

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

Інституту фізики НАН України

член-кор. НАН України

доктор фіз.-мат. наук



Бондар М.В.

“4” грудня 2023р.

ВИТЯГ

з протоколу № від 30 листопада 2023р. засідання розширеного
наукового семінару Відділу оптичної квантової електроніки
Інституту фізики НАН України

Присутні:

- Головуючий на засіданні – головний науковий співробітник Відділу оптичної квантової електроніки, член-кор. НАН України, доктор фіз.-мат. наук, професор, Одулов С. Г.;
- з Відділу оптичної квантової електроніки Інституту фізики НАН України:
- учений секретар семінару, кандидат фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник, Пасько В. А.;
- завідувач Відділом оптичної квантової електроніки Інституту фізики НАН України, доктор фіз.-мат. наук., Васнецов М. В.;
- провідний науковий співробітник, доктор фіз.-мат. наук, професор, Теренецька І. П.;
- старший науковий співробітник, доктор фіз.-мат. наук, Щербін К. В.;
- старший науковий співробітник, кандидат фіз.-мат. наук., Гвоздовський І. А.;
- науковий співробітник, кандидат фіз.-мат. наук., Плутенко Д. О.
- науковий співробітник, Скрипка Я. М.
- старший науковий співробітник Мітряєв О.О.

Запрошені:

з інших відділів Інституту фізики НАН України:

- науковий співробітник Відділу фізики кристалів, кандидат фіз.-мат. наук., Креденцер С. В.
 - старший науковий співробітник Відділу фізики кристалів, кандидат фіз.-мат. наук., Курйоз Ю. І.
- з Міжнародного центру "Інститут прикладної оптики":
- старший науковий співробітник, кандидат фіз.-мат. наук., Лимаренко Р. А.

Порядок денний:

Обговорення дисертаційного дослідження Голуба П. на тему, затверджену вченою радою Інституту фізики Національної академії наук України, Протокол №2 від «16» лютого 2018: «Керування топологічними пастками в рідинних кристалах» поданого на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» щодо його рекомендації для попереднього розгляду та захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

Науковий керівник - доктор фіз.-мат. наук., професор, завідувач Відділом оптичної квантової електроніки Інституту фізики НАН України, Васнецов М. В.

Слухали: Доповідь молодшого наук. співроб. Відділу оптичної квантової електроніки Інституту фізики НАН України, Голуба Павла Володимировича за матеріалами дисертаційної роботи «Керування топологічними пастками в рідинних кристалах», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія».

Доповідач обгрунтував вибір теми дослідження, визначив мету та завдання, об'єкт та предмет дослідження, методи дослідження, вказав наукову новизну отриманих результатів, науково-практичну значущість роботи, виклав основні наукові положення та висновки, що виносяться на захист.

Дисертант вказав що керування орієнтацією, макроструктурою та оптичними властивостями рідинних кристалів є актуальним питанням сучасних як з фундаментальної так і з прикладної точки зору оскільки рідинні кристали активно використовуються в різних областях науки та технологій, починаючи від сучасної електроніки до медицини. рідиннокристалічні дисплеї, тепловізори та термографи, керовані лінзи та оптичні затвори, рідиннокристалічні лазери та декоративна косметика – ось далеко неповний лист застосувань рідинних кристалів. Навіть кевлар, який зараз найчастіше застосовується для бронежилетів, виготовлено з рідиннокристалічного полімеру.

Дисертантом було вказано на необхідність дослідження цих процесів для чого, було зроблено ряд досліджень:

В рамках цих досліджень детально вивчалась фото орієнтація рідкого кристалу на неорганічній фото орієнтуючій поверхні халькогеніду $As_{20}Se_{80}$, при опроміненні комбінованої комірки з рідким кристалом 5CB.

