҳлат гум шудани қобилияти кори матритса мегардад, ки аз ҳисоби гармшавии дохилӣ руй медеҳад.

Дар рисолаи мазкур имконияти ҳосилкунии микрокутбишгар дар заминаи пардаҳои полимерӣ (СПВ) ва кристалли моеъгӣ (КМН 5СБ) таҳқиқ карда мешавад. Онҳо бояд аз норасогиҳои дар пардаҳои поляроидӣ ҷой дошта озод бошанд. Мавзуи таҳқиқоти мазкур яке аз муаммоҳои асосии самти афзалиятнок доштаи оптикаи системаҳои дисперсӣ, ки дар сарҳади физикаи кристалли моеъ ва оптоэлектроника инкишоф меёбад, ин таҳқиқи гурӯҳи маводҳои нави таркибӣ ба ҳисоб меравад. Ба ин гурӯҳ аз он ҷумла қатраҳои кристалли моеи нематикӣ дар полимер диспергиронидашуда мансуб мебошад. Таваҷҷӯҳи илмӣ ва амалӣ ба чунин маводҳо, асосан, ба хусусияти ғайриоддии физикию кимиёии қатраҳои кристалли моеъ

хамбастагӣ дорад, ки он ба сохтори мураккаби ду фазаҳои ҳамҷоянашаванда ва таъсироти онҳо дар сарҳади тақсимои алоқаманд аст. Аз тарафи дигар, имконияти татбиқи эффекти рӯшноигузаронии идорашаванда ва пароканиши рӯшноӣ аз ҷониби системаҳои дисперсии маводҳои таркибӣ барои ташаккули таҷҳизоти бисёрҷабҳаи оптоэлектронӣ ва фотоника (калидҳои оптикӣ, кутбишгарҳо, микро-линзаҳо, модуляторҳои рӯшноӣ, идоракунии сели рӯшноӣ) истифода бурда мешавад. Ҳамзамон, ба шарофати мавҷудияти усулҳои ҳаматарафаи инкишофёфтаи ошкоркунии параметрҳои физикию механикии маводҳои таркибӣ, дар умум, ва сохтори қатраи ҷудоғонаи кристалли моеи нематикӣ, дар ҳолати хусусӣ, системаҳои бисерчӯзаи дисперсӣ ҳамчун объекти аҳамияти ҷиддидошта барои ҳалли муаммоҳои васеи ҷабҳаҳои бунёдӣ ва амалии оптикаи ғайрихаттӣ омӯхта мешаванд. Дар натиҷаи ҳалли муваффақноки муаммоҳои гузошта шуда нави нави кутбишгар коркард ва ҳосил карда шуд, ки барои истифода дар соҳаи тайфи намоён ва инфрасурхи наздик таъин гардидааст. Бартарияти характерноки таҷҳизоти мазкур дар он зоҳир мегардад, ки дар он ҷузъи нолозими афканиши рӯшноӣ аз ҷониби матритсаи фуру бурда нашуда (ба мисли поляроидҳо), баръакс, пароканда мекунад.

Дарҷаи омӯхташавии муаммои илмӣ, асосҳои назариявӣ ва методологии зинаи тадқиқот.

Асоси рисолаи мазкурро усулҳои сифатӣ, таҳлилий ва ададӣ, ки ба сохтани амсилаи мушаххаси назариявӣ ва таҷрибавӣ мутобиқ карда шудааст, ташкил медиҳад. Амсилаи мазкур имконият медиҳад, ки табдилотҳои фазавӣ ва конфигуратсионии сохтори молекулавии кристалли моеи нематикӣ 5 СБ дар матритсаи полимерӣ, инчунин тағйироти энергияи озод ва коэффисиентҳои Франк дар назарияи континуалии чандирии кристалли моеъ, омӯхта шаванд. Усулҳои номбаршуда барои гирифтани натиҷаҳо истифода гардида, онҳо дар қиматҳои таҷрибавии таҳлилшаванда татбиқ гардидаанд.

Асоси гузаронидани таҳқиқоти мазкурро маводҳои илмӣ ба таърифи расонидаи олимони соҳавии хориҷию ватанӣ ва инчунин омӯзиши сохтор ва гузаришҳои фазавии системаҳои кристалли моеъ дошта ташкил доданд.

Алоқамандии тадқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо), мавзӯҳои илмӣ.

Рисолаи мазкур дар доираи лоиҳаи «Таҳқиқи сохтор, хусусиятҳои механикӣ ва оптикӣ элементҳои нави оптоэлектронӣ дар заминаи композитҳои полимерии кристалли моеъдошта» барои солҳои 2021-2025, таҳти рақами қайди давлатии 0121ТJ1107 аз санаи 10.03.2021, ки аз ҳисоби буҷаи давлатӣ маблағгузорӣ карда мешавад, иҷро карда шудааст.

ТАВСИФИ УМУМИИ РИСОЛА

Мақсади таҳқиқот: Рушди усулҳои балоихагирӣ ва маънидоди муҳити мезогенӣ, ки маводҳои басомадии дисперсионӣ, ғайрихаттӣ ва анизотропӣ доранд; омӯзиши хусусияти паҳншавӣ ва мавқеъгирии рӯшноӣ дар ин муҳитҳо; ҷустуҷӯи усулҳои нави идоракунии хусусиятҳои оптикӣ ва тайфиҳои ин муҳитҳо ба ҳисоб меравад.

Объекти таҳқиқот: Маводи асосии таҳқиқот пардаҳои кристалли моеи дар полимер диспергиридашуда мебошад. Ба сифати ҷузъи таркибии маводи композитӣ кристалли моеи нематикӣ 4-н-пентил-4'-сианобифенил (5СБ) температураи равшаннокшавиаш $T_c=42,5^\circ\text{C}$ ва нишондоди шикасташ: $n_{\parallel}=n_{e,max}=1.725$ ва $n_{\perp}=n_o=1.534$ дар температураи $T=25^\circ\text{C}$ ва дарозии мавҷаш $\lambda=0,633$ мкм интиҳоб шудааст. Вазифаи матритсаи полимери ду навъи полимерҳое, ки шартҳои худудии тангенсалиро барои кристалли моеи мазкур таъмин менамоянд, иҷро намуданд: поливинилбутирал (ПВБ) ва спирти поливинили (СПВ).

Предмети таҳқиқот: омӯзиши бузургҳои тавсифдиҳандаи хосиятҳои физикию механикӣ, оптикӣ ва электрооптикаи кристалли моеи нематикӣ дар полимерҳо (СПВ, ПВБ) диспергиридашудаи 4-н-пентил-4'-сианобифенил (5СБ) ҳисоб меёбад. Ба маводи мазкур глитсерин чун пластификатор ва сетилтриметил аммоний бромид (СТАБ) ба сифати муҳити сатҳии фаъол барои сабук гардонидани раванди самтгирии директор илова карда шудаанд.

Масъалаҳои таҳқиқот:

- соддагардонии усули омодаسازی, таркиб ва сохтори намунаҳои пардагии моеъкристалли дар полимер диспергиридашуда ва бо маводи сатҳии фаъол ғайр гардонидашуда;
- омӯзиши текстураҳои оптикӣ ва конфигуратсияи директор дар қатраҳои нематик бо усулҳои микроскопияи кутбишӣ-оптикӣ ва электрооптикӣ;
- таҳқиқи зоҳиршавии эффектҳои кутбишӣ дар дохили қатраи нематик дар таҳти таъсири омилҳои механикӣ, рӯшноӣ ва электрӣ;
- шарҳи илмии тағйиротҳои мушоҳидавӣ дар ҷузъҳои оддӣ ва ғайриоддӣи афканишоти рӯшноӣ;
- ошкор намудани хусусияти спектралӣ ва кутбишии паҳншавии афканишоти оптикӣ дар пардаҳои КМПД, ки ба сифати ҷузъҳои сохтори маводҳои анизотропии ҳассосияти оптикишон баланд хизмат мекунанд;
- пешниҳоди истифодабарии имконпазири пардаҳои таркибии тадқиқшуда ба сифати кутбишгари рӯшноӣ бо тавсифҳои беҳтар гардонидашудаи оптикӣ.

Усулҳои таҳқиқот қутбишию оптикӣ барои тадқиқи табдилоти мутақобилаи конфигурасионии сохторҳои молекулавӣ дар майдонҳои қуввагии механикӣ, рӯшноӣ ва электрӣ; усули спектроскопияи молекулавӣ барои омӯзиши тавсифҳои оптикӣ, электрооптикӣ ва рӯшноигии пардаҳои ДПЖК барои ҳосил кардани қутбишгари мукамал кардашуда.

Соҳаи таҳқиқот: оmodасозӣ ва истеҳсоли элементҳои идоракунии рӯшноӣ барои оптоэлектроника ва фотоника бо мақсади беҳтар гардонидани параметрҳои оптикӣ ва сифати афканишоти қутбнокшуда.

Этимоднокии натиҷаҳои рисола. Дарачаи этимоднокии натиҷаҳои омӯзиш бо истифодаи усулҳои замонавии таҳқиқот, ба монанди: усули микроскопияи қутбишию оптикӣ (УҚО), спектроскопияи молекулавӣ, усули электрооптикӣ ва механикӣ таъмин карда мешавад. Ин усулҳо аз ҷониби ҷамъияти илмӣ ҷаҳонӣ эътироф гардида, таҳассусмандии баланд ва коркарди ҷиддиро ҳангоми татбиқ дар масъалаҳои мушаххаси ба самти кристалли моеъ, оптоэлектроника, фотоника ва нанокмпозитҳо мансубият доштара тақозо мекунанд. Натиҷаҳои ба даст омада бо саҳеҳии баланд бо натиҷаҳои мавҷудаи илмӣ мувофиқат намуда, имконият медиҳанд, ки ҳодисаҳои таҷрибавии ба талаботи муосири ҷаҳонӣ ҷавобгӯ бударо пешгӯӣ намоем.

Мутобиқати рисола ба шиносномаи ихтисоси илмӣ. Нуқтаҳои асосии рисолаи мазкур, ки ба шиносномаи ихтисоси “01.04.07 – Физикаи ҳолатҳои конденсӣ” мутобиқат мекунанд, инҳоянд:

1. Бо роҳҳои назариявӣ ва таҷрибавии омӯзиши табиати физикии хусусиятҳои пайвастаҳои органикӣ ва ғайриорганикӣ, диэлектрикҳо, системаҳои органикӣ ва ғайриорганикии бетартиб, аз ҷумла моеъҳои классикӣ ва квантӣ, шишаҳо ва системаи дисперсии табиати гуногундошта, вобаста аз таркиби кимиёӣ, изотопӣ, температура ва фишори онҳо:

2. Усулҳои оптикии нақл ва коркарди маълумот, асосҳои физикии ҳисоббарории квантӣ. Паҳнкунӣ ва фурубурди рӯшноӣ аз ҷониби атомҳо ва молекулаҳои ҷудоғона ва ба ҳам таъсиркунанда, равандҳои динамикӣ ҳангоми ҳамтаъсироти рӯшноӣ бо модда, раванди ҷудошавии энергия аз тарафи модда таҳти таъсири рӯшноӣ. Идоракунии ҳаракати рӯшноӣ ва ҳолати квантии атомҳо.

3. Коркарди сохти моделҳои диаграммаи фазавии ҳолат ва пешгӯии тағйироти хусусиятҳои физикии моддаҳои конденсатсияшуда вобаста ба таъсири омилҳои беруна ба онҳо.

Арзиши илмӣ ва навгонӣ. Дар раванди ҳалли масъалаҳои гузошташуда, натиҷаҳои нави зерин гирифта шуданд:

1. Табдилоти конфигурационии нуқсҳои нуқтагӣ дар қатраҳои нематик дар таҳти таъсири майдони электрикӣ ошкор ва таҳқиқ карда шуданд, ки ба дигаргуншавии мавқеи концентратсияи моеъкристалли нематик дар таркиби матритсаи полимерӣ мансубанд.

2. Сохторҳои нави самтгирӣ дар қатраҳои кристалли моеъ муқаррар карда шуданд, ки дар натиҷаи таъсири майдонҳои электрӣ, механикӣ ва рӯшноӣ ташаккул ёфтаанд ва наворҳои текстурии хоси онҳо аз нуқтаи назари илмӣ шарҳ дода шуданд.

3. Муқаррар карда шуд, ки қатраҳои нематик сохтори тамоюлӣ дошта, бо ду будҷум ва як нуқси ҳалқагии сатҳӣ тавсиф меёбанд. Чунин сохторҳои самтнок танҳо ҳангоми бандиши якҷинсаи моил ташаккул меёбанд. Сохторҳои мазкур пештар фақат дар дохили қатраҳои кристалли моеъ, ки дар фазаи хусусиашон диспергирониди шудаанд ва бо маводи сатҳии фаъоли гомеотропӣ легиронида шудаанд, мушоҳида шуда буданд.

4. Шартҳои худудии татбиқи ташаккули қатраи нематик бо тақсимои якҷинсаи директор дар ҳаҷми қатра барои ҳосилкунии анизотропияи максималии рӯшноигузаронии пардаҳои КМПД-и яксамта деформатсияшуда муқаррар карда шуданд.

5. Бори нахуст эффеќти камшавии дараҷаи қутбиши рӯшноӣ дар қутбишгари КМПД барои қиматҳои калони деформатсияи яксамтаи нисбӣ муқаррар гардид, ки ба ҳодисаи муттаҳидшавии қатраҳои андозаҳояшон хурд ва пайдошавии қатраҳои нисбатан калонҳаҷми КМ дар матритсаи полимерӣ алоқаманд аст.

Аҳамияти илмию назариявии таҳқиқот бо он муайян мешавад, ки зинаи дастрасгардидаи тасаввурот ва маънидоди механизмҳои физикии муносиб, имконияти пешравиро дар ҳалли муаммои самаранокии идоракунии хусусиятҳои спектралӣ ва қутбиши рӯшноӣ дар сохторҳои полимер-кристалли моеъ фароҳам меоварад. Раванди технологияи ҳосилкунии микроқутбишгар дар заминаи пардаҳои КМПД ва хосиятҳои спектралӣ онҳо, ки аз ҳисоби маводҳои ғайрихаттӣ ва анизотропӣ оптимизиронида шудааст, пешниҳод гардид. Амсилаи мушаххаси физикӣ сохта шуд, ки қобилияти пешгӯӣ намудани хусусиятҳои спектралӣ ва қутбнокшавии конфигурасияҳои гуногуни моеъкристалли нематикиро дорад. Усули нодири сохтани қутбишгар дар заминаи полимер ва кристалли моеъ пешниҳод гардид, ки имконияти пешгӯӣ намудани табиати паҳншавии афканишоти оптикиро дар пардаҳои КМПД барои конфигурасияи мушаххас, бо назардошти феноменологияи хоси хатогихҳои технологӣ, имконпазир мегардонад. Қутбишгари андозааш тартиби микрометр ва ба

афканишоти пуриқтидор тобовар пешниҳод карда шуд, ки имконияти идоракунии паҳншавии афканиши оптикӣ кутбнокшударо тибқи механизми шадибияти электрӣ ва ё ёзишдиҳии механикӣ фароҳам месозад.

Аҳамияти амалии таҳқиқот:

1. Маводи нави таркибӣ дар заминаи пардаҳои полимерӣ ва кристалли моеи нематикӣ навъи 5 СБ бо тавсифҳои назарраси морфологӣ коркард ва истеҳсол гардид.

2. Муқаррар карда шуд, ки пардаҳои КМНПД бо шартҳои ҳудудии моил чунин сохторе доранд, ки дар худ аломатҳои конфигуратсияи дуқутбӣ (биполярий) ва аксиалиро муттаҳид месозад. Чунин хусусият имконияти истифодабарии онҳоро дар истеҳсоли таҷҳизоти электрооптикӣ бо эффекти хотира ва шиддати пасти идоракунидошта фароҳам меоварад.

3. Натиҷаҳои рисолаи мазкур барои истифода дар соҳаи сохтани элементҳои нави оптоэлектронӣ ва таҷҳизоти индикаторӣ тавсия мешаванд.

4. Натиҷаҳои нави илмӣ ҳангоми таҳқиқи маводҳои таркибии полимеру кристалли моеъ гирифташуда, бо назардошти хусусияти морфологии онҳо дар раванди омӯзиши курсҳои махсуси «Физикаи полимерҳо», «Лазерҳо ва технологияи лазерӣ», инчунин «Маводҳои композитсионӣ» истифода бурдан мумкин аст.

Нуктаҳои асосии ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

1. Дар қатраҳои нематикӣ бо сурфактанти ионӣ ҷавҳаронидашуда сохтори самтгирӣ хос аст, ки дар худ аломатҳои конфигуратсияи ҳам биполярий ва ҳам аксиалиро муттаҳид сохтааст. Чунин ҳолат имкониятҳои фарохро барои истифодаи ин маводҳо дар истеҳсоли таҷҳизоти электрооптикӣ бо эффекти хотира бо истеъмолкунии шиддатҳои пасти идоракунии мусоид месозад.

2. Табиати ҳудудӣ доштани раванди дигаргуншавии сохтори самтгирии пардаҳои КМНПД ҳангоми деформатсияи ёзиши яктира.

3. Зоҳиршавии эффекти кутбнокшавӣ дар дохили қатраи нематик дар таҳти таъсири майдонҳои механикӣ, рӯшноӣ ва электрӣ.

4. Хусусияти тайфӣ ва кутбнокшавии паҳншавии афканишоти оптикӣ дар пардаҳои КМНПД, ки дар таркибашон элементҳои анизотропии ҳассосияти оптикиаш калон дорад.

5. Имконияти татбиқи маводҳои таркибӣ ба сифати гардишдиҳандаи пасиви ҳамвории кутбиш, ки бузургияш аз ҳисоби тағйирёбии консентратсияи сурфактант ва ғафсии қабати ячейка вобаста аст.

6. Истифодабарии пардаҳои композитии ташаккулдодашуда бо тамоми риояи саҳеҳияти раванди технологӣ ба сифати кутбишгарҳо барои модулятсия намудани интенсивнокии ғавқулиқтидори афканиши рӯшноӣ.

