

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Інститут фізики НАН України

ТЕЗИ

*ПІДСУМКОВОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ІНСТИТУТУ ФІЗИКИ НАНУ ПНК-2025*

КИЇВ-2026

Склад оргкомітету

1.	Добровольський А.М., др. фіз.-мат. наук	голова оргкомітету ПНК-2024
2.	Яценко Л.П., академік НАН України	член оргкомітету ПНК
3.	Нечитайло В.Б., канд. фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
4.	Негрійко А.М., чл.-кор. НАН України	член оргкомітету ПНК
5.	Держипольська Л.А., канд. фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
6.	Гнанюк О.М., доктор фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
7.	Бондар М.В., доктор фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
8.	Васнецов М.В., доктор фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
9.	Гнатенко Ю.П., доктор фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
10.	Дмитрук А.М., доктор фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
11.	Довбешко Г.І., доктор фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
12.	Морозовська Г.М., доктор фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
13.	Неймаш В.Б., доктор фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
14.	Остапенко Н.І., доктор фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
15.	Порошин В.М., доктор фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
16.	Петрова Н.В., канд. фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
17.	Тараненко В.Б., доктор фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
18.	Вербицький А.Б., канд. фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
19.	Ганджа І.С. канд. фіз.-мат. наук	член оргкомітету ПНК
20.	Креденцер С.В., канд. фіз.-мат. наук, представник Профкому	член оргкомітету ПНК
21.	Гринь В.О., представник ради молодих вчених	член оргкомітету ПНК
22.	Микитюк Т.В., канд. фіз.-мат. наук	секретар оргкомітету ПНК

Запрошена доповідь. Полевецька О.В., Шендеровський В.А. : “Дмитро Іваненко – з плеяди знаменитих фізиків-теоретиків ХХ століття”	5
Запрошена доповідь. Березников О.В. , Стеценко Д.О., Пилипчук О.С., Вайнберг В.В., Порошин В.М., Морозовська Г.М.: “Розмірні та поверхневі ефекти у щільних сегнетоелектричних нанокompозитах”. Доповідь підготовлена за результатами робіт відзначених Премією Верховної Ради України для молодих вчених	8
1. Вайнберг В.В. , Пилипчук О.С., Морозовська Г.М., Порошин В.М., Гуденко Ю.М.: “Надвисокий діелектричний відгук та його зв'язок з електричною провідністю порошків наночастинок $\text{Hf}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_2$ ”	9
2. Плутенко Д.О. , Васнецов М.В.: “Генерування ідеально ахроматичних оптичних вихорів за допомогою компенсованої тандемної комірки на основі закрученого нематика”	10
3. Афанасьєва Т.В. : “Вплив просторової структури білка на оптичні спектри поглинання оксигемоглобіну: гібридне квантово-механічне/молекулярно-механічне дослідження”	11
4. Гнатенко Ю.П., Буківський А.П. , Буківський П.М., Гамерник Р.В., Опанасюк А.С.: “Вплив відпалу на структурні, оптичні, електричні та фотоелектричні властивості гетероструктур ZnO/NiO ”	12
5. Столяров Є., Андрійчук В., Соколов А. : “Порушення Джозефсонової симетрії через метастабільний зсув фази та створення двофотонної взаємодії між надпровідними електричними колами”	13
6. Кадан В. , Дмитрук А., Дмитрук І., Ніколаєнко А., Норенко А., Павлов І.: “Нові методики нелінійно-оптичної діагностики актуальних матеріалів оптоелектроніки”.	14
7. Жулай Д. , Бойчук Н., Клімушева Г., Яремчук Г., Мирна Т., Гарбовський Ю., Назаренко В., Майєр Д., Вітусевич С.: “Вуглецевий парадокс у м'яких напівпровідниках та нові підходи до аналізу імпедансної спектроскопії”	15
8. Мануйлов Є. , Гаврилко Т., Шимановська В., Клішевич Є., Халявка Т., Шиманський Д., Чайка М., Безкровний О., Баран Д., Дрозд М., Грівель Ж.-К.: “Синтез та характеристика наноструктурованого TiO_2 , кодопованого Co-Si , з покращеною фотокаталітичною активністю при видимому світлі у реакції деградації фенолового червоного”.	16
9. Морозовський М.В. , Єлісєєв М.Є.: “Динамічна вольт-амперна і піроелектрична характеристика наногранульованої кераміки BaTiO_3 , отриманої іскро-плазмовим спіканням”.	17
10. Боднарук А.В. , Педань, Р.В., Владимирський І.А.: “Дослідження впливу відпалу та опромінення на магнітні властивості плівок Pt/Co ”	18
11. Смірнова Т.М., Гринь В.О. , Климчук Д.О., Акімов Ю.М.: “Особливості формування наночастинок срібла у фотополімерній матриці за однорідного освітлення”	19
12. Гнатюк О.П. , Оленчук М.В., Романенко С.В., Монастирський Г.П., Соляник Г.І., Колесник Д.Л., Довбешко Г.І.: “Механічні властивості мембран метастазуючих пухлинних клітин як діагностичні маркери”	20
13. Панасюк В.В. , Ільченко С.Г., Тараненко В.Б.: “Керовані гібридні оптичні моди у планарних металодіелектричних наноструктурах”	21
14. Балакін Д.Ю. , Ничипорук Ю.М., Ларіна О.В.: “Вплив міжкомпонентної взаємодії на формування фазового складу та каталітичну активність систем для окисної дегідрогенізації н-бутану в 1,3-бутадиєн за участю CO_2 ”	22