В ході опромінення комірки, через товщу рідкого кристалу, твердотільним лазером, з довжиною хвилі 532нм., було виявлено що утворюється неоднорідний розподіл орієнтації рідкого кристалу на поверхні халькогеніду у вигляді концентричних кілець. Аналіз цих твіст-структур в поляризаційному мікроскопі показав що структура кілець є просторовою модуляцією твіст-деформації на халькогенідній плівці Даний розподіл було отримано за допомогою аналізу серії фотографій неоднорідною твіст-структури при різних положеннях аналізатора.

Формування неоднорідних твіст структур на халькогеніді пояснюється процесом поглинання енергії світла халькогенідними плівкою і в

подальшому, трансформацією світлової енергії в теплову, передачею теплової енергії від халькогенідної плівки рідкому кристалу.

В дисертаційній роботі проведено оцінку нагрівання халькогенідної поверхні. Виходячи з її вимірної здатності до поглинання світла була проведена оцінка кількості енергії що перейшла у теплову і, як наслідок, розподіл температури на халькогенідній поверхні і в товщі рідкого кристалу. Для того щоб оцінити розподіл температури в комірці було розв'язано рівняння теплопровідності з граничними умовами. Для розв'язку використовувався пакет PDEsolve, який є частиною системи комп'ютерної алгебри Octave.

В результаті було показано що неоднорідний тепловий розподіл що виникає в наслідок опромінення РК Комірки світловим пучком з Гауссовим розподілом інтенсивності призводить до неоднорідного нагріву, неоднорідного розподілу двопроменезаломлення та, як наслідок, просторової модуляції інтенсивності переорієнтації на халькогенідній поверхні.

Формування індукованої світлом орієнтаційної модуляції на світлочутливій поверхні в комбінації з чвертьхвильовою пластинкою може бути використано для формування розподілу затримки фази, значення якого відповідає розподілу кута поляризації світла що задається попередньо записаним кутом переорієнтації директора.

Для того щоб сформувати розподіл фазової затримки, було використано той факт, що, у чверть хвильовій пластинці, оптичний шлях звичайної та незвичайної хвилі відрізняються, а інтенсивність кожної з компонент залежить від початкової поляризації світла.

За допомогою фото орієнтації можна записати розподіл орієнтації директора і, в результаті проходження світла через комірку з таким розподілом орієнтації директора, світло буде мати відповідний розподіл поляризації.

Розподіл поляризації призведе до відповідного розподілу інтенсивності звичайної та незвичайної компонент світла, при проходженні чвертьхвильової пластинки.

За допомогою поляризатора, що розташований під кутом 45° до вісі чвертьхвильової пластинки, можна виокремити сумарну компоненту від звичайного та незвичайного променя. Розподіл фази такої компоненти буде відповідати розподілу кута орієнтації рідкого кристалу на поверхні фотоорієнтанту.

Для експериментального дослідження цього ефекту була створена лінза Гауссової форми, яка може бути створена шляхом ресстрації розподілу енергії зчеплення, що відповідає розподілу інтенсивності в лазерному промені Гауссової форми. Фокусна відстань, системи з записаним Гауссовим розподілом, з півшириною $100\mu\text{m}$, при максимальному куті переорієнтації 26° складала 104 сантиметри.

Для перевірки наявності фазової затримки, був складений інтерферометр Маха-Цендера, в одному з плечей якого було встановлено рідиннокристалічний оптичний прилад.

Світло, проходячи через оптичну схему, отримує розподіл фазової затримки що призводить до викривлення інтерференційної картини.

У подальших дослідженнях дисертантом були показані результати отримані в рамках серії експериментів з управління рухом лінійного топологічного дефекту (дисклінації) в θ -комірці з нематичним рідким кристалом, затиснутим між двома скляними поверхнями одна з яких вкрита поліімідом (Каптон) а інша фотоорієнтуючим матеріалом PVCN (полівінілциннамаст).

Ідея цього дослідження полягала в контролі лінійної орієнтації на підкладці за допомогою поляризованого світла. Фотоіндукована переорієнтація директора на підкладці спричиняє зміну кута закрутки в об'ємі комірки, а отже, і зміну положення топологічного дефекту (дисклінації) у комірці.