Тасвиб ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия. Натиҷаҳои асосии кор ва таҳқиқотро муаллиф дар конференсияҳои зерин маъруза ва муҳокима кардааст: Конференсияи байналмилалӣ илмӣ «Актуальные проблемы прочности» АПП-2020. Витебск, Беларусь, 25-29 май с. 2020; Мактаб-конференсияи кушоди давлатҳои муштарак-манофъ (ДММ) «Ультрамелкозернистые и наноструктурные материалы-2020» (УМЗНМ-2020) 05-09 октябри с. 2020, ш. Уфа; Конференсияи байналмилалӣ VII-уми «Муаммоҳои мубрами физика». 9-10 октябри с. 2020, Душанбе, Институти физикаю техникаи ба номи С. Умарови АМИТ. Душанбе, 2020; Конференсияи байналмилалӣ XI-уми илмӣ «Кинетика и механизм кристаллизации. Кристаллизация и материалы нового поколения» 20-24 сентябри с. 2021, Иваново, Россия; Симпозиуми байналмилалӣ «Перспективные материалы и технологии», Минск, 23-27 августи с. 2021; Мактаби байналмилалӣ X-уми «Физическое материаловедение» ва Конференсияи байналмилалӣ LXIII-уми «Актуальные проблемы прочности» (АПП-2021), бахшида ба 70-солагии Донишгоҳи давлатии Толятти, 13-17 сентябри с. 2021; Конференсияи байналмилалӣ IX-уми «Кристаллофизика и деформационное поведение перспективных материалов», бахшида ба 100-солагии рӯзи таваллуди академик Б.К. Вайнштейн. Москва, МИСиС, 22-26 ноябри с. 2021; Конференсияи байналмилалӣ LXIV-уми «Актуальные проблемы прочности» 4-8 апрели с. 2022, Екатеринбург, Россия; Конференсияи IV байналмилалӣ илмӣ-амалии «Наука и Технологии» 15-16 май соли 2022. Алмато, Казоқистон; Конференсияи байналмилалӣ «Роль физики в развитии науки, просвещения и инновации» бахшида ба «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илм ва таълим (2020-2040)» ва 80-солагии хотираи профессор Бобоев Т. Б. – ДМТ, Душанбе, 27 октябри с. 2022; Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ «Развитие и достижения физической науки в годы независимости», бахшида ба 32 солагии Истиқлолияти давлатии ҶТ, ИФТ ба номи С. Умаров, 25-26 августи с. 2023, Душанбе; Конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалии «Масъалаҳои муосири физика ва химияи полимерҳо», бахшида ба 75-солагии ташкилҳои ДМТ ва «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илм ва таълим (2020-2040)», ДМТ, 10 октябри с. 2023, Душанбе; Конференсияи байналмилалӣ илмӣ «Масъалаҳои муосири физикаи ҳолати конденсӣ», бахшида ба 75-солагии ташкилҳои ДМТ, эълон шудани соли 2025 Соли химояи пирияхҳо ва 80-солагии рӯзи таваллуди узви вобастаи АМИТ, д.и. ф.-м., профессор Туйчиев Ш.Т. ДМТ, 24-25 октябри с. 2023, Душанбе.

Саҳми муаллиф дар тамоми марҳалаҳои кор - гузориши масъалаҳо, гузаронидани таҷрибаҳо, таҳлили натиҷаҳои таҳқиқот ва шарҳи натиҷаҳои мушаххас ва умумии кор ҳалкунанда мебошад.

Наирияхо. Маводҳои рисолаи диссертатсионӣ дар 26 нашрияхои илмӣ ба таърифи расидаанд, ки аз ин миқдор - 8 мақолаҳои илмӣ дар маҷаллаҳои рӯйхати КОА ҚТ, 18 фишурдаи маърузаҳои илмӣ дар маводҳои конференсияҳои илмӣ амалии байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ ташкилмедихад.

Сохтор ва ҳаҷми рисола. Рисола аз муқаддима, чор боб, хулосаҳо, рӯйхати адабиёти истифода шуда ва замимаҳо иборат аст. Рисола дар 137 саҳифаи ҷопии компютерӣ навишта шуда, 43 расм, 6 ҷадвал ва 181 адад рӯйхати адабиёти истифодашударо дар бар мегирад.

Калимаҳои калидӣ: кристалли моеъ, қатра, нематик, полимер, деформатсияи нисбӣ, майдони электрикӣ, шадидият, нукси канорӣ, ҳудуди тақсимот, микроскоп, конфигуратсия, кутбишгар, таҳлилгар, тайф, парда.

МУНДАРИҶАИ КОР

Дар муқаддима гузориши масъала асоснок карда шуда, мақсад ва вазифаҳои тадқиқот оварда шудааст; хулосаҳои пешниҳодшуда ва маънидоди илмӣ онҳо номбар шудааст; натиҷаҳои нави гирифташуда, навгониҳои илмӣ ва аҳамияти амалии онҳо нишон дода шудааст; нуктаҳои асосии ба ҳимоя пешниҳодшаванда қайд карда шудааст.

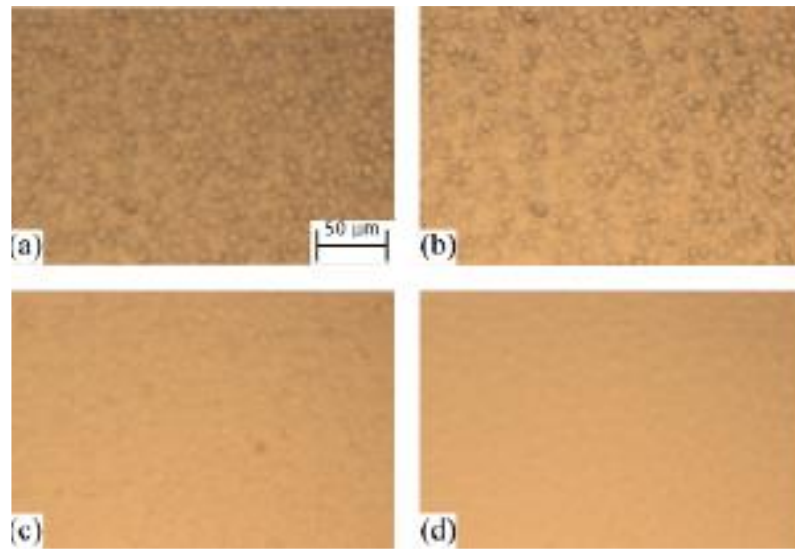
Дар боби якум таснифоти кристаллҳои моеъ, сохтори онҳо, хусусиятҳои тавсифии онҳо, инчунин аломатҳои фарқкунандаи онҳо дар алоқамандӣ бо таъсири майдонҳои беруна оварда шудааст. Усулҳои ташаккули ба сохтани кутбишгарҳо дар заминаи маводҳои полимерӣ, доираи татбиқи онҳо, принсипи кор дар речаи интиқол, инъикос ва комбинатсияи онҳо баён шудааст. Усулҳои татбиқи кутбишгарҳо дар заминаи полимерҳо дар соҳаи ультрабунафш ва намоёни тайфҳо баён гардидааст. Таъсири нанозарраҳои нуқра ба хосиятҳои кутбноккунии пардаҳои спирти поливинилӣ (СПВ) бо татбиқи онҳо дар спектроскопияи пароканиши комбинатсионии рӯшноӣ (СПК), технологияи намоёншавии радиолокатионӣ ва технологияи созмони элементҳои термофотоэлектрикӣ нишон дода шудааст. Дар заминаи таҳлили адабиётҳои тафсири мақсад ва масъалаҳои асосии тадқиқот баён гардидааст, ки дар он норасогиҳои поляроидҳои амалкунандаи пардагӣ ва афзалиятҳои кутбишгарҳо дар заминаи КМПД муфассал шарҳ дода шудааст.

Дар боби дуюм маълумоти мушаххас оид ба объекти тадқиқот ва усулҳои омодаسازی намунаҳо бо параметрҳои физикию кимиёӣ ва

тавсифии онҳо оварда шудааст. Номгӯи пластификаторҳо ва маводҳои сатҳии фаъол (МСФ) ба сифати пурқунандаи матритсаи полимерӣ ва кристалли моеи нематик (КМН) номбар шудааст. Интихоби полимерҳо ба сифати матритса асоснок гардидааст. Принципи кори таҷҳизоти таҷрибавии аз ҷониби муаллиф коркардшуда барои тадқиқи реаксияи оптикӣ пардаҳои КМПД дар майдони механикӣ шарҳ дода шудааст. Усули тадқиқи текстураҳои оптикӣ қатраҳои 5 СБ дар майдони электрикӣ асоснок гардидааст. Андозаҳои стандартӣ, шакл ва шартҳои ташаккулёбии қатраҳои нематик барои тадқиқи минбаъдаи морфологӣ онҳо нишон дода шудааст.

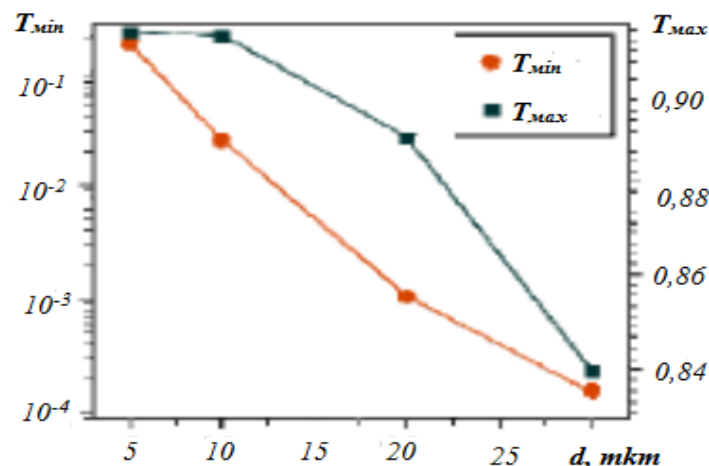
Боби сеюм ба механизми ташаккулёбии қатраҳои биполярӣ нематик дар майдони электрикӣ бахшида шудааст. Пардаҳои истифодакардаи мо аз қатраҳои кристалли моеи 4-н-пентил-4'-сианобифенил, 5СБ, ки дар матритсаи полимерии ПВС капсулиронидида шудааст, иборат буд. Хосиятҳои оптикӣ чунин маводҳо аз конфигуратсияи ибтидоии директор дар дохили қатраи нематик вобаста аст. Он имкон медиҳад, ки бо таъсири омилҳои беруна равшанигузаронии тамоми парда идора карда шавад. Одатан, дар ҳолати ибтидоӣ градиенти нишондодӣ шикаст байни матритсаи полимерӣ n_p ва нишондодӣ ғайриоддӣ шикасти КМ n_o боиси пароканиши интенсивноки рӯшноии афтанда мегардад. Баъди васлкунии майдони электрикӣ ба ҳамвории парда перпендикуляр равонашуда, директории КМ қад-қадӣ майдон самтнок гардида, ҳуди парда шаффоф мегардад ва шартҳои баробарии ин ду қимати нишондодҳои шикаст иҷро мешавад $n_p = n_o$. Дар таҳти таъсири майдони электрикӣ ба пардаҳои КМПД, директор (самти афзалиятноки мурағабшавии молекулаҳо) ба сарҳади байнифазаӣ перпендикуляр равона шуда, шартҳои ҳудудии гомеотропиро қаноат мекунонад; ҳангоми параллел равона шудан бошад, он шартҳои ҳудудии тангенсалиро қаноат мегардонад.

Маълум аст, ки дар пардаҳои КМПД конфигуратсияи аксиал-биполярӣ директор фароҳам меояд. Қатраҳои чунин конфигуратсиядошта дар таҳти таъсири майдони электрикӣ ҳаракат мекунанд, ки бо меҳвари симметрӣ қад-қадӣ майдони гузошташуда самтнок шавад, ва ҳуди раванди аз нав самтнокшавии меҳвари симметрӣ хислати ҳудудӣ дорад. Бо мақсади муайян кардани ҳудуди мазкур, чоришавии имконпазири раванди аз нав самтнокшавии директор дар қатраҳои 5СБ дар майдони электрикӣ тадқиқ карда шуд. Дар расми 1 акси қитъаи намунаи пардаи КМПД 5СБ бо андозаи миёнаи 7,2 мкм нишон дода шудааст. Дар ҳолати ибтидоӣ меҳвари биполярӣ қатраҳо дар тамоми ҳаҷми парда бетартибона ҷойгир шуда, боиси пароканиши фаъоли рӯшноии афтанда мегардад (расми 1, а).



**Расми 1. Акси пардаҳои КМПД дар майдони электрикӣ:
U=0 (a), 5 (b), 7 (c), 10 В (d).**

Азбаски намунаҳо бо рӯшноии кутбишнашуда тадқиқ шудаанд, қисмҳои ҷудоғонаи қатра рӯшноиро гуногун пароканда мекунад. Пас, эффеќти мазкур бо самтноќшавии гуногуни меҳвари симметрии сохтори қатраҳо нисбат ба нормали ба ҳамвории парда фаровардашуда (яъне, самти мушоҳида) алоќаманд аст.



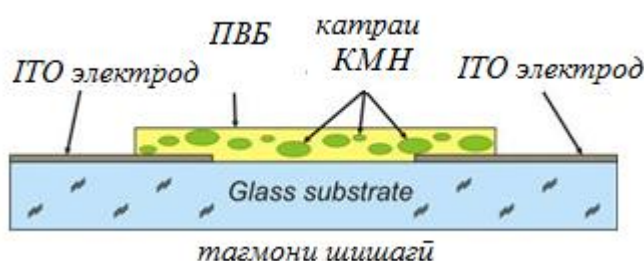
Расми 2. Вобастагии қиматҳои минималӣ (T_{\min}) ва максималии (T_{\max}) равшанигузаронӣ аз ғафсии пардаҳо.

Дар расми 2 вобастагии равшанигузаронии минималӣ T_{\min} ва максималии T_{\max} намунаҳо аз ғафсии онҳо тасвир карда шудааст. Майлқунии вобастагии $T(d)$ аз муодилаи $T = \exp(-N\sigma d)$ намунаҳои ғафс бо ҳиссаи назарраси пароканиши бисёрқаратаи рӯшноӣ аз қатраҳои кристалли моеъ шарҳ дода мешавад. Барои вобастагии $\log(T_{\max})$ майлқунии баръакси босуръати T_{\max} бо афзуншавии ғафсии парда мушоҳида мегардад, ки бо сохтори мураккаби самтноќшавии молекулаҳо дар дохили қатра, ки

афканиши рӯшноиро пароканда мекунад, алоқаманд аст. Пароканиши мазкур дар ҳолати ибтидоӣ назаррас нест, чунки пароканиш аз ҳисоби градиенти нишондоди шикаст байни матритсаи полимерӣ ва кристалли моеъ афзалият дорад.

Дар пардаҳои КМПД самтнокшавии натиҷавии директор дар сарҳади тақсимот аз андозаҳои қатра, дарозии занҷири паҳлуии алкилии макромолекулаи полимер, ҳарорат, миқдори маводи сатҳии фаъол дар матритсаи полимерӣ ва ё кристалли моеъ вобаста аст. Ба ин ҳолат таҳқиқи пардаҳои полимери ПВБ ва 5СБ (расми 3) мусоидат мекунад.

Сохти чашмаки КМПД имконият медиҳад, ки дигаргуншавии текстураи оптикиро дар таҳти таъсири майдони электрикии қад-қади ҳамвории парда (параллел) гузошта шуда низ мушоҳида карда шавад.

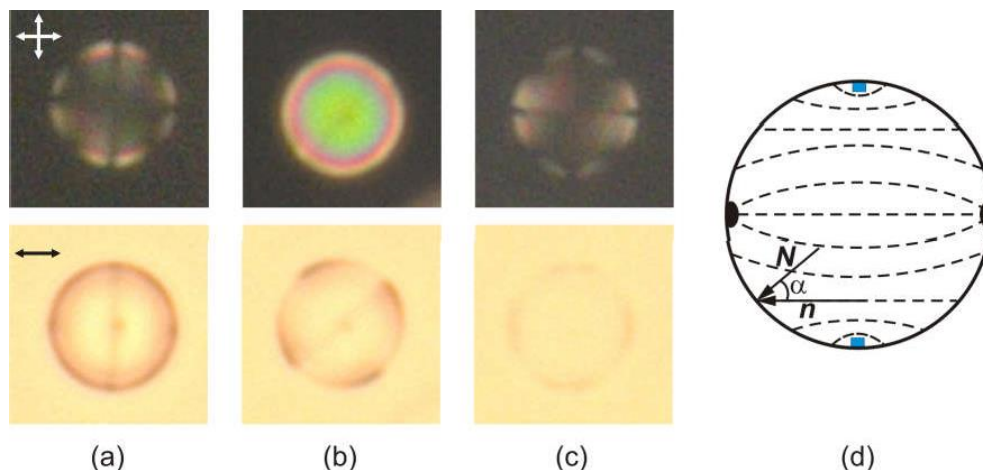


Расми 3. Тарҳи электрооптикий чашмаки КМПД дар майдони электрикий қад-қади таҳлавҳа гузошташуда.

Дар расми 4 текстураи оптикий катраи нематик (расми 4 (a)) таҳти кунҷи гардиши намуна нисбат ба қутбишгар нишон дода шудааст. Дар ҳолати хомӯш кардани таҳлилгар махсусияти топологӣ, ки сфераи қатраро ба чор камони баробар тақсим мекунад, мушоҳида мегардад (расми 4a, қатори поён). Тарҳи ба сохтори тамоюлӣ бахшидашуда бо ду будҷум (нуқси канорӣ, ки бо нимкураҳои сиёҳ ишора шудааст) ва сатҳи ҳалқагӣ (буриши арзии бо квадратчаҳо ишорашуда), дар тарафи рости расми 4 бо симболи (d) ишора шудааст. Меҳвари дуқутба (биполярий) ба монанди дар расми 4(a) тасвиршуда, ба таври уфуқӣ самтнок гардидааст. Сохтори оптикий дар расми 4(a), тасвиршуда айнан ба навори дар ҳолати бе таҳлилгар ҳосил шуда монанд аст (расми 4 (c)). Пас, сабаби гум шудани саҳеҳии сарҳади қатраҳо - ин ҳолати хомӯшкунӣ таҳлилгар аст.

Дар муқоисаи хатҳои хомӯшкунӣ (расми 4, қатори боло), бо назардошти самтнокшавии афзалиятноки директор дар сарҳади қатра (расми 4, қатори поён), кунҷи моилии (α) байни директор n ва нормали N ба сатҳ равонашударо муайян кардан мумкин аст (расми 4(d)). Директор метавонад ба қутбиши дилхоҳи амудӣ ё уфуқии соҳаи хомӯшкунӣ, ки дар қисми поёнии тарафи чап истодааст, мувозӣ монад (расми 4(a), қатори

боло). Лекин, мушохидаҳои қатраи бе таҳлилгар нишон доданд, ки директор бештар уфуқӣ самтнок мегардад (расми 4 (d)). Кунче, ки дар нуқтаҳои гуногуни сарҳади тақсимот муайян карда мешавад, ба истисноии канорҳои объект, қимати $\alpha = 40^\circ \pm 4^\circ$ -ро дорад.