15. Булуй О., Кравчук Р., **Курочкін О.**, Арясова Н., Назаренко В., Баснет Б., Паладугу С., Шияновський С., Лаврентович О., Кравець М., Сашук В.: “Ферроелектричні нематичні рідкі кристали: нова парадигма для електрооптичних застосувань” 23
16. **Кадашук А.**, Станкевич А., Вахнін О., Andrienko D.: “«Роль суперобмінного механізму переносу носіїв заряду в допованих аморфних органічних напівпровідниках»” 24
17. Держипольська Л.А., **Передерій О.О.**, Держипольський А.Г., Шарлович Я.П., Ходаківський С.В., Негрійко А.М.: “Аналіз ключових параметрів виявлення оптичних систем методом лазерної ретрорефлексії в умовах низького рівня корисного сигналу та інтенсивних фонових завад” 25
18. **Дмитрук А.**, Кадан В., Дмитрук І., Березовська Н., Норенко А., Ніколаєнко А.: “Фемтосекундне лазерне випромінювання для модифікації та дослідження матеріалів” 26
19. Баженов В.Ю., **Цюлко В.В.**, Піун В.М.: “Особливості властивостей імпульсного розряду з порожнистим катодом в аргоні низького тиску збуджуваного інжекцією плаз мого згустку” 27
20. **Нич А.**, Огниста У., Pisljar J., Kralj S., Musevic I.: “Структурні флуктуації в ультратонких плівках ахіральних і хіральных рідких кристалів поблизу фазового переходу плавлення” 28
21. **Ралієв М.В.**, Фесенко О.М., Яремкевич А.Д., Леоненко Є.В.: “Ефекти та механізми підсилення оптичних переходів молекул тиміну та гліцину на комбінованих наноструктурах Fe_3O_4 допованих благородними металами” 29

Дмитро Іваненко – з плеяди знаменитих фізиків-теоретиків ХХ століття

Полевецька О.В., Шендеровський В.А

*Нейтрон такою ж мірою
елементарний, як протон.
(Дмитро Іваненко)*

Стрімкий розвиток атомної енергетики у ХХ столітті зумовили значні досягнення теоретичної і прикладної фізики в багатьох країнах світу. Важливе значення у цьому процесі мало також, поза всяким сумнівом, заснування у 1928 році у Харкові Українського фізико-технічного інституту. Директором інституту призначили професора Івана Обреїмова, який запропонував Дмитрові Іваненку переїхати до Харкова. Заступником директора став Олександр Лейпунський. Першими співробітниками УФТІ стали науковці Ленінградського фізико-технічного інституту, а також група науковців-харків'ян на чолі з деканом фізичного факультету Харківського університету Андрієм Желехівським. Великий внесок у створення УФТІ зробив Дмитро Рожанський (родом з Києва) – радіофізик, член-кореспондент АН СРСР з 1933 року, який раніше працював в Харківському університеті і був засновником наукової школи радіофізики в ньому. Основними напрямками роботи інституту першої половини 30-х років була фізика ядра, фізика надвисоких частот, фізика низьких температур і фізика кристалів.

У 1929–1931 роках Дмитро Іваненко очолював (на пропозицію Обреїмова) теоретичний відділ УФТІ. Уже в травні 1929 року за ініціативи Д. Іваненка в інституті відбулася перша теоретична конференція.