Також в рамках четверного розділу зроблено серію експериментів, спрямованих на вирішення проблеми взаємодії мікрочастинок з дисклінацією в нематичній рідкокристалічній матриці. Використано θ -комірку з топологічним дефектом невизначеного скручування, яка здатна захоплювати мікрооб'єкти.

В рамках цього дослідження в перших же експериментах дисертант показав результати серії експериментів зі спейсерами розміром 1-3 мкм. Було показано що відбувається конкуренція між взаємодією самих сфер в об'ємному РК і силами, що притягують сфери до вирівнювання вздовж дисклінації. Результатом є серйозне відхилення локалізації спейсерів від необхідного лінійного вирівнювання. Крім рівномірного розташування спейсерів у межах дисклінації, спостерігається безліч різних деформацій з елементарними формами вигину, обертання, петлі або апендикса.

Зроблено висновок про необхідність використання іншої форми частинок для уникнення утворення дефектів. З цією метою були випробувані скляні циліндричні частинки діаметром 5мкм і довжиною близько 20 мкм. Хоча циліндри зазвичай мають тенденцію до орієнтації вздовж дисклінації, з'являються також апендикси.

Так як кількість апендиксів залежала від довжини частинок і зі збільшенням довжини було вирішено використати частинки що мають суттєво більшу за діаметр довжину. Було використано покриті металом полімерне волокно (нитка люрекс) діаметром близько 5мкм, та міліметровою довжиною. Цей вибір призвів до ідеального захоплення волокна.

Поєднання ширини волокна, його еластичних властивостей і високої відбивної здатності завдяки металізованій поверхні дає майже ідеальне рішення проблеми візуалізації. Однак масивний об'єкт занадто інертний для того, щоб привести його в рух.

У пошуках більш легких волокон використали зразок бавовняного волокна, яке виявилося просто ідеальним об'єктом для нашої мети. З цим матеріалом ми маємо додаткову можливість ввести барвник у волокно, щоб воно світилося в ультрафіолетовому світлі.

З цим досягненням ми перейшли до наступного кроку - приведення нитки в рух за допомогою "дисклінаційного двигуна". Локальним нагріванням комірки в точці, близькій до дисклінації, ми привели її в рух разом із захопленим гнучким волокном.

Результати, отримані для зразків різної форми, можуть бути використані для покращення видимості дисклінації як динамічного об'єкта, чутливого до температури та інших зовнішніх чинників і здатного переміщувати захоплені частинки.

По завершенню доповіді Голуба П.В. присутніми були поставлені такі запитання:

Член-кор. НАН України, доктор фіз.-мат. наук, професор, Одулов С. Г. Відмітив що форма та вигляд кільцеподібних структур дуже подібні до дифракційної картини, що спостерігається при формуванні теплової лінзи в рідинному кристалі та уточнив наскільки довго, можна спостерігати ці кільцеподібні структури.

Голуб П.В. Структури дійсно є дуже подібними до тих, що ми бачимо при утворенні однак мають дещо іншу природу. Ми спостерігаємо ці структури, на відміну від теплової лінзи, вже після закінчення опромінення в поляризаційному мікроскопі. Структури зберігаються на протязі довгого часу (роки). Структури ми бачимо в наслідок зміни орієнтації молекул рідинного кристалу, на фотоорієнтуючій поверхні.

Доктор фіз.-мат. наук, професор, Теренецька І. П Чи бачимо ми ці структури в неполяризованому світлі та якщо, після опромінення прибрати рідинний кристал?

Голуб П.В. Ні, в неполяризованому світлі, ці структури не видні. Також для дослідження цих структур, нами було розібрано комірку та досліджено її за допомогою мікроскопа, що дозволило нам сказати, що на халькогеніді не утворюється структур що викривляють проходження світла.

Член-кор. НАН України, доктор фіз.-мат. наук, професор, Одулов С. Г. Відмітив що в також зміна двопротомезаломлення в тонкій плівці халькогеніду в наслідок фотохімічних перетворень, не може бути достатньо суттєвою для утворення такої картини в поляризаційному мікроскопі. Також він спитав чи не відбувається зміна форми поверхні плівки під дією тепла?