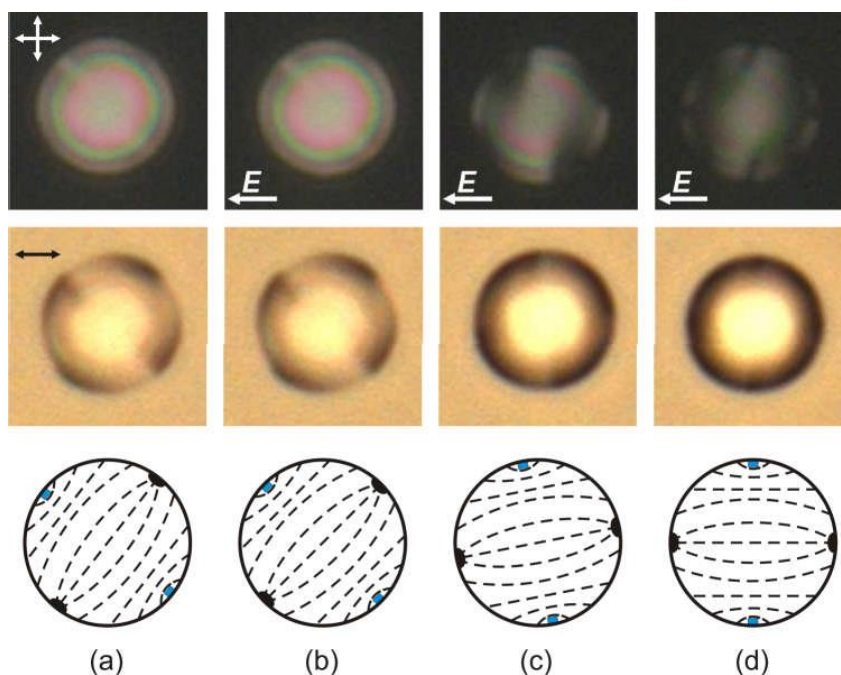


Расми 4. Тасвири микроскопии қатра дар майдони қутбишҳои арзӣ (қатори боло) ва бе таҳлилгар (қатори поён). Хатҳое, ки нуқсҳои диаметрали муқобили якдигар истодаро мепайванданд, ба қутбиш параллеланд (a); намуна нисбат ба қутбиш ба самти акрабаки соат тахти кунчи 45° (b) ва 90° (c) гардиш хӯрдааст.

Дигаргуншавии конфигурацсияи директорро тахти таъсири майдони электрикӣ, ки қад-қади ҳамвории парда гузошта шудааст, низ мушохида кардан мумкин аст. Умумият барои ҳамаи қатраҳо дар он аст, ки онҳо қад-қади меҳвари биполярӣ аз нав самтнок гардидаанд. Барои пардаҳои КМПД тадқиқкардаи мо одатан шиддати идоракунии начандон калон, ки амалан майдони худудӣ надорад, хос аст. Чунин тағйирот дар расми 5 тасвир карда шудааст. Тавре, ки дида мешавад, меҳвари биполярии қатраҳо пурра қад-қади майдони электрикии шиддаташ 90 В самтнок гардида, ҳамвории нуқсҳои ҳалқагӣ бошад, ба ин майдон перпендикуляр самт мегирад. Дар расми зикршуда қатори боло – тасвири сохтор дар майдони қутбишҳои арзӣ; қатори мобайн - тасвири сохтори қатраҳо бе таҳлилгар; ва қатори поён – нақшаи мувофиқаткунандаи ин қатраҳо аст. Барои тамоми текстураҳои тадқиқшуда, андозаи қатраҳо 9 мкм, масофаи байни электродҳо бошад, 410 мкм аст.

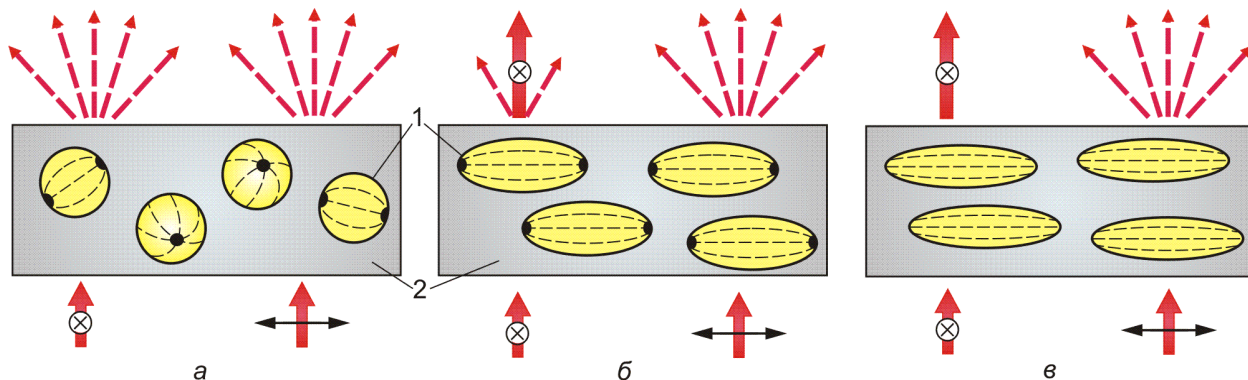
Дар боби чорум хусусиятҳои сохторӣ ва оптикии пардаҳои якмеҳвара самтгирифтаи КМПД муфассал баён гардидааст. Анизотропияи гузаронандагии рӯшноии пардаҳои полимерии қатраҳои микроскопии КМН 5СБ барои ҳосил кардани қутбишгар дар заминаи онҳо тадқиқ карда шудааст. Чунин қутбишгар пардаи полимерии аз маҷмӯи қатраҳои

ёзондашудаи эллипсоидии моеъкристаллҳои нематикӣ иборат аст, ки дарозии меҳварашон бештар ба самти тири ёзиш тамоюл дорад (расми 6).



Расми 5. Тасвири микроскопии қатраи кристалли моеъ дар ҳолати ибтидоӣ (a), дар майдони электрикии шиддаташ 20 (b), 50 (c), 90 В (d), ки баъди 1 дақиқаи гузоштани майдон гирифта шудааст.

Дар натиҷаи ёзиши яктираи пардаи композитӣ қатраҳои нематик шакли эллипсоидаи дарозии меҳвараш ба самти деформатсия параллелро соҳиб мешаванд. Сохтори самтгирфтаи онҳо ба таври назаррас дигаргун намешавад, лекин меҳварҳои биполярӣ бо дарозии тири эллипсоидаҳо ҳамчоя мешаванд (расми 6, б). Ҳангоми истифодаи чунин пардаҳо ба сифати қутбишгарҳо одатан чунин кристаллҳои моеъ ва полимерҳо интихоб мекунанд, ки шартҳои баробарии нишондодҳои шикасти онҳо иҷро шавад: $n_e = n_{\perp}$.



Расми 6. Интиқоли афканиши ҳамвор қутбишшуда аз пардаи КМПД бо ҳодатҳои гуногуни самтноқшавии қатраи нематик (1) дар матритсаи полимерӣ (2).

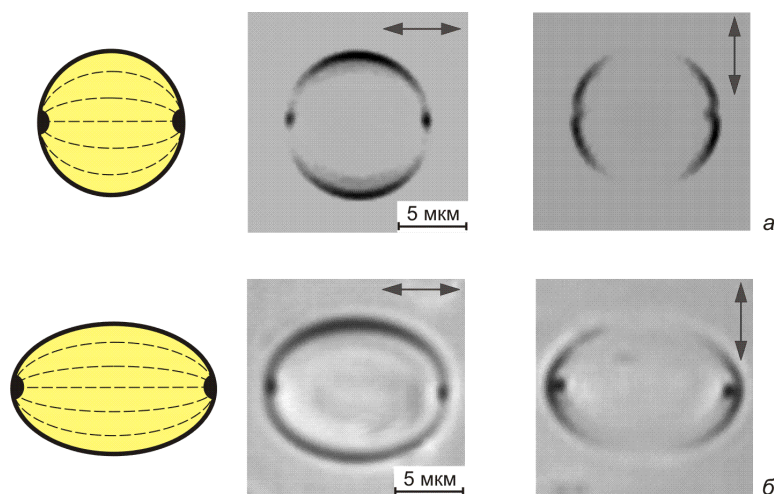
Вале пардаҳои ёзишдодашудаи КМПД бо маҷмӯи қатраҳои биполярӣ яксамта норасогии назаррас доранд, ки аз ҳисоби пароканиши паразитии компонентаи перпендикулярӣ қутбишшудаи рӯшноӣ дар соҳаи нуқсҳои паҳлуӣ қатра пайдо мешавад (расми 6, б, чап). Ин ҳолат шаффофияти пардаро кам карда, самаранокии қутбноқшавии рӯшноиро паст мекунад. Норасогии мазкурро бартараф кардан мумкин аст, агар маҷмӯи қатраҳои кристалли моеи яксамтаро бо сохтори тамоюлии бенуқс ташақкул диҳем. Вале дар ин ҳолат шартҳои худудӣ якҷинса шуда наметавонанд (раси 6, в).

Дар расми 7 микроакси навори тақсимои фазогии рӯшноии парокандашуда, ки барои пардаҳои КМПД хос аст, нишон дода шудааст. Тавре мебинем, дар намунаҳои сурфактантнадошта, маҷмӯи қатраҳои биполярӣ ду нуқси нуқтагидошта, ки ба таври диаметралӣ дар сатҳи қанории сарҳад ҷой гирифтаанд, ташақкул меёбанд (расми 7, а).

Қатраҳо шакли сферӣ нисбат ба ҳамвории парда қатраи фишурда шуда, таносуби меҳварашон 0,7 аст. Чунин анизометрия кифоя аст, ки меҳвари биполярӣ ҳамаи қатраҳо дар ҳамвории парда ҳобида, ҳамзамон, онҳо дар самти ҳамвории азимуталӣ ҳаотикӣ монанд. Ҳангоми муоинаи микроскопии бе таҳлилгари ин қатраҳо, дар ҳолати якхела будани самти тири қутбиш бо самти меҳвари биполярӣ қатраҳо, соҳаи экваторӣ (сарҳадҳои болоӣ ва поёнӣ дар расми 7, а, дар марказ), ва инчунин, ду нуқси топологӣ (доғҳои сиёҳ аз тарафи рост ва чапи сатҳи қатра) саҳеҳ намоён мешаванд. Ин ҳолат бо пароканиши рӯшноӣ дар ҷойҳои градиенти қалони нишондоди шикастдошта дар худуди байни фазаҳо, ва ҳам, ба қуллӣ лағжидани майдони директор дар атрофи нуқсҳо шарҳ дода мешавад. Дар ҳолати ортогоналӣ ҷойгиршавии қутбишгар ва меҳвари биполярӣ (расми 7, а, аз тарафи рост), ҳолати баръакс мушоҳида мегардад: яъне қитъаҳои экваторӣ аз сабаби баробар шудани нишондодҳои шикасти кристалли моеъ ва полимер, амалан намоён гардида, дар баробари ин, сарҳади байни қатраҳо дар наздикии қутбҳо равшан намоён мешавад. Дар расми 7, б конфигуратсияи директор ва наворҳои текстурии барои қатраҳои биполярӣ нематик ҳосбуда, бо бандиши сатҳии тангенсӣ, ки дар натиҷаи кашиши яксамтаи парда шакли эллипсоидаи фишурдашударо мегирад, нишон дода шудааст. Дидан мумкин аст, ки ҳангоми параллел будани мавқеи қутбишгар ва меҳвари биполярӣ (расми 7, акси мобайнӣ), қитъаи сарҳади байнифазагӣ бо пароканиши қалони рӯшноӣ афзун гардида, амалан, тамоми сатҳи қатраро, ба истиснои мавқеи назди нуқсҳои паҳлӯӣ, фаро мегирад.

Айнан ҳамин мавзӯҳо боиси пароканиши паразитии рӯшноӣ ҳангоми ба таври ортогоналӣ ҷойгир шудани самти қутбиш нисбат ба меҳвари биполярӣ мешаванд (расми 7, б, тарафи рост). Тадқиқи таъсири сурфактанти

иловашуда ба шартҳои ҳудудӣ дар қатраҳои деформатсиянашудаи ЖК 5СБ ва сохтори тамоюлии онҳо нишон доданд, ки барои концентратсияҳои хурд (масалан, дар ҳолати СТАБ то 0,8% будан), бандиши сатҳии тангенциалӣ ва сохтори биполярӣ ботартиби ба он хоси директор боқӣ мемонанд.

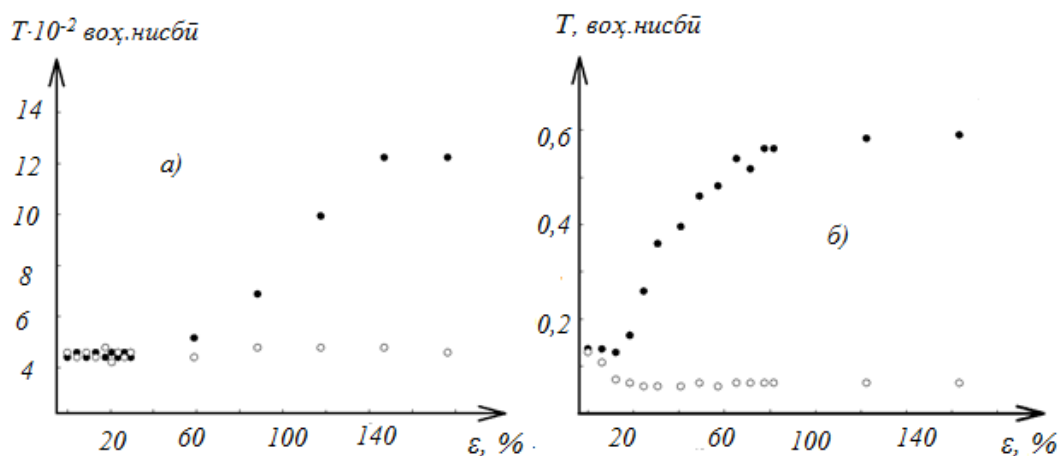


Расми 7. Қатраҳои биполярӣ нематикӣ 5СБ дар шакли кура (а) ва эллипсоидаи фишурдашуда (б) дар пардаи СПВ. Сохтори тамоюлии қатра дар тарафи чап тасвир шудааст.

Агар концентратсияи СТАБ аз 1,2% афзояд, пас самтнокии молекулаҳои кристалли моеъ дар деворҳои полимер гомеотропӣ шуда, дар ҳуди қатра сохтори классикӣ радиалӣ ташаккул меёбад. Дар ҳолати қиматҳои мобайнӣ доштани концентратсияи СТАБ $0,8\% < C < 1,2\%$ дар қатраҳои нематик шартҳои ҳудудии ғайриякҷинса бо ташаккулёбии конфигуратсияи гузаришноки директор амалӣ мегардад.

Барои ду синфи пардаҳои КМПД дар заминаи 5СБ ва СПВ, яке бе сурфактант ва дигаре бо иловакунии СТАБ (концентратсияи 1%), вобастагии анизотропияи равшанигузаронӣ аз коэффисиенти дарозшавии парда гузаронида шуданд. Натиҷаи ин таҳқиқот дар расми 8 оварда шудааст. Аз расм дидан мумкин аст, ки ҳангоми деформатсияҳои хурд (то 40%) дар намунаи бе сурфактант ҳар ду ҷузъи афканиши интиқолшаванда бетағйир мемонанд (расми 8, а). Ин ҳолат бо бандиши саҳти нуқсҳо дар сатҳи қатра шарҳ дода мешавад, ки тавассути бандиши саҳти тангенциалӣ дар ҳолати ҷой надоштани сурфактант фароҳам меояд. Ҳаракати кутбҳо, ки аз нав самтнокшавии меҳварҳои биполярӣ муайян мекунад, аз деформатсияи 40% оғоз гардида, баъди $\epsilon = 140\%$ ба итмом мерасад. Барои ин қимати деформатсия ҷузъи ортогоналии рӯшноии интиқолшаванда ба зинаи сершавӣ баромада, қимати рӯшноигузаронии 0,012-ро соҳиб мегардад. Дар ин ҳолат таносуби ҷузъҳои кутбишӣ ба 3 баробар мешавад.

Сифатан хислати тамоман дигари вобастагии мазкур барои пардаҳои КМПД бо иловаи СТАБ мушоҳида мегардад (расми 8, б). Дар ин ҷо тақсимшавии компонентаҳои қутбишшуда, амалан аз оғози раванди деформатсия падидор мегардад.



Расми 8. Вобастагии коэффисиенти гузаронандагии пардаи КМПД дар заминаи 5СБ-СПВ: композитсияи бе сурфактант (а) ва бо иловаи 1%-аи СТАБ (б) барои афканиши лазерии қутбишшудаи ортогоналӣ (●) ва мувозӣ (○) ба самти деформатсия.

Фарқияти мазкур бо он маънидод карда мешавад, ки бандиши тангенциалӣ дар ин намунаҳо аз ҳисоби илова намудани сурфактант ба таври назаррас суст мегардад, бинобар ин нуқсҳои сохтори самтдор на он қадар қавӣ (тавре ки дар расми 8, а мушоҳида шуда буд), устувор мегарданд. Ҷузъи рӯшноии нисбат ба самти деформатсия ортогоналӣ қутбишшуда, ба зинаи сершавӣ бо қимати 0,58 аллақай ҳангоми 80% шудани коэффисиенти ёзиш мебарояд. Чунин афзуншавии тези равшанигузаронии ҷузъи ортогоналӣ, бо ташаккулёбии маҷмӯи қатраҳои кристалли моеъ бо директори ботартиби якҷинса дар пардаи композитии сурфактанти гомеотропидошта, мантиқан шарҳ дода мешавад.

Барои ба самтгирии гомеотропии нематикҳо ноил гардидан одатан аз сурфактантҳои радикали дарози алкилидошта истифода мебаранд. Дарозии радикали карбоҳидридӣ ба самтгирии нематик, пас ба энергияи сатҳии матритсаи полимерӣ низ таъсир мерасонад. Ҳамзамон, молекулаҳои СТАБ на кам аз ду гурӯҳҳои канорӣ қутбӣ доранд, ки қобиланд дар сатҳи қатра адсорбсия шаванд. Ин тавсифҳо имконият медиҳанд фарзияе пешниҳод намоем, ки молекулаҳои СТАБ ба табодули беҳтари сохтори нематикӣ 5 СБ мусоидат менамоянд (ҷадвал).

Чадвал. Дигаргуншавии параметрҳои пардаи КМПД аз консентратсияи СТАБ

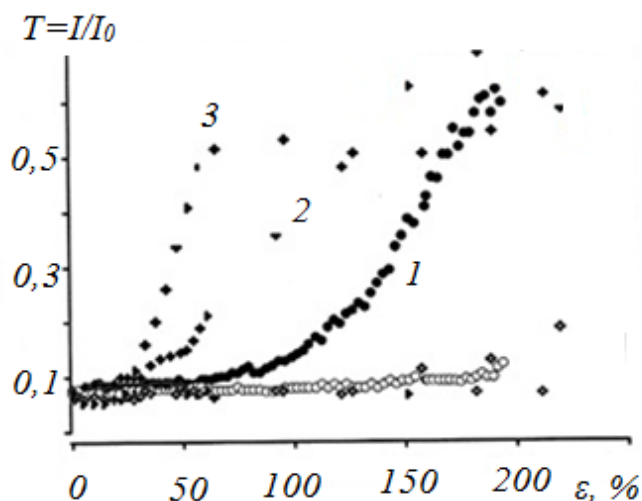
Консентр. СТАБ	Вақти омехтакуни, дақ.	Ғафсии парда, мкм	Қимати $I_{\perp \max}$	$\varepsilon, \%$ барои $I_{\perp \max}$	$\varepsilon, \%$ барои I_{\perp}
0	60	65	0,012362	140	90
0,5	70	60	0,423898	70	30
1	60	60	0,59563	120	25
1,5	60	70	0,372338	120	30
2	50	95	0,351183	80	40
2,5	70	60	0,348175	60	25
3	70	70	0,323818	100	25-30
5	70	65	0,299317	100	45-50
7	70	65	0,139441	135	45

Дар фарқият аз натиҷаҳои пешина, қиматҳои ба сурфактанти 1% мувофиқ, ҳислати тамоман дигари вобастагии рӯшноигузaronиро аз дараҷаи деформатсияи яксамта зоҳир менамоянд. Тавре дида мешавад, гузариш ба савияи устувори рӯшноигузaronии пардаҳои КМПД аз қимати $\varepsilon=80\%$ оғоз мегардад. Дар заминаи пешниҳодҳои болоӣ, ба ҳулоса омадан мумкин аст, ки сабаби камшавии қимати I_{\perp} бо афзуншавии консентратсияи СТАБ дар ҳамчояшавии қатраҳои андозаҳояшон хурд ва ташаккулёбии қатраҳои андозаҳояш калон дар раванди деформатсияи яксамта мебошад. Маҳз ҳамин қатраҳои калон ба пароканиши рӯшноии лазерӣ ва бад шудани рӯшноигузaronии пардаи КМПД мусоидат менамоянд, ки оқибат боиси афтиши қимати I_{\perp} дар максимум мегардад.