На жаль, світова історія не завжди була справедливою до окремих націй чи до окремих осіб. Якщо нині імена творців квантової механіки, ядерної фізики, фізики елементарних частинок, фізики космічного проміння є добре знайомими студентам фізичних факультетів, науковцям, то ім'я не менш талановитого вченого Дмитра Іваненка (рівно ж як і Андрія Желехівського) з різних причин було замовчуванням і донині воно малознане.

Дмитро Іваненко народився в Полтаві 29 липня 1904 року в Полтаві. Його батько Дмитро походив з родини священників. Мати, Лідія Миколаївна, походила з дворянської родини Слатіних. Після закінчення у 1920 році гімназії в Полтаві Дмитро працював учителем фізики в школі, одночасно навчався в Полтавському педагогічному інституті, закінчивши який поступив до Харківського університету. Водночас він працював у Полтавській астрономічній лабораторії. У 1923–1927 роках Дмитро Іваненко був студентом Ленінградського університету і одночасно працював у Державному оптичному інституті. Саме тут, у Ленінграді, відбулася зустріч трьох у майбутньому знаменитих фізиків: Георгія Гамова (Джо), Лева Ландау (Дау) і Дмитра Іваненка (Дімуса). З 1927 по 1930 роки Дмитро Іваненко – аспірант, а потім і співробітник Фізико-математичного інституту АН СРСР; з 1929 по 1931 роки він стає першим завідувачем теоретичного відділу УФТІ, завідувачем кафедрою теоретичної фізики Механіко-машинобудівельного інституту, професором Харківського університету, ініціює видання у Харкові фізичного журналу німецькою мовою «Physikalische Zeitschrift der Sowjet Union», а потім організовує видання журналу і англійською мовою.

1931 року Іваненко повертається до Ленінграда, де працює старшим науковим працівником Ленінградського фізико-технічного інституту АН СРСР до 1935 року. Тут було створено ядерний відділ, яким керував Ігор Курчатов, а Іваненко очолив ядерний семінар. Дмитро Іваненко брав активну участь у підготовці до проведення першої конференції щодо ядра у 1933 році. Ця робота зумовила необхідність зустрічей із самим Сергієм Кіровим, вбивство якого згодом спричинило масові репресії у країні. Не оминула караюча рука і молодого вченого. 25 лютого 1935 року Іваненка арештували і засудили до трьох років таборів з конфіскацією майна. Вчений відбував покарання у Карагандинському таборі, де відбув один

рік. А далі табір було замінено (своїм рятівником Іваненко вважав Сергія Вавилова) на заслання до Томська, де Іваненко працював старшим науковим співробітником Томського фізико-технічного інституту, професором і завідувачем кафедри теоретичної фізики університету. У 1939–1943 роках Іваненко був завідувачем кафедри теоретичної фізики Свердловського університету і одночасно, у 1940–1941 роках, він завідувач кафедри теоретичної фізики Київського університету. З 1949 року і до кінця життя Дмитро Іваненко був професором фізичного факультету Московського державного університету. У період 1944–1948 років Іваненко керував також кафедрою фізики Тимирязівської сільськогосподарської академії, а в 1949–1963 роках за сумісництвом був старшим науковим співробітником Інституту історії природознавства і техніки АН СРСР (ідея створення якого належить Володимиру Вернадському).

Славу великого фізика-теоретика принесла Дмитрові Іваненку праця, надрукована ним у травні 1932 року (йому було тоді 27 років) у журналі «Nature», в якій він уперше висловив твердження, що ядро складається тільки з протонів і нейтронів, до того ж нейтрон є елементарною частинкою зі спіном $1/2$. Це усувало так звану «азотну катастрофу». Тільки через декілька тижнів німецький фізик Вернер Гейзенберг також опублікував статтю про протон-нейтронну модель ядра, пославшись на роботу Іваненка у журналі «Nature».

Визнанням наукових заслуг Іваненка може слугувати участь багатьох визначних вчених того часу (П. Дірак, Ф. Жоліо-Кюрі, В. Вайскопф, Ф. Перрен, Ф. Разетті) у роботі 1-ї Всесоюзної ядерної конференції у Ленінграді у 1933 році, ініціатором і одним з організаторів якої був молодий вчений.