Голуб П.В. Розібрана комірка також досліджувалася в скануючому тунельному мікроскопі, що дозволило нам, сказати, що в наслідок опромінення не відбувається спотворення поверхні халькогенідної плівки та немає утворення на ній, подібних, до тих що ми спостерігали, структур.

Доктор фіз.-мат. наук, професор, Теренецька І. П відмітила, що варто зазначити, та привести фотографії результатів, отриманих тоді, коли фотоорієнтуючий шар був опромінений до заповнення комірки та картину орієнтації молекул рідинного кристалу утворену в результаті такої геометрії

експерименту. Це підкреслить незвичність та наукову значущість отриманих результатів.

Голуб П.В. Так, я повністю з Вами погоджуюсь і врахую це в дисертації і в наступній доповіді.

Кандидат фіз.-мат. наук., Плутенко Д. О Чи враховували ви поглинання світла та виділення тепла в інших шарах, окрім халькогенідної плівки.

Голуб П.В. Поглинанням світла в інших шарах ми нехтували, через те, що воно, в порівнянні з поглинанням в халькогенідній плівці було несуттєвим.

Доктор фіз.-мат. наук, професор, Теренецька І. П. Який механізм наведення анізотропії в халькогенідній плівці ?

Голуб П.В. Одним з механізмів, що можуть пояснити формування світлоіндукованої анізотропії в халькогенідних плівках є впорядкування халькогенідного скла за допомогою поляризованого світла на основі одиночних пар. Це процес, при якому вплив поляризованого світла на халькогенідне скло призводить до того, що орієнтація одиночних пар електронів на атомах халькогену вирівнюється з електричним полем світла. Це призводить до зміни локальної структури та оптичних властивостей халькогенідного скла, таких як показник заломлення, двопроменезаломлення та дихроїзму.

Завідувач Відділом оптичної квантової електроніки Інституту фізики НАН України, доктор фіз.-мат. наук., Васнецов М. В Відмітив що потрібно скоротити вступну частину, щоб вкластися у регламент. Також потрібно скоротити і змінити доповідь, що стосується проміжних висновків. Окрім рисунків, їх необхідно показувати в основних положеннях доповіді, щоб уникнути повторів. Також, у третьому розділі, варто більше розповісти про основний експериментальний результат, а саме отриману гауссову лінзу та скоротити частину, що до теоретичних обрахунків параболічної лінзи та призми.

Голуб П.В. Дякую, врахую це в своїй доповіді.

Кандидат фіз.-мат. наук., Плутенко Д. О Відмітив що оптичні елементи, запропоновані в дисертаційній роботі, можна сформувані, за допомогою просторового модулятора світла, однак, запропонована в дисертації конструкція, має перевагу над ним, за рахунок своєї дешевизни та простоти виготовлення, що дозволяє створювати та використовувати їх у значно ширшому діапазоні застосувань.

Голуб П.В. Так, я з Вами повністю погоджуюсь.

В обговоренні дисертації також взяла участь:

кандидат фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб., Пасько В. А.;

ст. наук. співроб., доктор фіз.-мат. наук, Щербін К. В.;

ст. наук. співроб., кандидат фіз.-мат. наук., Гвоздовський І. А.;

наук. співроб., Скрипка Я. М.

ст. наук. співроб Мітрянєв О.О.

наук. співроб. Відділу фізики кристалів, кандидат фіз.-мат. наук., Креденцер С. В.

ст. наук. співроб. Відділу фізики кристалів, кандидат фіз.-мат. наук., Курйоз Ю. І.

ст. наук. співроб. міжнародного центру "Інститут прикладної оптики", кандидат фіз.-мат. наук., Лимаренко Р. А.