Дар расми 9 графикаи вобастагии коэффисиенти равшанигузaronӣ аз дараҷаи деформатсияи нисбии пардаҳои КМПД барои компонентаҳои ортогональ (T_{\perp}) ва параллели (T_{\parallel}) афканишоти лазерии қутбишшуда барои консентратсияҳои гуногун ва вақтҳои гуногуни омехтакунии маҳлул оварда шудааст. Тибқи талабот (ниг. ба боби 2) шартҳои асосии фаъолияти самараноки пардаҳои КМПД - якхела будани нишондодҳои шикасти компонентаҳои шаффоф аст.

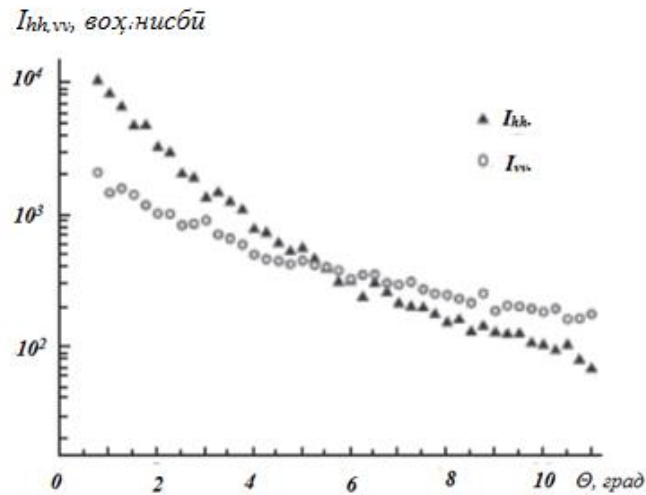
Дар марҳилаи аввалаи ёзиш (то $\varepsilon=50\%$) ҳар як қатра сохтори радиалӣ-доиравии худро маҳфуз медорад. Сипас, афзуншавии минбаъдаи ёзиш боиси табодул аз сохтори радиалӣ-симметрии ба меҳварсимметрии мегардад. Аз

нуқтаи назари топологӣ ин ҳолат аз он шаҳодат медиҳад, ки дар сатҳи қатра ҳалқаи дисклинатсионӣ ташаккул меёбад. Вале, ин гузариш баргарданда аст, зеро ҳангоми қатъ намудани ёзиш сохтори меҳварсимметрӣ худазхуд ба сохтори радиалӣ-симметрӣ бармегардад, чунки дар ҳолати набудани қувваҳои ёзиши беруна, сохтори ниҳой аз ҷиҳати энергетикӣ нисбатан қулай буда, барои 5СБ ба ҳолати мувозинатӣ мувофиқат мекунад. Оғоз аз қимати $\varepsilon=65-75\%$ гузариш аз сохтори меҳварсимметрӣ ба эллипсоидалӣ мушоҳида мегардад. Чунин гузариш ноғузир аст, зеро ба ин ҳолат деформатсияи матритсаи полимерӣ дар речаи ёзиши яксамта мусоидат менамояд.



Расми 9. Вобастагии коэффисиенти интиқоли рӯшноии қутбишшуда бо компонентаи ортогоналӣ (•) ва параллелӣ (o) барои пардаи КМПД бо таносуби консентратсионии: 1:1 (1); 1:20 (2) ва 1:40 (3).

Ин деформатсия сохтори радиалии қатраро перпендикуляр ба самти ёзиш мефишорад ва ба ин васила директорро маҷбур мекунад, ки қад-қади қачии меридианӣ, ки нуқсҳои дар қутб бударо васл мекунад, самт гирад. Ёзиши минбаъда то лаҳзаи кандашавии парда ба фишурдашавии эллипсоида нисбат ба нимтири хурд ва ростшавии қачиҳои меридианӣ дар маркази қатраи нематик меоварад. Микроқутбишгарҳои дар заминаи пардаҳои яксамта деформатсияшудаи КМПД дар муқоиса бо қутбишҳои призмагӣ бартариҳои зерин дорад: пеш аз ҳама, онҳо ихчам буда, бо осонӣ тайёр карда мешаванд, чунки тарзи корашон ба қутбишгарҳои пардагӣ (поляроидҳо) монандӣ дорад; сониян, пардаи КМПД-ро барои қутбнок намудани афканишоти иқтидораш калон истифода бурдан мумкин аст, чунки он як ҷузъи афканишоти рӯшноиро аз худаш гузаронида, ҷузъи дигарро, баръакс, инъикос мекунад. Бо ин роҳ, ин пардаҳо эҳтимолияти ҷоришавии реаксияи деструксияро ҳангоми афканишоти шадид, ё реаксияи таҷзияи ҳароратиро ҳангоми фурубарии компонентаи дуҷуми (нолозим) рӯшноӣ, бартараф месозанд.



Расми 10. Вобастагии интенсивияти (I_h) ва (I_v) рӯшноии кутбнокшуда, ки аз пардаи дар самти амудӣ деформатсияшудаи КМПД пароканда шудааст, аз кунчи пароканиши (θ_s) дар ҳамвории уфуқӣ.

Пардаҳои КМПД афканишоти гузарандаро самаранок дар тамоми соҳаи шаффофи чузъҳои истифодашаванда, аз ҷумла, соҳаи намоён ва инфрасурхи наздики тайфҳо кутбиш мекунанд, ки табиатан соҳаи истифодабарии онро васеъ мегардонад.

Дар расми 10 вобастагии интенсивияти компонентаҳои параллел (I_h) ва перпендикуляр (I_v) афканишоти кутбишуда аз кунчи пароканиш (θ_s) оварда шудааст. Аз натиҷаҳои дар расм овардашуда барои майдони коҳерентии (самтноки) миёна, ифодаҳои зеринро барои чузъҳои амудӣ (v) ва уфуқӣ (h)-и коэффисиенти амплитудавии интиқоли T_a пардаи КМПД, ки ба сатҳаш афканишоти лазерӣ перпендикуляр аст, менависем:

$$T_a^{vv} = t_2 \cos^2 \alpha + t_1 \sin^2 \alpha \quad (1)$$

$$T_a^{vh} = (t_2 - t_1) \sin \alpha \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

Барои муайян кардани коэффисиенти интиқоли коҳерентии (T_c^{np})-и парда хангоми равшанкунӣ бо афканишоти кутбнок нашуда (оддӣ), ифодаҳои (1,2)-ро таҳти кунчи кутбиши θ_s нисбат ба қимати миёна овардан лозим аст. Он гоҳ баробарии зерин ҳосил мешавад:

$$T_c^{np} = \frac{T_{||} + T_{\perp}}{2}, \quad (3)$$

ки дар ин ҷо $T_{||}$ ва T_{\perp} - коэффисиентҳои интиқолии пардаҳо дар кутбишгар ва таҳлилгари байни худ параллел ($\alpha=0$) ва перпендикуляр ($\alpha = \frac{\pi}{2}$). Он гоҳ

дараҷаи кутбиши афканиши аз парда гузаштaro бо муодилаи зерин муайян карда метавонем:

$$P = \frac{T_{\perp} - T_{\parallel}}{T_{\perp} + T_{\parallel}}. \quad (4)$$

Ҳамин тавр, ду чузъи афканиши кутбнокшударo ба сатҳи пардаи КМПД-и яктира деформатсия шуда таҳти кунҷҳои гуногун равона карда, дараҷаи кутбишро тавассути муодилаи (4) ҳисоб кардан мумкин аст.

ХУЛОСАҲО

Натиҷаҳои илмӣ асосии рисола

1. Муқаррар гардид, ки дар пардаҳои КМПД дар заминаи ПВБ ва омехтаи смектикии КМ 5СБ қатраҳои нематик сохтори тамоюлӣ (бо ду будҷум ва нуқси ҳалқагии сатҳӣ) доранд, ки он ҳангоми бандиши якҷинсаи моил ташаккул меёбад [6-М, 11-М, 14-М, 21-М].

2. Нишон дода шуд, ки конфигуратсия бо бандиши моил хусусияти сохторҳои биполярӣ (қисми марказии дукшакли қатраҳо) ва ҳам тирӣ (соҳаҳои канорӣ қатра) дорад. Он фарқияти начандон калони энергияи кристалли моеъро ҳангоми тамоюли гуногуни мехвари биполярӣ нисбат ба ҳамвории парда таъмин менамояд [5-М, 18-М, 24-М].

3. Муқаррар карда шуд, ки пардаҳои КМПД бо шартҳои ҳудудии моил сохтори тамоюлӣ дорад, ки дар худ аломатҳои ҳам конфигуратсияҳои биполярӣ, ва ҳам аксиалиро муттаҳид месозад. Чунин хусусиятҳои имкониятҳои фароҳи истифодабарии ин маводро дар истеҳсоли таҷҳизоти электрооптикӣ бо эффекти хотира ва шиддати пасти идоракунии фароҳам меоварад [5-М, 12-М, 16-М, 20-М].

4. Нишон дода шуд, ки дар концентратсияҳои хурд (то 0,8%), бандиши сатҳии тангенциалӣ ва сохтори биполярии ботартиби ба он хоси директор боқӣ мемонад. Агар концентратсияи СТАБ аз 1,2% афзояд, он гоҳ тамоюли молекулаҳои кристалли моеъ дар деворҳои полимерӣ гомеотропӣ шуда, дар қатра сохтори классикии радиалӣ ташаккул меёбад. Дар концентратсияҳои мобайнии сурфактант $0,8\% < C < 1,2\%$, дар қатраҳои нематик шароитҳои ҳудудии ғайри-якҷинса бо ташаккулёбии конфигуратсияҳои гузарандаи директор ба амал меояд [2-М, 4-М, 13-М].

5. Барои ҳосил кардани анизотропияи максималии имконпазири гузаронан-дагии рӯшноии пардаҳои КМПД-и яксамта деформатсия кардашуда зарур аст, ки қатраҳои нематик бо тақсимои якҷинсаи директор дар ҳаҷми қатра ташаккул дода шаванд. Варианти мазкур танҳо дар ҳолати амалӣ гардидани шартҳои ҳудудии ғайриякҷинса имконпазир мегардад, ки онҳо дар самти меридианӣ аз сохтори тангенциалӣ дар соҳаи экваторӣ то

гомеотропӣ дар наздикии кутбҳои қатраи кристалли моеъ тағир меёбанд [1-М, 7-М, 17-М, 22-М].

6. Исбот карда шуд, ки хислати ғайриоддии вобастагии возеҳӣ аз ғафсии парда ба афзуншавии кутбияти матритсаи полимерӣ ва ташаккулёбии микдори зиёди бандҳои ҳидрогении байни *CN*-гурӯҳҳои кристалли моеи *5CB* ва *COOH*-гурӯҳҳои матритсаи полимерӣ алоқаманд аст, ки онҳо ба самтгирии молекулаҳои нематик қад-қади шадидияти майдони электрикии гузошташуда мамониат мерасонанд. Бо афзуншавии концентратсияи нематик дар таркиби СПВ системаи композитӣ бештар дурушт мешавад ва тақсимои қатраҳои нематик тибқи андозаашон меафзояд [3-М, 19-М].

7. Композитҳои нематикӣ тадқиқшуда метавонанд ба сифати чархишди-ҳандаҳои пассиви ҳамвории кутбишгар истифода бурда шаванд, ки бузургии чархишашон аз ҳисоби тағйирёбии концентратсияи МСФ СТАБ ва ғафсии қабати чашмак иваз мешавад. Барои техникаи лазерӣ чунин алоқамандӣ дар ҳолати ғайриимкон будани тағйирдиҳии ғафсии қабат ва ё имконнопазир будани дигаргуншавии ҳолати кутбишгар муфид аст [21-М, 23-М, 24-М].

ПЕШНИҲОДҲО ОИД БА ТАТБИҚИ АМАЛИИ НАТИҶАҲО

1. Дар мисоли КМПД *5CB* бо шартҳои ҳудудии моил, эффекти самтгирии сохторӣ мушоҳида гардид, ки дар худ аломатҳои умумии конфигуратсияи биполярӣ ва аксиалиро муттаҳид намуда, метавонад барои омода сохтани таҷҳизоти электрооптикӣ бо эффекти хотира ва шиддати пасти идоракунии истифода бурда шавад.

2. Пардаҳои композитии КМПД, ки дар рисола бо риояи тамоми нозуқиҳои раванди технологӣ коркард гардида, барои истифодабарӣ тавсия шудаанд, метавонанд ба сифати кутбишгар барои модулятсияи интенсивияти афканишоти фавкултавонои лазерӣ истифода бурда шаванд.

НОМГҶҶИ МАВОДҲОИ БА ТАБЪ РАСИДАИ УНВОНЧҶҶ ДАР ДОИРАИ МАВЗҶҶИ РИСОЛА

**Маводҳои нашршуда дар маҷаллаҳои аз ҷониби ҚОА назди Президенти
Ҷумҳурии Республикаи Тоҷикистон тавсия шуда:**

[1-А] **Раҳимова, У.Дж.** Формирование оптической анизотропии капсулированных полимером жидкокристаллических пленок при одноосном растяжении //У.Дж. Раҳимова, М.Х. Эгамов, Х.Ш. Гаюров //Междун. журнал прикладных и фундаментальных исследований. –2020. – № 4. – С. 78-82

[2-А]. **Рахимова, У.Дж.** Особенности преобразования ориентационной структуры деформируемых капель нематика модифицированного поверхностно-активным веществом /**У.Дж. Рахимова** //Ученые записки ХГУ им. акад. Б. Гафурова. Серия естественные и эконом. науки. – Худжанд., 2021. – № 4 (59). – С. 41-43.

[3-А]. **Рахимова, У.Дж.** Видоизменения структуры полимерно-жидкокристаллических пленок для получения поляризаторов /**У.Дж. Рахимова, М.Х. Эгамов** //Доклады НАНТ-2021.–Т.64.– № 11-12. – С. 682-686

[4-А]. **Рахимова, У.Дж.** Условия формирования градиента температуры в каплях нематика под действием механического напряжения /**У.Дж. Рахимова** //Ученые записки ХГУ им. акад. Б. Гафурова. Серия естественные и эконом. науки. – Худжанд., 2022. – № 1 (60). – С. 9-13.

[5-А]. **Рахимова, У.Дж.** Эффект светорассеяния полимерно-жидкокристаллических композитов со спонтанной самоорганизацией структуры /**У.Дж. Рахимова, М.Х. Эгамов** //Известия НАНТ–2022.–№3 (188). –С. 78-84

[6-А]. **Рахимова, У.Дж.** Электрооптические свойства полимерно-жидкокристаллических композитов под действием внешнего поля /**У.Дж. Рахимова** //Ученые записки ХГУ им. акад. Б. Гафурова. Серия естественные и эконом. науки. – Худжанд., 2022. – № 4 (63). – С. 34-37.

[7-А]. **Рахимова, У.Дж.** Изменения плоскости поляризации света в нематических жидких кристаллах на основе 4-пентил-4'-цианобифенила /**У.Дж. Рахимова, М.Х. Эгамов, Х.Ш. Гаюров** //Известия НАНТ. — 2023. – №4 (193). –С.

[8-А]. **Рахимова, У.Дж.** Влияние концентрации ПАВ на изменения плоскости поляризации света при прохождении через ЖК среду /**Б. И. Махсудов, М.Х. Эгамов, У.Дж. Рахимова** //Вестник ТНУ. Серия естественных наук. - 2023.

Маводҳои дар кори конференсияҳои байналхалқӣ ва ҷумҳуриявӣ баррасӣ гардида ва ба таърифи расида:

[9-М]. **Рахимова, У.Ҷ.** Таърифи усули вариатсионӣ дар назарияи кристалли моеъ /**У.Ҷ. Раҳимова** //Конф. анъанавии илмӣ-амалии донишгоҳӣ «Рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар низомии ташаккули иқтисодии рақамӣ» – Хуҷанд: Дабир, 2020. – С. 160-162.

[10-А]. **Рахимова, У.Дж.** Структурные переходы в каплях нематика при действии электрического поля /**У.Дж. Рахимова, М.Х. Эгамов, Х.Ш. Гаюров** //Межд. науч.-конф. «Актуальные проблемы прочности» – Молодечно: Победа, 2020. – С. 95-96.

[11-А]. **Рахимова, У.Дж.** К вопросу об электроуправляемой прозрачности дисперсных систем /**У.Дж. Рахимова, М.Х. Эгамов, Х.Ш. Гаюров** //Межд.

конф. «Современные проблемы физики». – Душанбе: Дониш, 2020. – С. 79-81.

[12-А]. **Rahimova, U.J.** Mechanizms of orientational ordering of liquid crystals droplets in a uniaxial stretched Polyvinyl alcohol /**U.J. Rahimova** //Межд. науч.-практ. конфер. «Современная наука: проблемы, идеи, инновации» – Казань, 2020. – С. 17-22.

[13-А]. **Рахимова, У.Дж.** Сведение о электроуправляемой прозрачности дисперсных систем /**Х.Ш. Гаюров, У.Дж. Рахимова** //Межд. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы физики, техники и технологии полупроводников» – Худжанд: Изд-во Нури маърифат, 2021. – С. 100 -102.

[14-А]. **Рахимова, У.Дж.** Структурные исследования полимерных композитов на основе НЖК 5СВ /**У.Дж. Рахимова** //Хамон чо. – С. 176-178.

[15-А]. **Раҳимова, У.Ч.** Роҳҳои тадқиқоти принсипи вариатсионӣ дар назарияи кристалли моеъ /**У.Ч. Раҳимова** //Хамон чо, 2021. – С. 179-182.

[16-А]. **Рахимова, У.Дж.** Кинетика формирования микроскопических капель нематического жидкого кристалла в полимерной матрице /**М.Х. Эгамов, У.Дж. Рахимова** //Междун. симпозиум «Перспективные материалы и технологии» – Минск: (Бел ГИСС), 2021 – С.51-52

[17-А]. **Рахимова, У. Дж.** Визуализация структуры сфокусированных лазерных излучений с помощью фоточувствительных тонких полимерных пленок /**У.Дж. Рахимова** //Межд. конф. «Актуальные проблемы прочности» – Тольятти: Издательство ТГУ, 2021. – С. 103-105.