Дмитро Іваненко опублікував більше 300 наукових праць. І яких! Кілька з них рівня Нобелівської премії. Одна з них – у 1934 році, у якій Д. Іваненко разом з І. Таммом запропонували модель ядерних сил шляхом обміну частинками – парою електрон-антинейтрино. Другим нобелівським результатом у 1944 році стало передбачення щодо синхротронного випромінювання ультрарелятивістських електронів (спільно з І. Померанчуком). Третя геніальна ідея – це гіпотеза протон-нейтронного складу ядра, висловлена Дмитром Іваненком зразу ж після відкриття нейтрона Чедвіком (його повідомлення датовано 17 лютого 1932 року).

Характерною рисою Дмитра Іваненка було його напрочуд феноменальне сприйняття нових, а іноді божевільних ідей. Тут варто згадати його першу працю з Георгієм Гамовим щодо 5-вимірного простору (1926 р.); теорію спінорів як антисиметричних тензорних полів (разом з Ландау, 1928 р.); теорію дискретного простору-часу Іваненка-Амбарцумяна (1930 р.), теорію гіперядер (разом з Колесниковим, 1956 р.); гіпотезу квантових зірок (разом з Д. Курдгеладзе, 1965 р.). Видана 1949 року і перекладена на декілька мов книга Д. Іваненка і Арсенія Соколова «Класична теорія поля» стала першим сучасним посібником з теорії поля. Під редакцією Дмитра Іваненка видано 27 монографій і збірників статей провідних закордонних вчених, які відіграли визначальну роль в розвитку світової науки.

Про визнання наукових здобутків Дмитра Іваненка можуть свідчити знамениті вислови на стінах його кабінету на фізичному факультеті, залишені шістьма нобелівськими лауреатами (П. Дірак, Х. Юкава, Н. Бор, І. Пригожин, С. Тінг, М. Гелл-Манн).

Бувши великим вченим, Дмитро Іваненко любив життя, добре розумів і цінував живопис, знав минувшину, уважно ставився до наукової термінології. Це він ввів нині звичні терміни «власне значення і власні вектори» і «комп'ютер». У нього було багато захоплень: ботаніка, філателія, фотографування, кінозйомка, колекціонування метеликів, шахи, великий теніс, водіння автомобілем. Вчений був віруючою людиною, що у радянські часи йому доводилося приховувати. Любив свободу, чим викликав нерозуміння багатьох людей тієї епохи. Він не вступав до лав КПРС, категорично відмовлявся працювати над ядерною програмою, не брав участі у суботниках, політзаняттях та інших заходах. Іваненко мав також неабиякий талант організатора, починаючи від організації різноманітних семінарів, конференцій, симпозіумів, наукових товариств. Архів Іваненка містить близько тисячі документів і листів вітчизняних і закордонних вчених, включаючи 20 лауреатів Нобелівської премії...

Дмитро Іваненко не став академіком. Двічі йому було відмовлено у отриманні «Почесного звання заслуженого діяча науки і техніки» (у 1974 і 1984 роках). У 1980 році вченого нагороджено орденом Трудового Червоного Прапора (у зв'язку з ювілеєм Московського університету). Лише у 1989 року Дмитра Іваненка було реабілітовано, а 19 грудня 1994 року йому присуджено почесне звання «Заслужений професор Московського університету».

1985 року, після повернення з конференції у Японії, вчений захворів – у нього виявили рак передміхурової залози. Йому зробили операцію, після чого він прожив активно ще десять років, працював, їздив на конференції. 30 грудня 1994 року Дмитро Іваненко помер, як і його батько, напередодні Нового року. Як згадує його дружина, Іваненко широко зрадив, побачивши по телевізору знесення пам'ятника Дзержинському. «Все-таки я пережив цю владу», – такою була його реакція на життя, сповнене страху і приниження, арештів, таборів. Його передсмертними словами були: «А все-таки я переміг». Поховано вченого на Кунцевському кладовищі у Москві.