які відзначили, що дисертація Голуба Павла Володимировича є завершеною науковою працею, зміст дисертації відповідає поставленій меті, поставлені здобувачем наукові завдання вирішені повністю і відповідають положенням у висновках. Структура і обсяг роботи відповідають встановленим вимогам.

Основні положення дисертації, наукові та практичні результати розкриті повною мірою, характеризуються обґрунтованістю та логічною завершеністю, формують науковий доробок здобувача, що відображений в опублікованих працях за темою дисертації.

Також було озвучено **висновок наукового керівника** – завідувача Відділом оптичної квантової електроніки Інституту фізики НАН України, доктора фіз.-мат. наук., **Васнецова Михайла Вікторовича**: Голуб П.В. приймав активну участь у виборі теми дисертаційних досліджень, виконав усі заплановані наукові дослідження у межах навчання в аспірантурі та провів комплекс досліджень з відповідною апробацією результатів.

Під час роботи над дисертацією Голуб П.В. оволодів сучасними методами і методиками досліджень процесів у рідинних кристалах. Зокрема, засвоїв методики поляризаційної мікроскопії на поляризаційному мікроскопі Olympus BX53 оснащеному CCD камерою підключеною до комп'ютера.

Він брав активну участь в проведенні досліджень властивостей рідинних кристалів, насамперед, фотоорієнтації нематичних і холестеричних рідинних кристалів, та процесів, що відбуваються в процесі формування та переміщення топологічних дефектів в рідинних кристалах, а також захоплення ними частинок мікронного та міліметрового розміру.

Голуб П.В. брав активну участь в обговоренні постановці та вирішенні задач розглянутих у дисертації, підготовці та написанні статей. Він особисто брав участь у виготовленні експериментальних зразків. Автором було побудовано оптичну схему для запису поляризаційних структур на поверхні фото чутливого орієнтуючого шару, а також він самостійно зібрав інтерферометр Маха-Цендера для реєстрації фазового розподілу при проходженні світла через оптично-поляризаційний прилад на основі рідинно-кристалічних комірок. Автор проводив підготовку, та експериментальне дослідження руху топологічних дефектів у комбінованих θ -комірках.

Результати роботи доповідалися на 4х міжнародних наукових конференціях та опубліковано у 3х статтях у міжнародних журналах, що індексуються у Scopus, з

них 1 робота належить до квартилю Q2, одна – до квартилю Q3, одна – до квартилю Q4, відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank.

Під час навчання в аспірантурі Голуб П.В. зарекомендував себе кваліфікованим спеціалістом, ініціативним науковцем, здатним самостійно ставити та розв'язувати практичні задачі, аналізувати та узагальнювати отримані результати, порівнювати їх із наявними літературними даними.

Вважаю, що дисертаційна робота Голуба П.В. за темою: «Керування топологічними пастками в рідинних кристалах», що подається до захисту є завершеною науковою роботою, яка за своєю актуальністю наукової новизини і практичним значенням відповідає вимогам освітньо-науковій програмі PhD рівня, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» 10 «Природничі науки».

Ухвалили:

Прийняти висновок щодо дисертаційної роботи Голуба Павла Володимировича на тему: «Керування топологічними пастками в рідинних кристалах».

ВИСНОВОК

Інституту фізики НАН України

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Голуба Павла Володимировича на тему: «Керування топологічними пастками в рідинних кристалах», поданої на здобуття ступеня доктора філософії у галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія»

Обґрунтування вибору теми дисертаційного дослідження.

Керування орієнтацією, макроструктурою та оптичними властивостями рідинних кристалів є актуальним питанням сучасних як з фундаментальної так і з прикладної точки зору оскільки рідинні кристали активно використовуються в різних областях науки та технологій, починаючи від сучасної електроніки до медицини. рідиннокристалічні дисплеї, тепловізори та термографи, керовані лінзи та оптичні затвори, рідиннокристалічні лазери та декоративна косметика – ось далеко неповний лист застосувань рідинних кристалів. Навіть кевлар, який зараз найчастіше застосовується для бронезилетів, виготовлено з рідиннокристалічного полімеру.