[18-А]. **Рахимова, У. Дж.** Эффективные размеры рассеивающих областей нематического жидкого кристалла в электрическом поле /**М.Х. Эгамов, У.Дж. Рахимова** //Хамон чо, 2021. – С. 172-173.

[19-А]. **Рахимова, У. Дж.** Исследование кинетики роста капель нематика в связующем полимере при охлаждении /**М.Х. Эгамов, У.Дж. Рахимова** //Межд. научная конф. «Кинетика и механизм кристаллизации. Кристаллизация и материалы нового поколения» – Иваново: 2021. – С. 245.

[20-А]. **Рахимова, У. Дж.** Исследования морфологии жидкокристаллических систем при внедрении низкомолекулярных органических соединений /**У.Дж. Рахимова, М.Х. Эгамов** //Межд. конф. «Кристаллофизика и деформационное поведение перспективных материалов» – Москва: МИСиС, 2021. – С. 144.

[21-А]. **Рахимова, У. Дж.** Получение микрополяризаторов на основе капсулированных полимером жидкокристаллических пленок /**У.Дж. Рахимова, С.К. Каримов, М.Х. Эгамов** //Межд. науч.-практ. конф. «Наука и технологии» - Алматы, Казахстан, 2022. – с.131-136.

[22-А]. **Рахимова, У. Дж.** Электрооптические исследования полимерно-жидкокристаллических композитных пленок /**М.Х. Эгамов, У.Дж. Рахимова**

- //Межд. конф. «Современные проблемы физики». – Душанбе, 2022. – С. 231-234.
- [23-А]. **Рахимова, У. Дж.** Влияние радиально-симметричного управляющего электрического поля на фокусное расстояние линз на основе жидкого кристалла /**У.Дж. Рахимова, М.Х. Эгамов** //Межд. конф. «Роль физики в развитии науки, просвещения и инновации».–Душанбе: ТНУ, 2022.–С.154-156.
- [24-А]. **Рахимова, У. Дж.** Электрооптические свойства полимерно-жидкокристаллических композитов под действием внешнего поля /**У.Дж. Рахимова** //Респ. науч.-прак. Конф. «Развитие и достижения физической науки в годы независимости». – Душанбе: Изд-во Дониш, 2023. – С. 197-200.
- [25-А]. **Рахимова, У. Дж.** Влияние температуры на диэлектрические параметры композитных пленок на основе полимера и жидкого кристалла /**С.К. Каримов, У. Дж. Рахимова** //Межд. науч.-практ. конф. «Современные проблемы физики и химии полимеров» –Душанбе: Дониш, 2023. – С. 92-94.
- [26-М]. **Рахимова, У. Дж.** Амсиласозии квантию механикии хосиятҳои сохторӣ ва оптоэлектронии перовскитҳои галогенидӣ дар асоси $CsCuX_3$ ($X=Cl, Br, I$) /**А.С. Бурхонзода, Д.Д. Нематов, С.М. Махмудова, Ш.Х. Халифаева, К.М. Азизшоев, У.Дж. Рахимова, Ф.Г. Юсупов, Ф. Шокир** //Межд. науч. конф. «Современные проблемы физики конденсированного состояния». – Душанбе: ДМТ, 2023. – С. 164-167

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
ТАДЖИКИСТАН**

**ГОУ «ХУДЖАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА Б. ГАФУРОВА»**

На правах рукописи

УДК: 53.8.9

ББК: 22.3

Р-27

Рахимова Умедахон Джурабоевна

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛЯРИЗАТОРА СВЕТА
НА ОСНОВЕ ПЛЁНОК ПОЛИМЕР-ЖИДКИЙ КРИСТАЛЛ**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) доктора
по специальности 6D060400 (6D060407 – физика
конденсированных сред)**

Душанбе -2024

Диссертация выполнена на кафедре общей физики и твердого тела физико-технического факультета ГОУ «Худжандского государственного университета имени академика Б. Гафурова»

Научный руководитель:

Эгамов Мухтор Хасанович - кандидат физико-математических наук, с.н.с., зав. лабораторией физики Худжандского научного центра НАН Таджикистана

Официальные оппоненты:

Абдуллаев Хасан Муминджонович - доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики твердого тела Таджикского национального университета

Абдурасулов Далер Анварович - кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры сети связи и коммутационных систем Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими

Ведущая организация:

Кафедра физики полупроводников и полимеров Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека, г. Ташкент, Республика Узбекистан

Защита диссертации состоится «29» июня 2024 года, в 10:00 часов на заседании диссертационного Совета 6D.КОА-056 при Таджикском национальном университете по адресу: 734027, РТ, г. Душанбе, поселок Буни Хисорак, учебный корпус №16, физический факультет, 206 аудитория.

С содержанием диссертации можно ознакомиться на сайте www.tnu.tj и в Центральной научной библиотеке Таджикского национального университета по адресу 734025, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17.

Автореферат разослан «_____» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета,
кандидат физ.-мат. наук, доцент



Исломов З.З.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и необходимость проведения исследований по теме диссертации. Успешно применяемые в настоящее время поляризаторы представляют собой ориентированные одноосным деформированием полимерную пленку толщиной 35-45 мкм, легированные в массе комплексными соединениями йода или специальными органическими красителями. У них в качестве полимера в основном используются поливиниловый спирт (ПВС). Такие поляризаторы имеют очень высокие оптические характеристики и успешно используются при производстве жидкокристаллических индикаторов и дисплейной техники. Тем не менее, из-за большой толщины их использование в устройствах защиты и идентификации товарной продукции вызывает ряд ограничений и осложняет процесс реализации в сверхчувствительных устройствах оптической системы.

Общеизвестно, что функционирования поляризаторов заключается в разделении первоначального неполяризованного излучения на две отдельные компоненты, перпендикулярные между собой и симметрично распространяющиеся вдоль направления светового потока. При этом, одна компонента в зависимости от направления поляризатора пропускается, а другая – поглощается (либо отклоняется). Для этого существует несколько оптических явлений, такие как: дихроизм поглощения; анизотропная люминесценция; двойное лучепреломления; отражения; рассеяния и т.п. Соответственно, на их основе поляризаторы тоже называются по-разному – микрокристаллические; молекулярные; двулучепреломляющие; отражающие; рассеивающие и т.д. В ряде случаев, например, для визуализации скрытых изображений, используются циркулярные (круговые) поляризаторы, однако их мы не рассматриваем в данной работе. Традиционные пленочные дихроичные поляризаторы, в основном применяемые в настоящее время, состоят из ориентированных в полимерной матрице (ПВС) микроскопических кристаллов либо, дихроичных палочкообразных органических молекул. Во-всех перечисленных выше разновидностей поляризаторов имеется единственный недостаток: они поглощают ненужную компоненту светового излучения, что в конечном итоге приводит к разрушению матрицы за счет внутреннего нагрева.

Поэтому в настоящей работе исследуются возможности получения поляризаторов на основе полимерно-жидкокристаллических композитных пленок на основе ПВС и НЖК 5СБ. Они должны быть избавлены от существующих недостатков поляридных пленок. Данная тема является одной из важнейших задач приоритетных направлений оптики дисперсных систем, развивающимся на границе физики жидких кристаллов и

оптоэлектроники. В ней исследуется новой категории композитов, представляющих собой взвеси капель нематических жидких кристаллов (НЖК) в объеме полимера. Научный и практический интерес к таким объектам обусловлен, с одной стороны, необычными физико-химическими свойствами капель жидкого кристалла, связанными со сложной упорядоченной структурой двух несовместимых фаз и их взаимодействием на границах раздела, а с другой стороны – возможности применения эффектов управляемого светопропускания и рассеяния света дисперсными системами композиционных систем для формирования многообразных устройств оптоэлектроники и фотоники (оптические затворы, поляризаторы, микролинзы, модуляторы света и управления световых потоков). Кроме того, благодаря существованию всесторонне развитых способов выявления физико-механических параметров композитов в целом и структуры отдельно взятых капель НЖК в частности, многокомпонентные дисперсные системы могут исследоваться как объект пристального значения для решения обширных задач, связанных с фундаментальными и прикладными аспектами нелинейной оптики. В результате успешной решения поставленных задач, разработан и предложен новый вид поляризатора, предназначенный для применения в видимой и близкой инфракрасной области спектра. Характерной преимущественно данного устройства заключается в том, что ненужная компонента света не поглощается матрицей (как в случае поляроидов), а усиленно рассеивается.

Степень изученности научной проблемы, теоретическая и методологическая основы исследований. Ядром диссертации является применение современных прямых физических методов, направленные к построению конкретных теоретических и экспериментальных моделей. Это построение фазовых и конфигурационных преобразований молекулярных строений нематического жидкого кристалла 5СВ в полимерной матрице (поливиниловый спирт, поливинилбутираль), а также изменения термодинамической энергии Гиббса и коэффициентов упругости Франка в теории упругости ЖК. Указанные выше методы были применены для получения результатов и их интерпретации. Стимулом для проведения исследования послужили отечественные и зарубежные научные труды авторов, работающие по данному направлению.

Связь исследования с проектами и научной тематикой.

Работа выполнена в рамках проекта «Исследования структуры, механических и оптических свойств новых оптоэлектронных элементов на основе полимерно-жидкокристаллических композитов» (2021-2025 гг., № гос. регистрации 0121ТJ1107).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью исследования является усовершенствования подходов к исследованию и научному обоснованию мезогенных сред, содержащих малоцентрированные ПАВ, с оптической и диэлектрической анизотропией; изучения закономерностей распространения и пропускания света в таких средах с последующими разработками оптимальных методов управления оптическими и спектральными характеристиками.

Задачи исследования:

- модернизация способов подготовки и получения тонких пленок, диспергированных полимером жидких кристаллов с заданными структурами, легированных поверхностно-активными веществами;
- исследование оптических текстур и конфигурации директора в каплях нематика неразрушающими физическими методами и поляризационно-оптической микроскопии;
- изучение проявления поляризационных эффектов внутри капли нематика под действием механического, светового и электрического воздействий;
- объяснение наблюдаемых изменений в поведении обыкновенной и необыкновенной компонент светового излучения;
- выявление оптических и поляризационных особенностей распространения светового излучения в ДПЖК пленках с улучшенными ориентационными структурами и анизотропные материалы с высокой чувствительностью к внешним воздействиям;
- рассмотрение возможности использования предложенных композитных пленок в качестве микрополяризатора с улучшенными оптическими характеристиками.

Объект исследования. Использовались диспергированные полимером пленки жидкого кристалла. В качестве ЖК использовался нематик 4-н-пентил-4'-цианобифенил (5CB) с температурой просветления $T_c=42,5^\circ\text{C}$ и показателем преломления: $n_{\parallel}=n_{e,\text{max}}=1.725$ и $n_{\perp}=n_o=1.534$ при комнатной температуре ($T=25^\circ\text{C}$) и длине волны $\lambda=0,633$ мкм. Матрицами служили два линейные полимеры, обеспечивающие тангенциальные граничные условия для выбранных ЖК: поливинилбутираль (ПВБ) и поливиниловый спирт (ПВС).

Предмет исследования: механические, оптические и электрооптические характеристики диспергированных полимером (ПВС, ПВБ) ЖК, 4-пентил-4'-цианобифенил (5CB), модифицированной глицерином в качестве пластификатора и допированной цетилтриметил аммоний бромидом (СТАВ) в качестве поверхностно-активного вещества, облегчающего процесс переориентации директора.

Научная ценность и новизна.

1. **Обнаружены** и исследованы конфигурационные превращения точечных дефектов в каплях нематика при действии электрического поля, обусловленные локальным изменением концентрации НЖК в составе полимерной матрицы.

2. **Выявлены** новые ориентационные механизмы, образующиеся в каплях нематика под действием внешних полей и обоснованы их характерные текстуры.

3. **Установлено**, что капли нематика имеют ориентационную структуру с двумя буджумами и кольцевым дефектом поверхности, формирующимися при однородном наклонном сцеплении.

4. **Определены** граничные условия реализации формирования структуры нематика с однородным сцеплением директора в объеме и на поверхности капли для синтеза предельно возможной анизотропии светопропускания одноосно вытянутых ДПЖК пленок.

5. Впервые **обнаружен** эффект уменьшения степени поляризуемости ДПЖК-поляризатора при высоких значениях относительного удлинения, что связано со слиянием мелких и образованием крупных по размеру капель ЖК в полимерной матрице.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что достигнутый уровень интерпретации и обоснования установленных физических явлений позволяют внести корректировку в решении проблемы эффективности контроля поляризационными характеристиками света в ПЖК структурах. Создана конкретная физическая модель, разрешающая определить оптические и физико-химические параметры разных конфигураций нематического жидкого кристалла.

Практическая значимость работы.

1. Разработан новый композиционный материал на основе полимерной пленки и НЖК типа 5СВ со значительными морфологическими характеристиками.

2. Установлено, что диспергированные полимером НЖК пленки с наклонными граничными условиями имеют ориентационную структуру, сочетающую в себе черты как биполярной, так и аксиальной конфигураций. Такие особенности открывают возможности для применения этих материалов в производстве электрооптических устройств с эффектом памяти и низким управляющим напряжением.

3. Рекомендованы к использованию результаты работы, касающиеся области создания новых оптоэлектронных элементов и индикаторных устройств.

4. Новые научные результаты, полученные при изучении полимерно-жидкокристаллических композитов с учетом их морфологических преобразований, рекомендуются применять при чтении дисциплин «Физика полимеров», «Лазеры и лазерная техника» и «Композиционные материалы».

Основные положения, выносимые на защиту:

1. В каплях нематика, легированные поверхностно-активным веществом, реализуется ориентационная структура, обобщающая в себя признаки как биполярной, так и аксиальной конфигураций;

2. Пороговый характер процесса трансформации ориентационных структур ДПЖК пленок при одноосной деформации;

3. Проявление поляризационных эффектов внутри капель нематика под действием механического, светового и электрического полей;

4. Спектральные и поляризационные особенности пропускания мощного лазерного излучения в исследуемых объектах, у которых имеются капли нематика с высокой чувствительностью в качестве структурных элементов;

5. Возможность использования ЖК-композитов как пассивных вращателей плоскости поляризации, величина вращения которых перестраивается за счет изменения концентрации ПАВ СТАВ и толщины слоя ячейки.

6. Возможность использования разработанных композитных пленок в качестве поляризатора для модуляции интенсивности сверхмощного светового излучения.

Степень достоверности диссертационных результатов обеспечивается применением комплекса современных методов исследований (молекулярная спектроскопия, поляризационная оптика, электрооптика, механические испытания) и стандартизированных оборудований и аппаратур. Обсуждаемые результаты, приведенные в диссертации, находятся в гармоничном согласии с литературными данными отечественных и зарубежных исследователей.

Соответствие паспорту научной специальности. Научно обоснованные экспериментальные данные данной работы соответствует ниже перечисленным разделам паспорта специальности «01.04.07 - Физика конденсированного состояния», утвержденная ВАК при Президенте РФ:

1. Изучение физической природы синтетических и природных элементов, включая органические и высокомолекулярные соединения, диэлектрические материалы, в том числе жидкости и прозрачные дисперсные среды в зависимости от их состава, в экстремальных полях.

2. Распространения и передачи информационных сигналов после переработки путем оптических и квантовых вычислений. Пропускания и

поглощения излучения за счет переориентации молекул в поле механических и электрических сил. Управления светового излучения и квантового состояния вещества неразрушающими физическими методами.

3. Разработка физических моделей микроэлементов и устройств для определения оптических параметров мощных излучений и прогнозирования изменения структуры конденсированных сред под действием внешних дестабилизирующих факторов.

Апробация работы. Материалы диссертации представлены и доложены на: Открытой школе-конференции стран СНГ «Ультрамелкозернистые и наноструктурные материалы-2020», 05-09 октября 2020 г., г. Уфа, РФ; VII Междунар. конф. «Современные проблемы физики», 9-10 октября 2020 г., Душанбе, ФТИ им. С.У. Умарова; Междунар. науч.-практ. конф. «Современная наука: проблемы, идеи, инновации» - Чистополь-Казань, 25 декабря 2020; XI Междунар. науч. конф. «Кинетика и механизм кристаллизации. Кристаллизация и материалы нового поколения» 20-24 сентября 2021 г. Иваново, Россия; Междунар. симпозиуме «Перспективные материалы и технологии», Минск, 23-27 августа 2021 г; X Междунар. школе Физическое материаловедение и LXIII Междунар. конф. «Актуальные проблемы прочности», Тольятти, 13-17 сентября 2021 г.; IX Междунар. конф. «Кристаллофизика и деформационное поведение перспективных материалов», Москва, МИСиС, 22-26 ноября 2021 г.; IV Междунар. науч.-практ. конф. «Наука и технология» 15-16 мая 2022 г., Алматы, Казахстан; Междун. Конф. «Роль физики в развитии науки, просвещения и инновации». Душанбе: ТНУ, 27 октября 2022; Междунар. науч.-практ. конф. «Современные проблемы физики и химии полимеров», Душанбе: ТНУ, 10 октября 2023 г.; Междунар. науч. конф. «Современные проблемы физики конденсированного состояния», Душанбе: ТНУ, 24-25 октября 2023 г.

Вклад автора во всех разделах диссертации - постановке задачи исследования, подготовка образцов и проведения опытов, анализе результатов, формулировании конкретных и общих выводов работы, является определяющим.

Публикации. По результатам работ опубликовано 26 научных статей, в том числе 8 - в ведущих рецензируемых научных изданиях, из списка перечня ВАК при Президенте Республики Таджикистан и 18 тезисов докладов в материалах научных конференций республиканского и зарубежного масштаба.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 137 страницах, включая 43 рисунков, 6 таблиц и списка цитируемой литературы из 181 наименований.

Ключевые слова: жидкий кристалл, капля, нематик, полимер, относительная деформация, электрическое поле, напряженность, краевой дефект, граница раздела, микроскоп, конфигурация, поляризатор, анализатор, спектр, пленка.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается постановка задачи, приводятся цель и задачи исследования, перечисляются предложенные выводы и их научное обоснование, указываются новые результаты, научная новизна и практическая значимость результатов, подчеркиваются основные положения, выносимые на публичную защиту, излагаются апробации результатов и указываются конкретные области применения материалов диссертации.