Література:

1. Герштейн С. С. На заре ядерной физики. К 100-летию со дня рождения Д. Д. Иваненко // Природа. 2004. № 8.
2. Куликова-Иваненко Р. А. К 100-летию со дня рождения Д. Д. Иваненко. Д. Д. Иваненко – вне науки и политики. Vivos voco... // Природа. 2004. № 8.
3. Сарданашвили Г. А. Дмитрий Иваненко – суперзвезда советской физики. Ненаписанные мемуары. Режим доступа: <http://phys.msu.ru/upload/iblock/815/ivanenko-book.pdf>.
4. Шендеровський В. Нехай не гасне світ науки. У 4 т. Київ: ВД «Простір», 2017. Т. 4. С. 67–73.
5. Ранюк Ю.М. Лабораторія №1. / Ядерна фізика в Україні / Ю.М.Ранюк, Харків, Акта, 2001, 588 с.
6. Звонкова Г.Л. Початок досліджень з ядерної фізики в Україні. / Матеріали 28 Всеукраїнської наукової конференції молодих істориків науки, техніки і освіти та спеціалістів за темою «Історія науки і техніки у кризові періоди суспільного розвитку», м.Київ, 14 квітня 2022, С.126-129.

Розмірні та поверхневі ефекти у щільних сегнетоелектричних нанокompозитах

О.В. Березников, Д.О. Стеценко, О.С. Пилипчук, В.В. Вайнберг,
В.М. Порошин, Г.М. Морозовська

Актуальність роботи. Колоїди та композитні плівки, що містять сегнетоелектричні наночастинки різних форм і розмірів, є унікальними модельними системами для фундаментальних досліджень розмірних та поверхневих ефектів, а також диполь-дипольних взаємодій в ансамблях наночастинок. При цьому роль розмірних та поверхневих ефектів особливо важлива в щільних сегнетоелектричних нанокompозитах, де вони недостатньо вивчені теоретично.

Результатом роботи є: Досліджено вплив розмірних та поверхневих ефектів на діелектричні та електрокалоричні властивості щільних полімер-сегнетоелектричних композитів з наночастинками BaTiO_3 . Теоретично показано, що правильний вибір діелектричної проникності середовища та радіуса нанодротів дозволяє досягти максимального ефекту негативної ємності та/або максимального посилення електрокалоричного ефекту. Встановлено фізичний механізм підвищення електрокалоричного відгуку, який полягає в комбінованій дії поверхневих та розмірних ефектів, що проявляються як далекосяжні електростатичні взаємодії між сегнетоелектричними диполями в нанодротах та зарядами зображення в електродах.

Новизна результатів. Опис температурної та частотної поведінки ефективної діелектричної проникності проведено в рамках запропонованої феноменологічної моделі, яка враховує екрануючі заряди на межі розділу, а також ефекти диполь-дипольної взаємодії між сегнетоелектричними наночастинками. У плівках P(VDF-TrFE) з високим вмістом наночастинок BaTiO_3 передбачається стан негативної ємності, що є наслідком поверхневих та розмірних ефектів. Знайдено умови підвищення електрокалоричного ефекту у впорядкованих масивах сегнетоелектричних нанодротів.

Робота повністю виконана в **Інституті фізики** впродовж 2025 року. Зразки композитів зі сферичними наночастинками BaTiO_3 одержані з ІМП НАН України (С.Е. Іванченко).

Перспективи практичного застосування. Композити з сегнетоелектричними наночастинками є перспективними матеріалами для накопичення енергії, а також у п'єзоелектричних, піроелектричних, та електрокалоричних застосуваннях.

Публікації:

1. O.V. Bereznykov, O.S. Pylypchuk, V.I. Styopkin, S.E. Ivanchenko, D.O. Stetsenko, E.A. Eliseev, Z. Kutnjak, V.N. Poroshin, A.N. Morozovska, N.V. Morozovsky. Interfacial effects and negative capacitance state in P (VDF-TrFE) films with BaTiO_3 nanoparticles, *Composite Interfaces*, 1–19 (2025); <https://doi.org/10.1080/09276440.2025.2538943>. (журнал Q2)
2. A.N. Morozovska, O.V. Bereznykov, M.V. Strikha, O.S. Pylypchuk, Z. Kutnjak, E.A. Eliseev, D.R. Evans. Domain morphology, electrocaloric properties, and negative capacitance states of ferroelectric nanowires array: role of size and interfacial effects. *Composite Interfaces*, 1–18. (2025); <https://doi.org/10.1080/09276440.2025.2605389>. (журнал Q2)

Надвисокий діелектричний відгук та його зв'язок з електричною провідністю порошків наночастинок $\text{Hf}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_2$