Для дослідження структури рідинного кристалу використовуються комбіновані комірки що складаються з прозорих підкладок з попередньо заданою орієнтацією рідинного кристалу на поверхні. Такий метод дозволяє отримати задану орієнтацію молекул рідинного кристалу в усьому об'ємі комірки. Однією з цікавих особливостей рідинних кристалів є здатність генерувати різноманітні візерунки у поляризованому світлі, які вони утворюють завдяки двопронезаломленню рідинних кристалів. Ці закономірності майже повністю обумовлені структурою, яка виникає в далекому молекулярному порядку рідини.

При цьому у впорядкуванні структури рідинних кристалів можуть виникати топологічні дефекти. Топологічний дефект у площині поворотної комірки, заповненої рідинних кристалів, з'являється, коли кут скручування директора стає невизначеним.

Положення дефекту в рідинному кристалі, повністю задається орієнтацією рідинного кристалу на орієнтуючих поверхнях підкладинок. Це дозволяє, керуючи орієнтацією на поверхні, змінювати орієнтацію в об'ємі і керувати положенням дефекту.

Останнім часом активно розвиваються методи фотоорієнтації молекул рідинного кристалу використовуючи фото ізомеризацію шару молекул нанесеного на поверхню підкладинок поляризованим випромінюванням. Використання фоточутливих підкладинок є актуальним як з фундаментальної точки зору так і для практичного застосування (для побудови новітніх типів рідинно-кристалічних дисплеїв, дозиметрів випромінювання, приладів для контрольованого захоплення та переміщення частинок, оптичних приладів з контрольованими характеристиками на основі рідинних кристалів, тощо).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалась у Відділі оптичної квантової електроніки Інституту фізики Національної академії наук України, в рамках наукової теми: "Фотофізика процесів взаємодії оптичного випромінювання з фоторефрактивним, твердотільним та біологічно органічним середовищем" (№ державної реєстрації: 0120U102734)

Мета і завдання дослідження.

Метою дисертаційної роботи є дослідження фотоорієнтації на орієнтуючих поверхнях та виявлення особливостей формування світлоіндукованих поляризаційних структур в системі рідинний кристал-халькогенід, розробка методів керування топологічними дефектами в θ -комірці за допомогою фотоорієнтації, дослідження можливостей візуалізації топологічного дефекту за допомогою мікроскопічних частинок, а також дослідити можливості та методи керування мікроскопічними частинками в захоплених топологічними дефектами в рідинному кристалі

Об'єктом дослідження є: нематичні рідинні кристали 5CB (4ціано-4пентибіфеніл) та РК-440 (рідиннокристалічна суміш з 2/3 частин п-бутил-п-метілоксіазоксібензола і 1/3 частини п-бутил-п-гептаноілоксіазоксібензола), скляні підкладки з фото орієнтуючими покриттями такими як: халькогенід $As_{20}Se_{80}$ та полівініл-циннамат.

Предмет дослідження: методи керування орієнтацією нематичного рідинного кристалу за допомогою зміни його орієнтації на поверхні орієнтуючих підкладок, вплив фотоорієнтації молекул рідинного кристалу на поверхні

поверхні орієнтуючих підкладок, захоплення та переміщення частинок мікронного розміру топологічним дефектом.

Застосовані такі *методи дослідження* як: поляризаційна мікроскопія – для ідентифікації текстур рідинних кристалів, вимірювання твіст-кута орієнтації нематичного рідинного кристалу на орієнтуючих поверхнях в комбінованих комірьках та спостереження формування та зміни положення дефектів у рідинно-кристалічній комірьці. Інтерференційний метод для визначення товщини комірьок, метод вимірювання фазової затримки за допомогою інтерферометра.

Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому що:

Вперше експериментально виявлено ефект формування поляризаційної структури концентричних кілець при опроміненні фотоорієнтуючої поверхні комбінованої рідиннокристалічної комірьки.