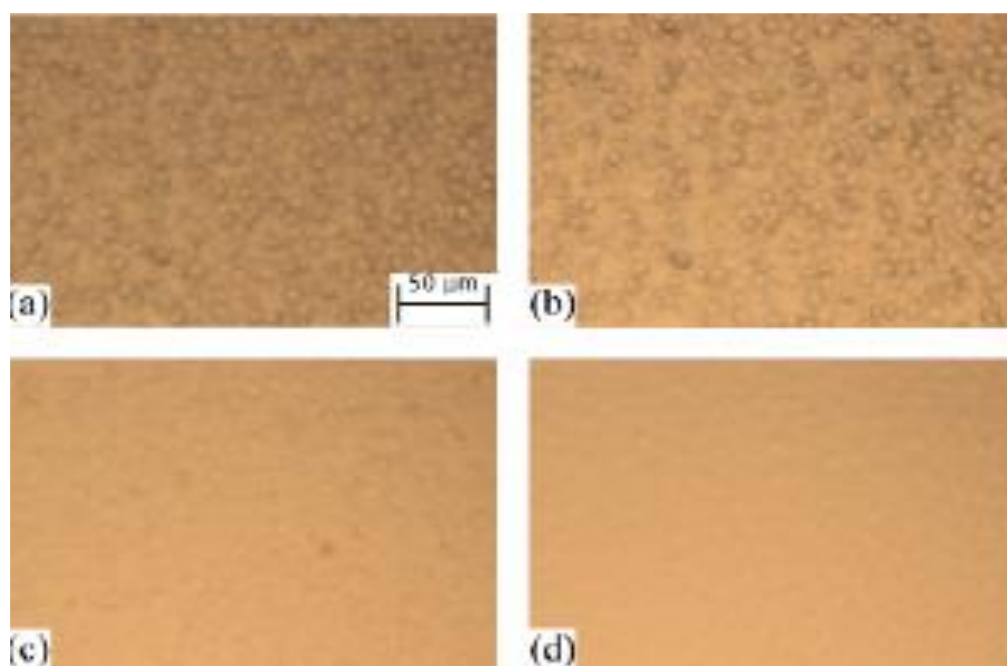
Первая глава-обзорная. В ней проанализированы классификации жидких кристаллов, их структуры, характерным особенностям в зависимости от действия внешних полей. Изложены способы формирования и получения поляризаторов на основе полимерных материалов, их сфера применения, принцип работы в режиме пропускания, отражения и их комбинации. Приведены способы реализации поляризаторов на основе полимеров в УФ- и видимой областях спектра при помощи добавок красителей. Показано влияние добавок наночастиц серебра на поляризующие свойства пленок из ПВС, их применения в спектроскопии комбинационного рассеяния (СКР), технологии радиолокационной невидимости, а также технологии создания термо-фотоэлектрических элементов. На основе анализа литератур сформулированы цель и задачи исследования, касающиеся разработки поляризаторов на основе ДПЖК композитов, лишенных недостатков действующих пленочных поляроидов.

Во второй главе приводятся сведения об объекте исследования, изложена методика приготовления образцов, даны физико-химические параметры и характеристики исследуемых объектов. Перечислены пластификаторы и поверхностно-активные вещества (ПАВ) в качестве добавок полимерной матрицы и нематического ЖК. Обоснован выбор полимерных матриц - ПВС и ПВБ. Изложен принцип работы разработанной автором экспериментальной установки для исследования оптического отклика ДПЖК пленки в поле механических сил. Описана методика исследования оптических текстур капель НЖК 5 СВ. Указаны стандартные размеры, формы и условия формирования капель нематика для последующего морфологического исследования.

Третья глава посвящена формированию биполярных капель нематика в поле электрических сил. Используемые нами ДПЖК пленки состояли из

капель ЖК (4-н-пентил-4'-цианобифенила, 5СВ), капсулированного в полимерную матрицу (ПВС). Оптические свойства таких сред зависят от начальной конфигурации директора (преимущественное ориентации молекул ЖК), образующейся в каплях, изменяя которую действием внешних сил, можно управлять светопропусканием всей пленки. В исходном состоянии градиент показателей преломления между полимерной матрицей (n_p) и необыкновенным показателем преломления ЖК (n_o) сопровождается максимальному рассеянию падающего излучения. При приложении постоянного электрического поля, напряженность которого ортогонально плоскости образца, молекулы нематика ориентируются вдоль поля, соответственно, среда становится прозрачной и выполняется условия $n_p = n_o$. Наоборот, при действии поля вдоль плоскости пленки, молекулы ориентируются перпендикулярно к межфазной границе, тем самым, создавая гомеотропные (тангенциальные) граничные условия.

Известно, что в электрическом поле в ДПЖК пленках могут создаваться аксиал-биполярная конфигурация молекул. Капли с такой конфигурацией при наличии конических граничных условий стремятся ориентироваться вдоль поля, а сам процесс носит пороговый характер. В связи с этим, для определения порога были изучены возможные протекания процесса переориентации директора внутри капли НЖК 5СВ в электрическом поле. На рис. 1 иллюстрированы микроснимки сегментов ПВС пленки с каплями нематика с диаметром 7,2 мкм.



**Рис. 1. Микроснимки ДПЖК пленки в поле электрического напряжения:
 $U=0$ (a), 5 (b), 7 (c), 10 В (d)**

При отсутствии поля биполярные оси капель в объеме и на поверхности пленки расположены неупорядоченно, что сопровождается интенсивному рассеянию направленного на них лазерного излучения (рис. 1, а). С ростом величины напряжения происходит переориентация молекул нематика вдоль направления напряженности поля E (рис. 1, b, c, d), соответственно, проявляется максимального пропускания света за счет эффекта просветления. На рис. 2 приведены зависимости минимальных (T_{\min}) и максимальных (T_{\max}) значений светопропускания от толщины (d) пленок ДПЖК. Отклонение зависимостей $T(d)$ от уравнения $T=\exp(-N\sigma d)$ для массивных образцов объясняется многократным рассеянием на каплях жидкого кристалла. Для данной зависимости характерно несинхронная картина падения T_{\max} с увеличением толщины, что связано со сложной ориентационной структурой капель, рассеивающих излучение. При этом процесс рассеяния света не так сильно проявляется в момент отсутствия поля и в режиме насыщения.

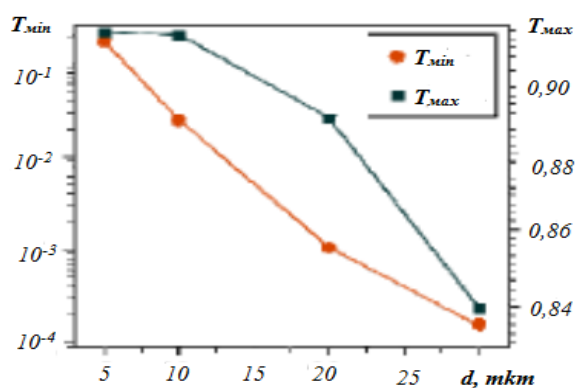


Рис. 2. Зависимость минимальных (T_{\min}) и максимальных (T_{\max}) значений светопропускания от толщины ДПЖК пленок d .

В ДПЖК пленках результирующая ориентация директора на границе раздела зависит от размера капли, длины боковых алкильных цепей макромолекул, температуры, изменения отвердителя фотоотверждаемого полимера, содержания ПАВ в полимерной матрице или ЖК. Этому соответствуют исследования с пленками на основе поливинилбутираля (ПВБ) и НЖК 5 СВ (рис. 3). Конструкция ДПЖК ячейки позволяет наблюдать изменение оптических текстур под действием электрического поля, приложенного вдоль (параллельно) плоскости пленки.

На рис. 4 показаны оптические текстуры капли при некоторых углах поворота образца относительно поляризаторов. Четыре топологические особенности, разделяющие окружность, капли на четыре равные дуги, наблюдаются в отсутствии анализатора (рис. 4 а, внизу).

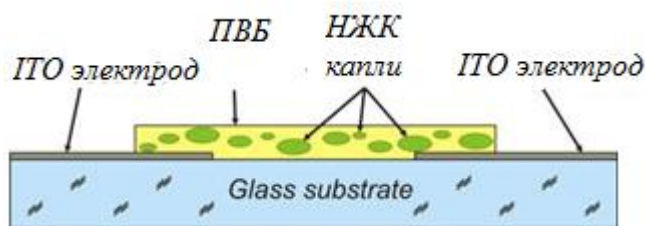


Рис 3. Схема электрооптической ДПЖК ячейки с электрическим полем, приложенным вдоль подложки.

Присущая схема для ориентационной структуры с двумя буджумами (черные полукруги) и дефектами в кольцевой поверхности (поперечное сечение обозначено квадратиками) указаны в правой части рис. 4 под символом (d). В схематическом изображении символом α - обозначен угол наклона между локальной ориентацией директора и нормалью к поверхности.

Оптическая структура, представленная на рис. 4, (a), аналогична картине, полученного без анализатора (рис. 4 (c)). Следовательно, когда анализатор выключен, границы капли теряют свою четкость. При сравнении полосы погасания (рис. 4, верхний ряд) с учетом преимущественной ориентации директора на границе капли (рис. 4, нижний ряд) можно определить угла наклона α между n директором и N нормалью к поверхности (рис. 4, (d)).

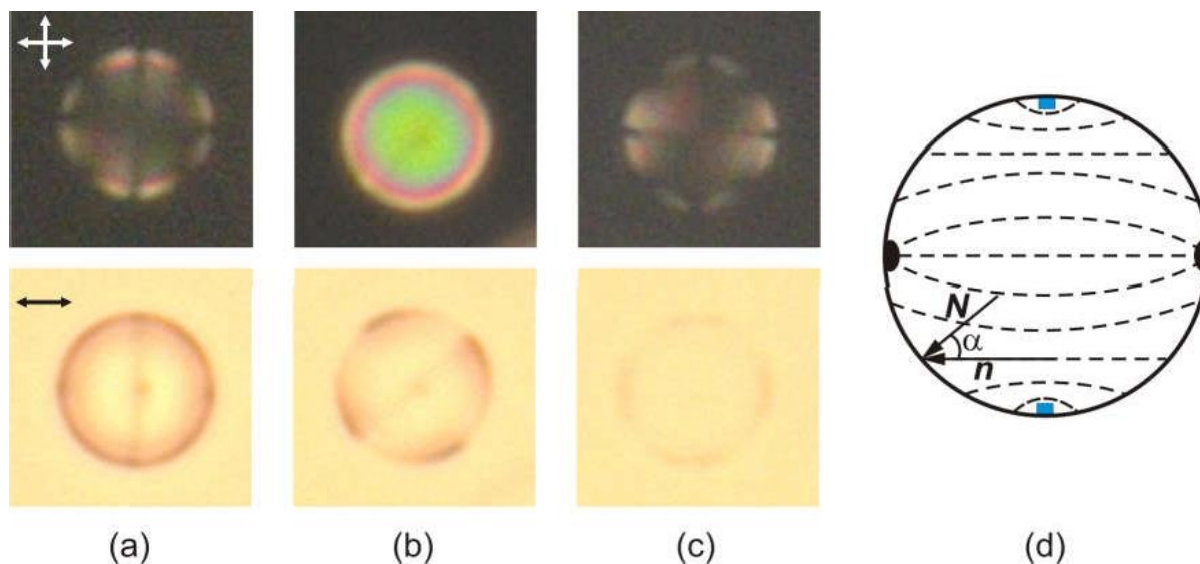


Рис. 4. ПОМ-изображения ЖК капли в скрещенных поляризаторах (верхний ряд) и без анализатора (нижний ряд). Линии, соединяющие диаметрально противоположные дефекты на границе, параллельны поляризаторам (a); образец повернут по часовой стрелке относительно поляризаторов под углом 45° (b) и 90° (c).

Директор может быть параллелен любому горизонтальному или вертикальному поляризатору в области затухания, расположенной слева внизу (рис. 4 (a), верхний ряд). Однако наблюдения за каплей без анализатора показали, что директор здесь ориентирован приблизительно горизонтально (рис. 4 (d)). Угол, определенный таким образом в различных точках границы раздела, за исключением окрестностей объектов, составляет $\alpha = 40^\circ \pm 4^\circ$.

Преобразование конфигурации директора можно наблюдать и под действием электрического поля, приложенного вдоль плоскости пленки. Общим для всех капель является то, что они переориентированы биполярными осями вдоль поля. Для исследуемых нами ДПЖК пленок характерны небольшие управляющие напряжения, практически не имеющие порогового поля. Такие изменения показаны на рис. 5. Как видно, биполярные оси капель полностью выровнены вдоль электрического поля напряжением 90 В, а плоскости кольцевых дефектов ориентированы перпендикулярно приложенному электрическому полю. На этом рисунке верхний ряд - это изображения в скрещенных поляризаторах, средний ряд - это изображения капель в отсутствии анализатора, а нижний ряд - схемы соответствующих структур капель. Для всех исследуемых текстур размер капли составлял 9 мкм, а зазор между электродами составляет 410 мкм.

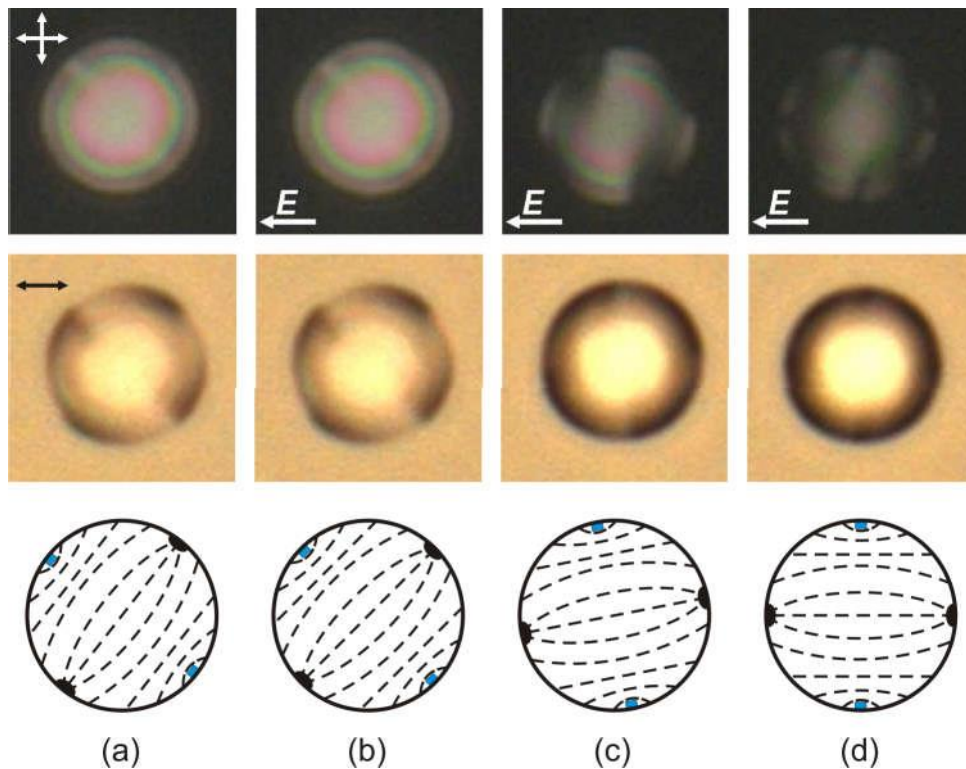


Рис. 5. ПОМ-изображения жидкокристаллической капли в исходном состоянии (a), в электрическом поле напряжением 20 (b), 50 (c), 90 В (d), сделанные через 1 мин после включения электрического поля.

В четвертой главе изложены структурные и оптические свойства одноосно ориентированных пленок ДПЖК. Исследована анизотропия светопропускания полимерных пленок с микроскопическими каплями НЖК 5СВ для получения микрополяризатора. Он состоит из тонкой полимерной пленки с диспергированным в ней ансамблем эллипсоидальных капель НЖК, длинные оси которых направлены вдоль оси вытяжки (рис. 6). При одноосной деформации композита, такие капли принимают форму вытянутого эллипсоида соосной направлению растяжению. Их ориентационные структуры в целом не меняются, поскольку биполярные оси совпадают с длинной осью эллипсоидов (рис. 5, б).

Тем не менее, деформированные ДПЖК пленки с такими структурами имеют единственный недостаток, появляющийся за счет нежелательного рассеяния вблизи боковых точечных дефектов (рис. 5, б, слева). Это уменьшает степень прозрачности пленок и снижает способность поляризовать излучения. Названный недостаток легко устраняется, если создать одноосно ориентированный ансамбль капель ЖК с бездефектной ориентационной структурой (рис. 6, в). Но такой подход чрезмерно сложно, поскольку требует предельного деформирования пленок, сопровождающая формированию и быстрого роста магистральных микротрещин в полимерной пленке. Часто максимальная вытяжка пленки приводит к разрыву выпрямленных макромолекул полимера и затрудняют получения бездефектных капель нематика.

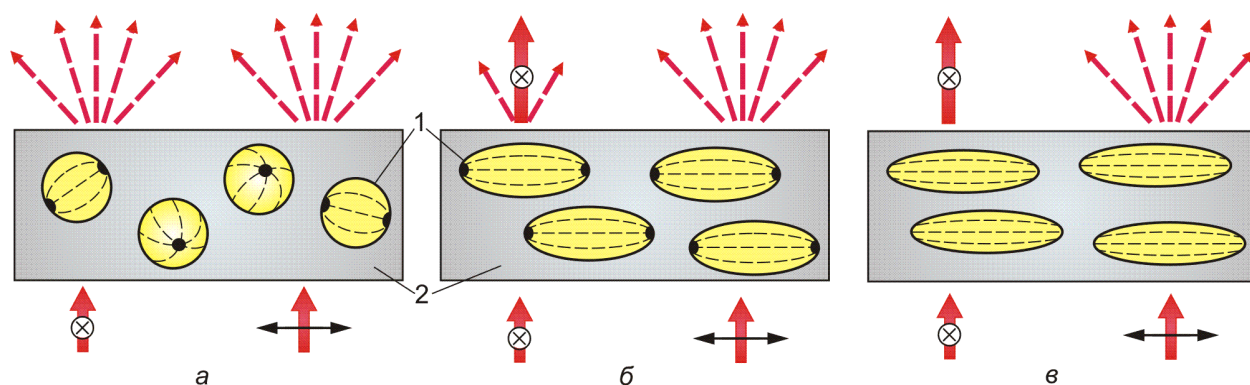


Рис. 6. Пропускание плоско поляризованного излучения через ДПЖК пленки с различным ориентационным состоянием капель нематика (1) в полимерной матрице (2).

На рис. 7 показаны микроснимки картин пространственного распределения рассеянного света, свойственных для исследованных нами пленки. Видно, что в пленках без ПАВ СТАВ формируется совокупность биполярных капель с двумя точечных дефектов на диаметрально противоположных боковых стенках (рис. 7, а). Эти сферические капли слегка деформированы в плоскости пленки с соотношением осей около 0,7. Такая

анизометрия способствуют, чтобы биполярные оси во всех каплях лежали в плоскости пленки. Однако они в азимутальном направлении располагаются хаотично. Наблюдение под микроскопом показали, что при совпадении направления поляризатора с биполярной осью капли, четко появляются экваториальные области, а также два топологических дефекта. Обнаруженный эффект интерпретируется нами рассеянием излучения в местах с резким градиентом показателя преломления на межфазной границе. В тех случаях, когда направление поляризатора и биполярной оси между собой ортогональны (рис. 7, а, справа), формируется обратная картина. В этом случае экваториальные участки поверхности почти не видны из-за равенства показателей преломления ЖК и полимера, но зато ярко проявляются границы капли вблизи полюсов. На рис. 7, б приведены конфигурация директора и текстурные картины, характерные для биполярных капель нематика с тангенциальным поверхностным сцеплением в виде вытянутой эллипсоиды.