В.В. Вайнберг, О.С. Пилипчук, Г.М. Морозовська, В.М. Порошин, Ю.М. Гуденко

Актуальність роботи. $\text{Hf}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_2$, належить до наступного покоління сегнетоелектричних матеріалів, перспективних для практичного застосування, наприклад в якості підзатворного діелектрику в польових нанорозмірних транзисторах, комірках енергонезалежної пам'яті. Його діелектричні характеристики та електропровідність суттєво залежать від технології синтезу, складу компонентів, утворених кристалічних фаз, розміру складових наночастинок $\text{Hf}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_2$, наявності вакансій кисню. Прямі експериментальні дослідження цих властивостей майже відсутні. В представленій роботі вивчені характеристики діелектричної проникності та електропровідності порошків наночастинок $\text{Hf}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_2$ розміром 5-10 нм з дефіцитом кисню та різним складом ($x=1, 0,6, 0,5, 0,4$), виготовлених твердотільним органо-нітратним синтезом, з переважним утворенням *o*-фази.

Результатом роботи є: спостережена надвисока відносна діелектрична проникність (до 10^5). Температурна залежність має широкий максимум в діапазоні 38-88 С, характерний для дифузного сегнето-параелектричного фазового переходу. Положення та амплітуда максимуму залежить від складу наночастинок і не залежить від частоти. Температурна залежність електричного опору майже дзеркально протилежно повторює температурну залежність діелектричної проникності і пояснюється на основі моделі Хейванга (впливу зміни проникності на електропровідність) та моделі стрибкової провідності зі змінною довжиною стрибка. В електропровідності зразків $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$, синтезованих золь-гель методом в діапазоні температур 500-800 С, в залежності від електричного поля виявлені ефекти резистивного переключення, негативного диференційного опору та накопичення електричного заряду. Запропонована теоретична модель, на основі якої виконане чисельне моделювання отриманих результатів

Новизна результатів. Ефекти, представлені в роботі, спостерігались в такому матеріалі і досліджені вперше. Робота по дослідженню діелектричного відгуку і електропровідності повністю виконана в Інституті фізики впродовж 2025 року. Зразки для досліджень виготовлені в ІПМ НАН України та ДКУ. Характеризація зразків (визначення кількісного хімічного складу, структури, морфології та розміру наночастинок) проведена співавторами публікацій з інших інститутів НАН України з використанням методів Раманівського розсіяння світла, Х-променевої фотоелектронової та дифракційної спектроскопії, силової мікроскопії тощо.

Перспективи практичного застосування. Результати досліджень корисні в розробках силікон-сумісних функціональних матеріалів на основі наночастинок $\text{Hf}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_2$ для різних приладів: транзисторів, елементів енергонезалежної пам'яті, перемикачів.

Публікації:

1. Colossal dielectric response of $\text{Hf}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_2$ nanoparticles. O S Pylypchuk, V V Vainberg, V N Poroshin, O V Leshchenko, V N Pavlikov, I V Kondakova, S E Ivanchenko, L P Yurchenko, L Demchenko, A O Diachenko, M V Karpets, E A Eliseev, A N Morozovska. *Physical Review Materials*. 2025, **9**, 114412; <https://doi.org/10.1103/y2pb-5g5w> (Q1)
2. Resistive Switching and Charge Accumulation in $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$ Nanoparticles. O S Pylypchuk, I V Fesych, V Vainberg, Y O Zagorodniy, V I Styopkin, J M Gudenko, I V Kondakova, L P Yurchenko, V N Pavlikov, A O Diachenko, M M Koptiev, M D Volnianskii, V V Laguta, E A Eliseev, M P Trubitsyn, A N Morozovska. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2025, **129**, 31, 14299-14310; <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.5c04140> (Q1)

Генерування ідеально ахроматичних оптичних вихорів за допомогою компенсованої тандемної комірки на основі закрученого нематика

Д.О. Плутенко та М.В. Васнецов

Актуальність роботи: Створення «білих» оптичних вихорів на сьогодні обмежене фундаментальними компромісами між робочою спектральною смугою, мінімізацією втрат інтенсивності, просторовою однорідністю фазової модуляції та збереженням часового профілю ультракоротких імпульсів. Існуючі методи (дифракційні елементи, q-пластини) мають суттєві хроматичні обмеження або вносять паразитну амплітудну модуляцію, що є критичним для задач надшвидкої оптики та широкосмугової передачі інформації.

Результатом роботи є: теоретичне обґрунтування та розробка аналітичної моделі тандемної архітектури на основі схрещених рідкокристалічних комірок із закрученим нематиком, яка забезпечує одночасну ахроматичність як фазової модуляції, так і амплітудного пропускання.