Побудовано теоретичну модель та проведено комп'ютерне моделювання процесів нагрівання та розповсюдження світла у комбінованій комірьці під час опромінення її лінійно поляризованим світлом.

Вперше запропоновано та експериментально продемонстровано можливість побудови оптичних поляризаційних приладів на основі комбінованих рідиннокристалічних комірьок з попередньо сформованим розподілом кута закручування та показано можливість керування розподілом світла шляхом зміни розподілу фази в наслідок зміни поляризації.

Показано можливість точного позиціонування топологічного дефекта та захоплених ним частинок шляхом зміни орієнтації рідинного кристалу на фотоорієнтуючій поверхні в комбінованій θ -комірьці.

Вперше показано можливість захоплення та транспортування топологічним дефектом частинок мікроскопічного та макроскопічного розміру.

Практичне значення отриманих результатів

Оптичні поляризаційні прилади, зокрема лінзи та призми можуть мати широке використання як для використання у прикладних та фундаментальних задачах, таких як використання у оптичних приладах для керування розповсюдженням світла, створення фазових решіток, пристроїв керування пучками, тощо.

Комбіновані θ -комірьки з фоточутливою орієнтуючою поверхнею, можуть застосовуватись для точного вимірювання дози опромінення.

Можливість точного керування рухом топологічного дефекту дозволяє використовувати його для захоплення, впорядкування та точного позиціонування нано, мікро та навіть макро частинок, що може бути корисним для побудови оптичних хвилеводів, суперлінз, пристроїв керуванням світловим пучком, тощо.

Особистий внесок здобувача:

Автор брав активну участь в обговоренні постановці та вирішенні задач розглянутих у дисертації, підготовці та написанні статей. Він особисто брав участь у виготовленні експериментальних зразків. Автором було побудовано оптичну

Автор брав активну участь в обговоренні постановки та вирішенні задач розглянутих у дисертації, підготовці та написанні статей. Він особисто брав участь у виготовленні експериментальних зразків. Автором було побудовано оптичну схему для запису поляризаційних структур на поверхні фото чутливого орієнтуючого шару, а також він самостійно зібрав інтерферометр Маха-Цендера для реєстрації фазового розподілу при проходженні світла через оптично-поляризаційний прилад на основі рідинно-кристалічних комірок. Автор проводив підготовку, та експериментальне дослідження руху топологічних дефектів у комбінованих θ -комірках.

Перелік публікацій за темою дисертації, які відображають основні результати дисертації.

Основні наукові результати дисертації висвітлені у 7 наукових публікаціях, серед яких 3 статті у періодичних фахових виданнях та 4 тези доповідей на міжнародних наукових конференціях:

Статті у періодичних фахових виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports:

N. Sheremet, P. Golub, Y. Kurioz, M. Trunov and Y. Reznikov, Light-induced LC director freezing on a chalcogenide surface. *Liquid Crystals*, 43(2), 249–255 (2015). doi:10.1080/02678292.2015.1100336 *Особистий внесок — отримання експериментальних даних (частково), їх аналіз, дослідження, обрахунок розповсюдження тепла, зміни двопронизаломлення та модуляції директора рідинного кристалу, огляд і редагування статті, публічна презентація.*

Golub, P., Kurioz, Y., Sheremet, N., Trunov, M., & Reznikov, Y. (2018). Director modulation of nematic liquid crystal on photosensitive chalcogenide surface. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 661(1), 25–37. doi:10.1080/15421406.2018.1460235 *Особистий внесок — отримання експериментальних даних (частково), їх аналіз, дослідження, побудова експериментальної установки, огляд і редагування статті, публічна презентація*

Стаття у науковому фаховому виданні України (категорія «А»), проіндексованого у базах WoS та/або Scopus:

Golub, P. V., & Vasnetsov, M. V. (2021)1. Photo-alignment control of topological defects in nematic liquid-crystal cells2. *Ukrainian Journal of Physical Optics*, 22(2), 87–91. <https://doi.org/10.3116/16091833/22/2/87/20213> *Особистий внесок — отримання експериментальних даних (частково), їх аналіз, дослідження, огляд і редагування статті, публічна презентація*