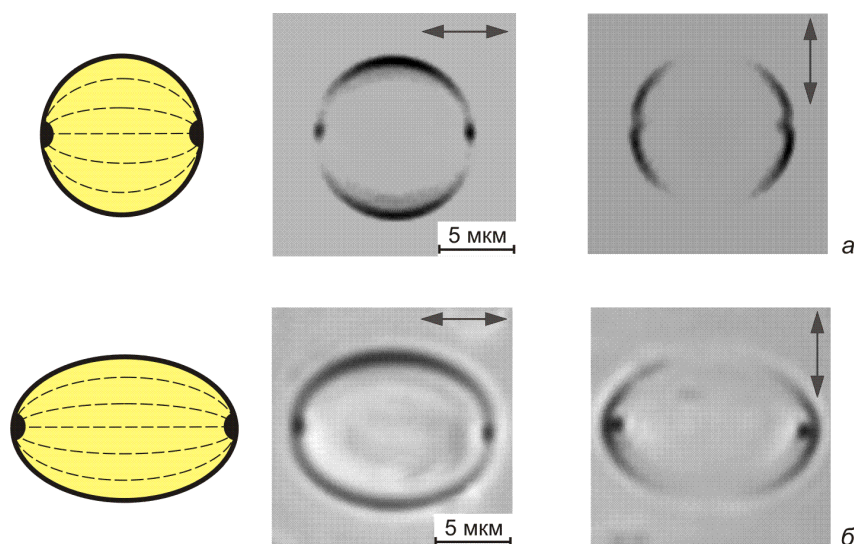


Рис. 7. Биполярные капли НЖК 5СВ в сферической (а) и вытянутой эллипсоидальной (б) формы в ПВС матрице

Видно, что при совпадении направления поляризатора и биполярной оси (рис. 7, б, центральный снимок) участки межфазной границы с сильными светорассеяниями увеличиваются, охватывая практически всю поверхность капли за исключением приполярных зон, где располагаются точечные дефекты. Именно такие боковые зоны способствуют нежелательному рассеянию света в случае, когда направления поляризатора и биполярной оси перпендикулярны (рис. 7, б, справа). Изучения влияния внедряемых сурфактантов на граничные условия в исходных каплях ЖК 5СВ и их деформационные структуры показали, что при малых концентрациях (до

$\sim 0,8\%$) формируется тангенциальное поверхностное сцепление и свойственное ему биполярное структурное упорядочение директора.

При больших концентрациях СТАВ (свыше $\sim 1,2\%$), ориентация молекул ЖК на границе раздела становится гомеотропной, а в самой капле образуется классическая радиальная структура. В промежуточной концентрации сурфактанта ($0,8\% < C < 1,2\%$) в каплях нематика появляются неоднородные граничные условия с формированием переходных конфигураций директора.

На рис. 8 показаны результаты исследования зависимости коэффициента светопропускания (T) от степени относительной деформации для исходной (а) и добавкой СТАВ с концентрацией 1% (б) ДПЖК пленок. Видно, что до 40% относительного удлинения исходного образца, величина T как для ортогонального (T_{\perp}) так и для параллельного (T_{\parallel}) компоненты к направлению деформирования излучения, не меняются (рис. 8, а). Данный экспериментальный факт объясняется устойчивой расположением точечных дефектов на приповерхности капель, которая реализуется из-за сильного тангенциального сцепления в отсутствие ПАВ СТАВ. Перемещение полюсов, свидетельствующие о переориентации биполярных осей, происходит начиная с 40%-го относительного удлинения и заканчивается при $\varepsilon \sim 140\%$, когда (T_{\perp}) выходит на уровень стабильности, со значением величины светопропускания $T \sim 12 \cdot 10^{-2}$.

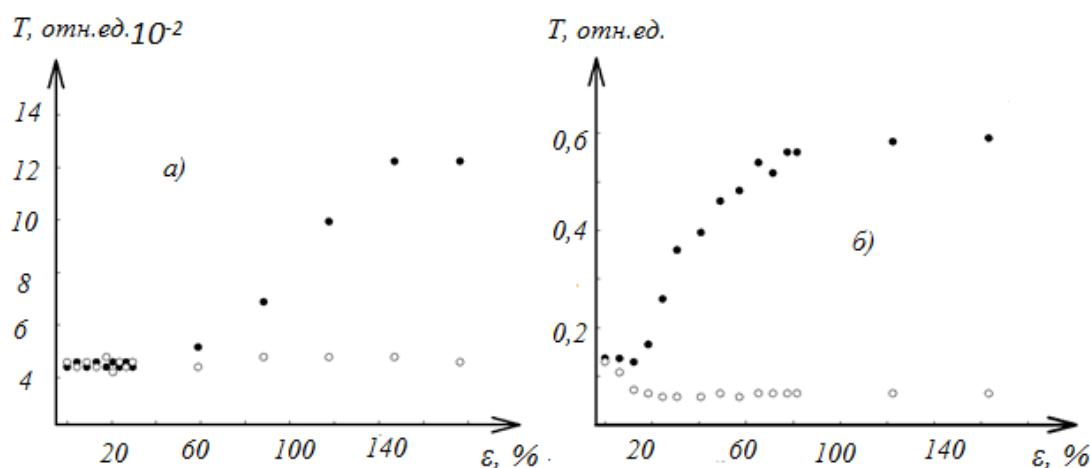


Рис. 8. Деформационная зависимость коэффициентов светопропускания ДПЖК пленок в исходном (а) и с концентрацией $C = 1\%$ ПАВ СТАВ (б) для Ge-Ne лазера, поляризованного ортогонально (\bullet) и параллельно (\circ) направлению вытяжки

Добавка ПАВ СТАВ в объеме 1% масс.вес. на состав композита приводит к иному характеру данной зависимости (рис. 8, б). Как видно,

разделение поляризованных компонент света (T_{\parallel} , T_{\perp}) происходит практически с начала процесса относительного деформирования.

Данный факт объясняется тем, что в образцах с сурфактантами тангенциальное сцепление в межфазной границе заметно ослабляется, поэтому точечные дефекты ориентационной структуры слабо зафиксированы. При достижении $\varepsilon \sim 80\%$ компонента излучения, поляризованного перпендикулярно направлению вытяжки, достигнет уровень стабильности со значением $I_{\text{перп}} \sim 0,58$. Механизм резкого роста коэффициента светопропускания (T) ортогональной компоненты (T_{\perp}) научно объясняется легким формированием ансамбля капель НЖК 5СВ с однородным упорядочением молекул в пленках с сурфактантом. Таким образом, совмещение смеси НЖК с ПАВ СТАВ и последующее одноосная деформирования способствуют приблизиться к решению проблемы и подобрать оптимальные технологические условия для создания высокоэффективных пленочных поляризаторов.

Для достижения гомеотропной ориентации НЖК обычно используются СТАВ, содержащие длинные алкильные радикалы. Длина углеводородного радикала влияет на поверхностную энергию полимерной матрицы, следовательно, на ориентацию НЖК. Помимо этого, молекулы СТАВ содержат не менее двух концевых полярных групп, способных адсорбироваться поверхностью. Эти характеристики СТАВ позволяют нам предполагать, что они способствуют наиболее лучшей трансформации структуры НЖК (таблица).

Таблица. Изменения параметров ДПЖК пленок от концентрации СТАВ

Концентр. СТАВ	Время смещения, мин	Толщина пленки, мкм	Значения $I_{\perp \max}$	$\varepsilon, \%$ для $I_{\perp \max}$	$\varepsilon, \%$ для I_{\perp}
0	60	65	0,012362	140	90
0,5	70	60	0,423898	70	30
1	60	60	0,59563	120	25
1,5	60	70	0,372338	120	30
2	50	95	0,351183	80	40
2,5	70	60	0,348175	60	25
3	70	70	0,323818	100	25-30
5	70	65	0,299317	100	45-50
7	70	65	0,139441	135	45

В отличие от предыдущих графиков, результаты проведенных опытов с 1%-ным содержанием СТАВ ДПЖК пленок имеет совсем иной характер. Как видно, переход к уровню стабильного светопропускания ДПЖК пленок достигается уже при 80% - ном степени растяжения. Исходя из вышеизложенного высказывания, мы предполагаем, что причина уменьшения значения I_{\perp} заключается в слиянии мелкоразмерных капель ЖК и образованием более крупных при одноосном растяжении. Именно эти крупные капли способствуют рассеянию лазерного света и ухудшению светопропусканию ДПЖК пленки, что в конечном итоге приводит к уменьшению значения I_{\perp} в максимуме.

На рис. 9 показан график зависимости коэффициента светопропускания (T) для вышеуказанных компонентов поляризованного Ge-Ne излучения от степени деформации (ϵ) ДПЖК пленки с разными концентрациями, а также времени размешивания смеси. В начальном этапе деформации (до $\sim \epsilon = 50\%$) каждая капля имеет радиально-симметричное строение с хаотичным расположением молекул. Дальнейшее увеличение степени растяжения приводит к преобразованию радиально-симметричной структуры в несимметричной.

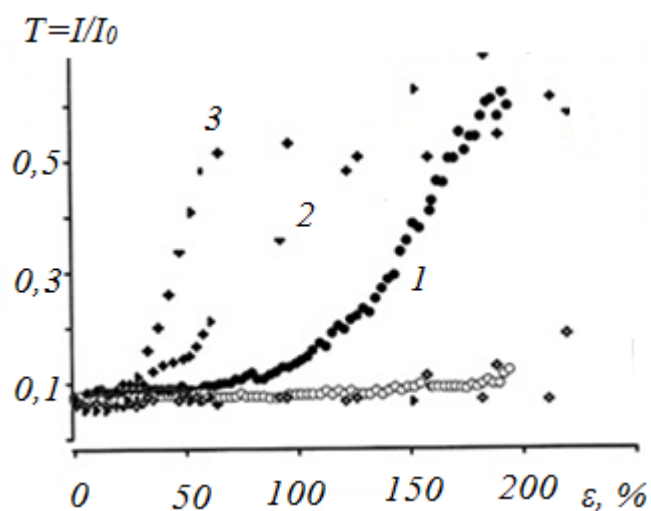


Рис. 9. Зависимости коэффициента светопропускания (T) ортогонально (\bullet) и параллельно (\circ) составляющие компоненты поляризованного света для ДПЖК пленок с концентрациями: 1:1 (1); 1:20 (2) и 1:40 (3).

Согласно топологической теории такой переход означает, что на поверхности капель нематика образуются кольца дисклинации. Но, данный переход обратим, поскольку после прекращения вытяжки, осесимметричная структура снова возвращается в радиально-симметричную. Следовательно, при отсутствии растягивающих сил радиально-симметричная структура термодинамически выгодна и для исследуемые НЖК 5СВ соответствует

устойчивому положению. Наконец, начиная с $\varepsilon=65-75\%$ осуществляется переход осесимметричной структуры в эллипсоидальное. Последний переход неизбежен, т.к. этому способствует одноосная деформация полимерной матрицы. Она сжимает радиальную форму капель перпендикулярно направлению растяжения, тем самым принуждая молекулы нематика ориентироваться вдоль меридиональных кривых, соединяющих дефекты, находящиеся на полюсах.

Последующее деформирования пленок вплоть до точки разрыва сопровождается сужению эллипсоида относительно малой полуоси и выпрямлением меридиональных кривых в центральной области капель нематика.

Предложенные в диссертационной работе микрополяризаторы на основе одноосно-деформированных ДПЖК пленок по сравнению с поляроидными пленками, имеют ряд преимуществ: во-первых, они компактны и легко изготавливаются; во-вторых, их можно реализовать для поляризации мощного излучения, т.к. они, пропуская одну компоненту светового излучения, другую, наоборот, отражают. Этим способом предотвращается протекания реакции деструкции при интенсивном излучении, а также, реакции терморазложения при поглощении второй (ненужной) компоненты света, свойственному поляриду; в-третьих, разработанные в работе композитные пленки эффективно поляризуют проходящее излучение во всей области прозрачности используемых компонент, а именно, видимой и ближней ИК-области спектра, что естественно, расширяет области их применения.

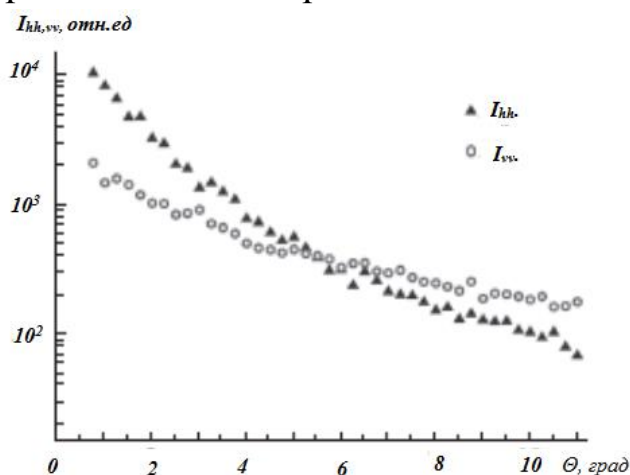


Рис. 10. Зависимости интенсивности горизонтальной (I_h) и вертикальной (I_v) компоненты поляризованного света, рассеянного вдоль направления вытянутой ДПЖК пленки от угла рассеяния (θ_s)

Другим фактором, влияющим на характер светопропускания ДПЖК пленок, считается величина управляющего поля. Учитывая, что при

отсутствии внешнего поля исследуемые нами пленки сильно рассеивают свет, то вопрос выявления границы перехода пленки из состояния мутности на прозрачности выходит на передний фронт. Результаты этих исследований отражены на рис. 10 в виде зависимости интенсивностей параллельной (I_h) и перпендикулярной (I_v) компонент поляризованного излучения, от угла рассеяния (θ_s).

Из результатов рис. 10 для когерентного поля запишем уравнению для горизонтального () и вертикального компонентом света в случае перпендикулярной падении излучения к поверхности ДПЖК пленки:

$$T_a^{vv} = t_2 \cos^2 \alpha + t_1 \sin^2 \alpha \quad (1)$$

$$T_a^{vh} = (t_2 - t_1) \sin \alpha \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

Для вычисления коэффициента когерентного пропускания (T_c^{np}) пленки при освещении обычным (неполяризованным) светом, следует усреднить выражений (1,2) относительно угла поляризации θ_s . Тогда получим:

$$T_c^{np} = \frac{T_{||} + T_{\perp}}{2}, \quad (3)$$

здесь $T_{||}$ и T_{\perp} - соответственно, коэффициенты пропускания пленки относительно вдоль и ($\alpha=0$) и перпендикулярно ($\alpha = \frac{\pi}{2}$) оси растяжения. Тогда степень поляризации прошедшего излучения через пленку можно определить уравнением:

$$P = \frac{T_{\perp} - T_{||}}{T_{\perp} + T_{||}}. \quad (4)$$

Таким образом, направляя двух компонентом поляризованного излучения к поверхности одноосно деформированного пленки под разными углами, можно определить степень поляризации с помощью уравнения (4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты диссертации

1. Установлено, что в ДПЖК пленках на основе ПВБ и нематической смеси НЖК 5СВ капли нематика имеют ориентационную структуру (с двумя буджумами и кольцевым дефектом поверхности) формирующуюся при однородном наклонном сцеплении [6-А, 11-А, 14-А, 21-А].

2. Показано, что конфигурация с наклонным сцеплением имеет особенности как биполярной (центральная веретенообразная часть капель), так и осевой структур (периферийная область капель). Она обеспечивает

небольшую разницу энергии ЖК при различных ориентациях биполярной оси относительно плоскости пленки [5-А, 18-А, 24-А].

3. Установлено, что диспергированные полимером нематические ЖК пленки с наклонными граничными условиями имеют ориентационную структуру, сочетающую в себе черты как биполярной, так и аксиальной конфигураций. Такие особенности открывают возможности для применения этих систем в создании электрооптических устройств с эффектом памяти и низким управляющим напряжением [5-А, 12-А, 16-А, 20-А].

4. Показано, что при малых концентрациях ПАВ СТАВ (до $\sim 0,8\%$) сохраняются тангенциальное поверхностное сцепление и соответствующее ей биполярное структурное упорядочение директора. Если концентрация СТАВ превышает $1,2\%$, то ориентация молекул ЖК на межфазной границе становится гомеотропной, а в объеме капель формируются классическая радиальная структура. В случае промежуточной концентрации сурфактанта ($0,8\% < C < 1,2\%$) в каплях нематика реализуются неоднородные граничные условия с образованием переходных конфигураций директора [2-А, 4-А, 13-А].

5. Для получения максимально возможной анизотропии светопропускания одноосно вытянутых ДПЖК пленок необходимо сформировать капли нематика с однородным распределением директора в объеме капли. Этот вариант возможен лишь при реализации неоднородных граничных условий, которые варьируются в меридианном направлении от тангенциальных в экваториальной области до гомеотропных вблизи полюсов капли ЖК [1-А, 7-А, 17-А, 22-А].

6. Доказано, что неординарный характер зависимости контраста от толщины пленок связано с повышением полярности полимерной матрицы и образованием большого числа водородных связей между CN-группами НЖК 5СВ и СООН-группами полимерной матрицы, которые препятствуют ориентации молекул нематика вдоль напряженности приложенного электрического поля. С ростом концентрации НЖК 5СВ в составе ПВС композитная система становится более жестким и распределение капель нематика по размеру увеличивается [3-А, 19-А].

7. Исследуемые ЖК-композиты могут использоваться как пассивные вращатели плоскости поляризации, величина вращения которых перестраивается за счет изменения концентрации ПАВ СТАВ и толщины слоя ячейки. Для лазерной техники данная взаимосвязь выгодна в тех условиях, когда не имеется возможности изменять толщину слоя или же невозможно изменения положения поляризатора [21-А, 23-А, 24-А].

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. На примере ДПЖК 5СВ с наклонными граничными условиями, обнаруженные нами эффекты ориентационной структуры, сочетающие в себя общие черты биполярной и аксиальной конфигурации, могут быть использованы для изготовления электрооптических устройств с эффектом памяти и низким управляющим напряжением.

2. Разработанные в диссертации и предложенные к эксплуатации композитные ДПЖК пленки, полученные со строгим соблюдением тонкости технологического процесса можно рекомендовать в качестве поляризатора для модуляции интенсивности сверхмощного лазерного излучения.

СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан

[1-А] **Рахимова, У.Дж.** Формирование оптической анизотропии капсулированных полимером жидкокристаллических пленок при одноосном растяжении /**У.Дж. Рахимова, М.Х. Эгамов, Х.Ш. Гаюров** // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – № 4. – С. 78-82

[2-А]. **Рахимова, У.Дж.** Особенности преобразования ориентационной структуры деформируемых капель нематика модифицированного поверхностно-активным веществом / **У.Дж. Рахимова** // Ученые записки ХГУ им. акад. Б. Гафурова. Серия естественные и эконом. науки. – Худжанд., 2021. – № 4 (59). – С. 41-43.