Новизна результатів: Вперше запропоновано використання такої архітектури для генерування оптичних вихорів. Розроблено оригінальну стратегію активної компенсації, що дозволяє за допомогою керованого фазового затримувача повністю нівелювати вплив похибок виготовлення та забезпечити високу ахроматичність модуляції пучка.

Робота повністю була виконана в **Інституті фізики в 2025 році.**

Наукове значення отриманих результатів полягає у встановленні теоретичної бази для створення нового покоління ахроматичних просторових модуляторів світла. **Практичне використання** запропонованої архітектури відкриває шлях до прецизійного керування структурованим світлом у задачах надшвидкої оптики, широкосмугового мультиплексування в оптичних лініях зв'язку та квантової інформатики.

Рукопис подано до журналу **Physical Review A (Q1)** у грудні 2025 року; на даний час робота перебуває на стадії розгляду та успішно пройшла перший етап рецензування. препринт розміщено на **arXiv**: <https://arxiv.org/pdf/2512.10090>.

Внески авторів: Д. О. Плутенко — 80% (ідея, розробка теоретичної моделі, аналітичні виведення, числове моделювання); М. В. Васнецов — 20% (наукове консультування, інтерпретація результатів, редагування рукопису)

Використання ШІ: Gemini 2.5, Gemini 3 використовувався як інструмент лінгвістичної підтримки (стилістичне редагування тексту, переклад технічних термінів, перевірка пунктуації, тощо). Пряме генерування наукових результатів, ідей або даних за допомогою ШІ не проводилося.

**Вплив просторової структури білка на оптичні спектри поглинання оксигемоглобіну:
гібридне квантово-механічне/молекулярно-механічне дослідження**

Афанасьєва Т.В.

Актуальність. Гемоглобін є одним із найбільш інтенсивно вивчених білків завдяки його винятковій важливості для перебігу біологічних процесів. Однак механізми транспорту кисню гемоглобіном обговорюються протягом багатьох років та залишаються недостатньо з'ясованими та дискусійними. Дослідження було зосереджене на аналізі впливу просторової структури білка на електронну та геометричну структуру оксигемоглобіну та його оптичних властивостей, які становлять інтерес завдяки можливим застосуванням у біомедичних галузях, зокрема у фотодинамічній терапії. Для дослідження механізмів лазерно-індукованої фотодисоціації зазвичай застосовують UV-Vis спектроскопію та *ab initio* розрахунки. Відомо, що фотодисоціація оксигемоглобіну супроводжується структурними змінами білка. Проте теоретичні моделі здебільшого не враховують відмінності між α - та β -субодиницями у R- та T-станах.

Основний науковий результат. Структурні зміни α - та β -субодиниць оксигемоглобіну при дисоціації ліганду O_2 були досліджені з використанням методу квантової механіки / молекулярної механіки (QM/MM). Було розраховано, проаналізовано та зіставлено з експериментальними даними геометричні структури та спектри коливальних і електронних збуджень α - та β -субодиниць оксигемоглобіну. Дослідження підкреслює нееквівалентність субодиниць оксигемоглобіну та демонструє відмінності у відповідних спектрах оптичного поглинання та коливальних спектрах.

Новизна результатів. Уперше теоретично отримано коливальні та оптичні спектри поглинання для α - та β -субодиниць оксигемоглобіну, розглянутих окремо.

Робота повністю виконана в Інституті фізики. У 2025 році дослідження завершено і опубліковано.

Наукове значення та перспективи практичного застосування результатів роботи. Отримані результати забезпечують теоретичну основу для інтерпретації спектроскопічних особливостей, пов'язаних із конформаційними змінами гемоглобіну, та можуть бути використані в медичній діагностиці та оптимізації методів фотодинамічної терапії.

Публікації. Afanasieva T.V., Havrylov V.M., Mamilov S.O. The effect of protein structure on optical absorption spectra of oxyhemoglobin: the hybrid QM/MM study // Journal of Molecular Structure 2025. - vol. 1344. - p.142947 (1-9) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2025.142947> (IF 4.7, Q2)

Внесок автора доповіді складає 100%.