Golub P., Kurioz Yu., Sheremet N., Trunov M., Reznikov Yu. «Light-induced LC director freezing on a chalcogenide surface» Book of abstracts 4-th INTERNATIONAL SUMMER SCHOOL NANOTECHNOLOGY: FROM FUNDAMENTAL RESEARCH TO INNOVATIONS - Migove-Chernivtsi region Ukraine – 2017 – p.50

Golub P. Vasnetsov M. “Visualization of the topological defect in liquid crystal cells” Book of abstracts XXIVth Galyna Puchkovska International School Seminar "Spectroscopy of Molecules and Crystals" Odessa, Ukraine – 2019 – p.93

Golub P. Vasnetsov M. “Visualization of the topological defect in liquid crystal cells” Book of abstracts “International research and practice conference (NANO-2019)”Lviv Ukraine – 2019 – p.

Golub P. Vasnetsov M. Book of abstracts “International research and practice conference (NANO-2020)”Lviv Ukraine – 2020 – p.

Структура і зміст роботи.

Дисертація складається із анотації (українською та англійською мовами), вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та списку використаних джерел (132 пункти). Вона викладена на 145 сторінках та містить 52 рисунки.

Характеристика особистості здобувача.

Голуб Павло Володимирович народився 1 серпня 1993 року. У 2016 році закінчив «Московський Фізико-Технічний Інститут» Державний Університет та отримав диплом магістра за спеціальністю «03.04.01 Прикладні фізика та математика». У 2020 році закінчив навчання в аспірантурі на базі Відділу оптичної квантової електроніки Інституту фізики Національної академії наук України за освітньо-науковою програмою «Фізика конденсованого стану, оптика і лазерна фізика, nano- та біофізика».

Оцінка мови та стилю дисертації.

Дисертація виконана українською фаховою мовою з правильним вживанням спеціальної термінології. Стиль викладення в дисертації матеріалів досліджень, наукових положень та висновків забезпечує доступність їх сприйняття. Оформлення дисертаційної роботи відповідає стилю науково-дослідної літератури.

За результатами попередньої експертизи дисертаційного дослідження, виконаного Голубом П.В., а також вивчення повноти публікації основних результатів дослідження

УХВАЛЕНО:

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Голуба Павла Володимировича на тему: **«Керування топологічними пастками в рідинних кристалах».**
2. Констатувати, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Голуба П.В. відповідає спеціальності 104 «Фізика та астрономія» та Вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення

разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року.

3. Рекомендувати дисертаційну роботу «Керування топологічними пастками в рідинних кристалах», подану Голубом Павлом Володимировичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія»
4. Рекомендувати Вченій раді Інституту фізики НАН України утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

Завідувач відділу лазерної спектроскопії нашого інституту, член-кореспондент НАН України, доктор фіз.-мат. наук Анатолій Михайлович Негрійко.

Рецензенти:

- кандидат фіз.-мат. наук науковий співробітник відділу фізики кристалів Сергій Вікторович Креденцер
- доктор фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник відділу нелінійної оптики, Надія Олександрівна Давидова.

Опоненти:

- доктор фіз.-мат. наук, завідувач відділу фізичної хімії дисперсних мінералів Інституту біоколоїдної хімії НАН України Микола Іванович Лебовка;
- доктор фіз.-мат. наук, професор, провідний науковий співробітник, Відділу наноструктурних матеріалів Інституту скінтіляційних матеріалів, Лисецький Лонгін Миколайович .


Результати голосування щодо рекомендації до захисту дисертації Голуба П.В. на тему: «Керування топологічними пастками в рідинних кристалах» на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія».

«За» – 12

«Проти» – немає

«Утримались» – немає

Головуючий на засіданні
головний науковий співробітник
Відділу оптичної квантової електроніки
Інституту фізики НАН України,
член-кор. НАН України,
доктор фіз.-мат. наук, професор,


Одулов С. Г.