[3-А]. **Рахимова, У.Дж.** Видоизменения структуры полимерно-жидкокристаллических пленок для получения поляризаторов / **У.Дж. Рахимова, М.Х. Эгамов** // Доклады НАН Таджикистана. - 2021. – Т. 64. – № 11-12. – С. 682-686

[4-А]. **Рахимова, У.Дж.** Условия формирования градиента температуры в каплях нематика под действием механического напряжения / **У.Дж. Рахимова** // Ученые записки ХГУ им. акад. Б. Гафурова. Серия естественные и эконом. науки. – Худжанд., 2022. – № 1 (60). – С. 9-13.

[5-А]. **Рахимова, У.Дж.** Эффект светорассеяния полимерно-жидкокристаллических композитов со спонтанной самоорганизацией структуры /**У.Дж. Рахимова, М.Х. Эгамов** // Известия НАН Таджикистана. – 2022. – №3 (188). – С. 78-84

[6-А]. **Рахимова, У.Дж.** Электрооптические свойства полимерно-жидкокристаллических композитов под действием внешнего поля / **У.Дж. Рахимова** // Ученые записки ХГУ им. акад. Б. Гафурова. Серия естественные и эконом. науки. – Худжанд., 2022. – № 4 (63). – С. 34-37.

[7-А]. **Рахимова, У.Дж.** Изменения плоскости поляризации света в нематических жидких кристаллах на основе 4-пентил-4'-цианобифенила / **У.Дж. Рахимова, М.Х. Эгамов, Х.Ш. Гаюров** // Известия НАН Таджикистана. – 2023. – №4 (193). –С. 74-80.

[8-А]. **Рахимова, У.Дж.** Влияние концентрации ПАВ на изменения плоскости поляризации света при прохождении через ЖК среду / **Б. И. Махсудов, М.Х. Эгамов, У.Дж. Рахимова** // Вестник ТНУ. Серия естественных наук. - 2023.

Статьи, опубликованные в материалах международных и республиканских конференций:

[9-А]. **Раҳимова, У.Ҷ.** Татбиқи усули вариатсионӣ дар назарияи кристалли моеъ / **У.Ҷ. Раҳимова** // Конфер. анъанавии илмӣ-амалии донишгоҳӣ «Рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар низоми ташаккули иқтисодии рақамӣ» – Хучанд: Дабир, 2020. – С. 160-162.

[10-А]. **Рахимова, У.Дж.** Структурные переходы в каплях нематика при действии электрического поля / **У.Дж. Рахимова, М.Х. Эгамов, Х.Ш. Гаюров** // Междунар. науч. конфер. «Актуальные проблемы прочности», 2020. – С. 95-96.

[11-А]. **Рахимова, У.Дж.** К вопросу об электроуправляемости прозрачности дисперсных систем / **У.Дж. Рахимова, М.Х. Эгамов, Х.Ш. Гаюров** // Междунар. конф. «Современные проблемы физики». – Душанбе: Дониш, 2020. – С. 79-81.

[12-А]. **Rahimova, U.J.** Mechanizms of orientational ordering of liquid crystals droplets in a uniaxial stretched Polyvinyl alcohol / **U.J. Rahimova** // Междунар. науч.-практ. конфер. «Современ. наука: проблемы, идеи, инновации» – Казань:2020. – С. 17-22.

[13-А]. **Рахимова, У.Дж.** Сведение о электроуправляемости прозрачности дисперсных систем / **Х.Ш. Гаюров, У.Дж. Рахимова** // Междунар. науч.-практ. конфер-я «Проблемы и перспективы физики, техники и технологии полупроводников». – Худжанд: 2021. – С. 100-102.

[14-А]. **Рахимова, У.Дж.** Структурные исследования полимерных композитов на основе нематического жидкого кристалла / **У.Дж. Рахимова** // Там же. – С. 176-178.

[15-А]. **Раҳимова, У.Ҷ.** Роҳҳои тадқиқоти принципи вариатсионӣ дар назарияи кристалли моеъ / **У.Ҷ. Раҳимова** // Там же. – С. 179-182.

[16-А]. **Рахимова, У.Дж.** Кинетика формирования микроскопических капель нематического жидкого кристалла в полимерной матрице / **М.Х. Эгамов,**

- У.Дж. Рахимова** // Межд. симпозиум «Перспективные материалы и технологии» – Минск: 2021 – С.51-52
- [17-А]. **Рахимова, У. Дж.** Визуализация структуры сфокусированных лазерных излучений с помощью фоточувствительных тонких полимерных пленок / **У.Дж. Рахимова** // Межд. конф-я, «Актуальные проблемы прочности» – Тольятти: Издательство ТГУ, 2021. – С. 103-105.
- [18-А]. **Рахимова, У. Дж.** Эффективные размеры рассеивающих областей нематического жидкого кристалла в электрическом поле / М.Х. Эгамов, **У.Дж. Рахимова** // Там же. – С. 172-173.
- [19-А]. **Рахимова, У. Дж.** Исследование кинетики роста капель нематика в связующем полимере при охлаждении / М.Х. Эгамов, **У.Дж. Рахимова** // Межд. науч. конф-я «Кинетика и механизм кристаллизации. Кристаллизация и материалы нового поколения» – Иваново: АО «Ивановский издательский дом», 2021. – С. 245.
- [20-А]. **Рахимова, У. Дж.** Исследования морфологии жидкокристаллических систем при внедрении низкомолекулярных органических соединений / **У.Дж. Рахимова**, М.Х. Эгамов // Межд. конф-я «Кристаллофизика и деформационное поведение перспективных материалов» – Москва: НИТУ МИСиС, 2021. – С. 144.
- [21-А]. **Рахимова, У. Дж.** Влияния молекулярной массы и степени гидратации капсулированных полимером жидкокристаллические пленки на его физико-химические характеристики / М.Х. Эгамов, **У.Дж. Рахимова** // Материалы LXIV Межд. конф. «Актуальные проблемы прочности» АПП-2022, 4-8 апреля 2022 г., Екатеринбург, 2022. – С.348-349
- [22-А]. **Рахимова, У. Дж.** Получение микрополяризаторов на основе капсулированных полимером жидкокристаллических пленок / **У.Дж. Рахимова**, С.К. Каримов, М.Х. Эгамов // Междун. науч.-практ. конф-я «Наука и технологии» - Алматы, Казахстан, 2022. – с.131-136
- [23-А]. **Рахимова, У. Дж.** Электрооптические исследования полимерно-жидкокристаллических композитных пленок / М.Х. Эгамов, **У.Дж. Рахимова** // Межд. конф-я «Современные проблемы физики». – Душанбе, 2022. – С. 231-234.
- [24-А]. **Рахимова, У. Дж.** Влияние радиально-симметричного управляющего электрического поля на фокусное расстояние линз на основе жидкого кристалла / **У.Дж. Рахимова**, М.Х. Эгамов // Межд. конф-я «Роль физики в развитии науки, просвещения и инновации» – Душанбе: Изд-во ТНУ, 2022. – С. 154-156.
- [25-А]. **Рахимова, У. Дж.** Электрооптические свойства полимерно-жидкокристаллических композитов под действием внешнего поля / **У.Дж.**

Рахимова // Респ. науч.-практ. конфер. «Развитие и достижения физической науки в годы независимости». – Душанбе: Изд-во Дониш, 2023. – С. 197-200. [26-А]. **Рахимова, У. Дж.** Влияние температуры на диэлектрические параметры композитных пленок на основе полимера и жидкого кристалла / С.К. Каримов, У. Дж. **Рахимова** // Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы физики и химии полимеров», – Душанбе: Изд-во Дониш, 2023. – С. 92-94. [27-А]. **Рахимова, У. Дж.** Амсиласозии квантию механикии хосиятҳои сохторӣ ва оптоэлектронии перовскитҳои галогенидӣ дар асоси $CsCuX_3$ ($X=Cl, Br, I$) / А.С. Бурхонзода, Д.Д. Нематов, С.М. Махмудова, Ш.Х. Халифаева, К.М. Азизшоев, У.Дж. **Рахимова**, Ф.Г. Юсупов, Ф. Шокир // Международная научная конференция «Современные проблемы физики конденсированного состояния». – Душанбе: Изд-во ТНУ, 2023. – С. 164-167.

АННОТАТСИЯИ

рисолаи Раҳимова Умедахон Ҷӯрабоевна дар мавзӯи “Хусусиятҳои технологияи кутбиши рӯшноӣ дар заминаи пардаҳои полимер-кристалли моеъ” барои дарёфти дараҷаи илмӣ доктори фалсафа (PhD) аз рӯи ихтисоси 6D 011000 (6D060407) - физикаи муҳитҳои конденсӣ, ки дар Шӯрои диссертатсионии 6D.KOA-056-и назди Донишгоҳи миллии Тоҷикистон пешниҳод шудааст

Калидвожаҳо: полимер, кристалли моеъ, композит, кутбиш, афканишоти рӯшноӣ, қатра, кашиши яксамта, деформатсия, тамоюл, нуфузпазирии диэлектрикӣ, конфигуратсия, текстура, майдони электрикӣ, сурфактант.

Мубрамияти кори диссертатсионӣ. Яке аз муаммоҳои асосии самтҳои афзалиятноки оптикаи системаҳои дисперсӣ, ки дар ҳудуди физикаи кристалли моеъ ва оптоэлектроника рушд меёбад, тадқиқи синфи нави маводҳои таркибӣ аст, ки ба онҳо қатраҳои моеъкристалли нематикӣ дар ҳаҷми полимер ҷой додашуда мансубанд. Шавқи илмӣ ва амалӣ ба чунин объектҳо, ба хусусияти ғайриоддӣ физикию кимиёӣ қатраҳои кристалли моеъ, ки ба сохтори мураккаби ботартиби ду фазаи ҳамҷоянашаванда ва таъсири мутақобилаи онҳо дар сарҳади тақсимот алоқаманд аст, ва, имконияти татбиқи эффекти рушноигузаронии идорашаванда ва пароканиши рушноӣ аз ҷониби системаҳои дисперсии маводҳои таркибӣ барои ташаккули таҷҳизотҳои бисетҷабҳаи оптоэлектронӣ ва фотоника маънидод карда мешавад. Ба шарофати мавҷудияти усулҳои ҳаматарафа инкишоф дода шудаи ошкоркунии параметрҳои физикию механикии маводҳои таркибӣ, дар умум, ва сохтори қатраи ҷудоғонаи кристалли моеи нематикӣ, дар ҳолати хусусӣ, системаҳои бисеркомпонентаи дисперсӣ ҳамчун объекти аҳамияти ҷиддӣ дошта барои ҳалли муаммоҳои васеи ҷабҳаҳои бунёдӣ ва амалии оптикаи ғайрихаттӣ омӯхта мешаванд.

Объекти тадқиқот: Пардаҳои полимерии бо кристалли моеи 4-н-пентил-4'-сианобифенил (5CB) диспергиронидашуда, бо ҳарорати равшаннокшавии $T_c=42,5^\circ\text{C}$ ва нишондоди шикасташ: $n_{||} = n_{e,max} = 1.725$ ва $n_{\perp} = n_o = 1.534$ дар ҳарорати $T=25^\circ\text{C}$ ва дарозии мавҷи $\lambda=0,633$ мкм истифода шуданд.

Мақсади тадқиқот: рушди усулҳои балоиҳагирӣ ва маънидоди муҳити мезогенӣ, ки маводҳои басомадии дисперсионӣ, ғайрихаттигӣ ва анизотропӣ доранд; омӯзиши хусусияти паҳншавӣ ва локализатсияи рӯшноӣ дар ин муҳитҳо; ҷустуҷӯи усулҳои нави идоракунии хусусиятҳои оптикӣ ва спектралӣ ин муҳитҳо ба ҳисоб меравад.

Арзиши илмӣ ва навгонӣ.

1. Табдилоти конфигуратсионии нуқсҳои нуқтагӣ дар қатраҳои нематик ҳангоми таъсири майдони электрикӣ ошкор ва таҳқиқ карда шуданд, ки бо дигаргуншавии локалии консентратсияи кристалли моеи нематик дар таркиби матритсаи полимерӣ алоқаманданд.

2. Сохторҳои нави тамоюлии дар натиҷаи таъсири майдонҳои электрикӣ, механикӣ ва рӯшноӣ дар қатраҳои моеъкристаллҳо ташаккулёфта ошкор гардиданд ва наворҳои текстурии тавсифии онҳо шарҳ дода шуданд.

Соҳаи татбиқ:

1. Дар мисоли КМПД 5CB бо шартҳои ҳудудии моил, эффекти самтгирии сохторӣ мушоҳида гардид, ки дар худ аломатҳои умумии конфигуратсияи биполярӣ ва аксиалиро муттаҳид сохта, метавонад барои омода сохтани таҷҳизоти электрооптикӣ бо эффекти хотира ва шиддати пасти идоракунӣ истифода бурда шавад.

2. Пардаҳои композитии КМПД, ки дар рисола бо риояи тамоми нозуқиҳои раванди технологӣ коркард гардида, барои истифодабарӣ тавсия шудаанд, метавонанд ба сифати кутбишгар барои модулятсияи интензивияти афканишоти фавқултавонои лазерӣ истифода бурда шаванд.

АННОТАЦИЯ

диссертации Рахимовой Умедахон Джурабоевна, на тему “Технологические особенности поляризатора света на основе пленок полимер-жидкий кристалл”, представленную к защите в диссертационный совет 6D.КOA-056 при Таджикском национальном университете на соискание ученой степени доктора философии (PhD) – доктора по специальности 6D 011000 (6D060407) - физика конденсированных сред

Ключевые слова: полимер, жидкий кристалл, композит, поляризация, световое излучение, капля, одноосное растяжение, деформация, ориентация, диэлектрическая проницаемость, конфигурация, текстура, электрическое поле, сурфактант.

Актуальность диссертационной работы. Одной из важнейших задач приоритетных направлений оптики дисперсных систем, развивающимся на границе физики жидких кристаллов и оптоэлектроники, считается исследование новой категории композитов, представляющих собой взвеси капель нематических жидких кристаллов (НЖК) в объеме полимера. Научный и практический интерес к таким объектам обусловлен, необычными физико-химическими свойствами капель жидкого кристалла, связанными со сложной упорядоченной структурой двух несовместимых фаз и их взаимодействием на границах раздела, и, возможности применения эффектов управляемого светопропускания и рассеяния света дисперсными системами композиционных систем для формирования многообразных устройств оптоэлектроники и фотоники. Благодаря существованию всесторонне развитых способов выявления физико-механических параметров композитов в целом и структуры отдельно взятых капель НЖК в частности, многокомпонентные дисперсные системы могут исследоваться как объект пристального значения для решения обширных задач, связанных с фундаментальными и прикладными аспектами нелинейной оптики.

Объект исследования: Использовались пленки диспергированного полимером жидкого кристалла - 4-н-пентил-4'-цианобифенил (5CB) с температурой просветления $T_c=42,5^\circ\text{C}$ и показатели преломления: $n_{\parallel}=n_{e,max}=1.725$ и $n_{\perp}=n_o=1.534$ при температуре $T=25^\circ\text{C}$ и длин волн $\lambda=0,633$ мкм.

Цель исследования: развитие подходов к проектированию и описанию мезогенных сред, содержащих материалы с частотной дисперсией, нелинейностью и анизотропией; изучение особенностей распространения и локализации света в таких средах; поиск новых методов управления оптическими и спектральными свойствами таких сред.

Полученные результаты и их новизна:

1. Обнаружены и исследованы конфигурационные превращения точечных дефектов в каплях нематика при действии электрического поля, обусловленные локальным изменением концентрации НЖК в составе полимерной матрицы.
2. Выявлены новые ориентационные структуры, формирующиеся в исследуемых каплях жидкого кристалла в результате действия электрического, механического и светового полей и приведены их характерные текстурные картины.

Область применения:

1. На примере ДПЖК 5CB с наклонными граничными условиями, обнаруженная нами ориентационная структура, сочетающая в себе общие черты биполярной и аксиальной конфигурации, может быть использована для изготовления электрооптических устройств с эффектом памяти и низким управляющим напряжением.
2. Разработанные в диссертации и предложенные к эксплуатации композитные ДПЖК пленки, полученные со строгим соблюдением тонкости технологического процесса можно рекомендовать в качестве поляризатора для модуляции интенсивности сверхмощного лазерного излучения.

ABSTRACT

of the dissertation of Umedakhon Dzhuraboevna Rakhimova, on the topic “Technological features of a light polarizer based on a polymer-liquid crystal film” submitted for defense to the dissertation council 6D.KOA-056 at the Tajik National University for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) - doctor in the specialty 6D 011000 (6D060407) - condensed matter physics

Keywords: polymer, liquid crystal, composite, polarization, light radiation, drop, uniaxial tension, deformation, orientation, dielectric constant, configuration, texture, electric field, surfactant.

The relevance of the dissertation work. One of the most important tasks of the priority directions of optics of dispersed systems, developing at the boundary of liquid crystal physics and optoelectronics, is considered to be the study of a new category of composites, which are suspensions of droplets of nematic liquid crystals (NLCs) in the polymer volume. Scientific and practical interest in such objects is due to the unusual physicochemical properties of liquid crystal droplets associated with the complex ordered structure of two incompatible phases and their interaction at the interface, and the possibility of applying the effects of controlled light transmission and light scattering by dispersed systems of composite systems to form diverse optoelectronics and photonics devices. Due to the existence of comprehensively developed methods for detecting the physico-mechanical parameters of composites in general and the structure of individual NLC droplets in particular, multicomponent dispersed systems can be studied as an object of close importance for solving extensive problems related to fundamental and applied aspects of nonlinear optics.

The object of the study: Films of polymer dispersed liquid crystal - 4-n-pentyl-4'-cyanobiphenyl (5CB) with a clearance temperature $T_c = 42.5^\circ \text{C}$ and refractive indices: $n_{||} = n_{e,\max} = 1.725$ and at a temperature $T = 25^\circ \text{C}$ and wavelengths $\lambda = 0.633 \text{ mkm}$ were used. Polymer matrices were: polyvinyl butyral (PVB) and polyvinyl alcohol (PVS), providing tangential boundary conditions for the selected LC.

The purpose of the study is to develop approaches to the design and description of mesogenic media containing materials with frequency dispersion, nonlinearity and anisotropy; to study the features of light propagation and localization in such media; to search for new methods for controlling the optical and spectral properties of such media.

The results obtained and their novelty:

1. The configuration transformations of point defects in nematic droplets under the action of an electric field caused by a local change in the concentration of NLC in the polymer matrix have been discovered and investigated.
2. New orientation structures formed in the studied liquid crystal droplets as a result of the action of electric, mechanical and light fields are revealed and their characteristic textural patterns are presented.

-Scope of application:

1. Using the example of a 5CB DPLC with inclined boundary conditions, the orientation structure we discovered, combining the common features of a bipolar and axial configuration, can be used to manufacture electro-optical devices with memory effect and low control voltage.
2. The composite DPLC films developed in the dissertation and proposed for operation with strict observance of the fineness of the technological process can be recommended as a polarizer for modulating the intensity of heavy-duty laser radiation.