Вплив відпалу на структурні, оптичні, електричні та фотоелектричні властивості гетероструктур ZnO/NiO

Гнатенко Ю.П.¹, Буківський А.П.¹, Буківський П.М.¹, Гамерник Р.В.¹, Опанасюк А.С.²

¹Інститут фізики НАН України,

²Сумський державний університет

1. Актуальність роботи визначається тим, що гетеропереходи n-ZnO/p-NiO є перспективними для створення ультрафіолетових детекторів, транзисторів, газових сенсорів та прозорих у видимому світлі сонячних елементів. Матеріали цього гетеропереходу є дешевими, екологічно безпечними та можуть бути отримані технологічно простими методами. ZnO має високу рухливість носіїв заряду та велику енергію зв'язку екситонів, а NiO є одним з небагатьох широкозонних сполук ($E_g = 3,6-4,0$ eV) з р-типом провідності. Однак структурні та композиційні дефекти на межі розділу знижують ефективність таких приладів, тому вивчення впливу термічного відпалу на властивості гетеропереходів є актуальним завданням.

2. Результатом роботи є: встановлено, що гетеропереходи n-ZnO/p-NiO, отримані методом спреї-піролізу на підкладках Скло/ІТО, містять лише гексагональну фазу ZnO та кубічну фазу NiO; показано, що відпал у вакуумі при температурах 300-500°C покращує текстуру шарів, при цьому оптимальна температура відпалу становить 450°C; встановлено, що відпал при температурі $\geq 300^\circ\text{C}$ призводить до значного зменшення інтенсивності смуги фотолюмінесценції при 745 нм, що свідчить про зменшення антиструктурних дефектів O_{Zn} та покращення оптичної якості гетеропереходів; визначено ширину забороненої зони шарів ZnO (3,3-3,5 eV) та NiO (3,6-4,1 eV) методами апроксимації Таука, першої та другої похідної коефіцієнта поглинання; показано, що випрямні вольт-амперні характеристики гетеропереходів, відпалених при 450°C, описуються тунельно-рекомбінаційним механізмом переносу заряду.

3. Новизна результатів: вперше комплексно досліджено вплив вакуумного відпалу в діапазоні 300-500°C на структурні, оптичні та електричні властивості гетеропереходів n-ZnO/p-NiO, отриманих методом спреї-піролізу. Встановлено кореляцію між температурою відпалу, дефектною структурою (за даними фотолюмінесценції та фотопровідності) та випрямними характеристиками гетеропереходів. Визначено оптимальну температуру відпалу (450°C), яка забезпечує найкращі властивості гетеропереходу для застосування в оптоелектронних приладах.

4. Наукове значення та перспективи практичного застосування результатів роботи. Отримані результати мають важливе значення для розвитку технології створення оксидних гетеропереходів простим та масштабованим методом спреї-піролізу. Встановлені оптимальні умови відпалу дозволяють покращити якість гетеропереходів n-ZnO/p-NiO для їх застосування в ультрафіолетових фотодетекторах, газових сенсорах, прозорих транзисторах та сонячних елементах. Використання недорогих, екологічно безпечних оксидних матеріалів робить таку технологію перспективною для виробництва оптоелектронних приладів нового покоління.

5. В Інституті фізики НАНУ у 2025 році проведено дослідження спектрів фотолюмінесценції при низьких температурах, поглинання та фотопровідності гетероструктур, визначено ширину забороненої зони матеріалів, встановлено природу електронних оптичних переходів та енергетичне положення різних дефектів, проведено аналіз отриманих результатів та підготовку статті до друку. В Сумському державному університеті проведено виготовлення багат шарових структур методом спреї-піролізу, їх відпал у вакуумі, проведено структурні дослідження та вимірювання вольт-амперних характеристик.

Результати роботи опубліковані в журналі:

M. Yermakov, R. Pshenychnyi, A. Opanasyuk, Yu. Gnatenko, P. Bukivskij, A. Bukivskii, O. Klymov, V. Muñoz-Sanjósé, R. Gamernyk, The effect of annealing on the structural, optical, electrical and photoelectric properties of ZnO/NiO heterostructures, *Applied Surface Science Advances* 25, (2025), 100668, Q1, Impact Factor 8.7. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2024.100668>

Порушення Джозефсонової симетрії через метастабільний зсув фази та створення двофотонної взаємодії між надпровідними електричними колами

Євген Столяров¹, Валентин Андрійчук² та Андрій Соколов²

¹Інститут теоретичної фізики,

²Інститут фізики

Актуальність роботи. Надпровідні електричні кола використовуються для досліджень перспектив квантової обробки інформації, квантової сенсорики та для вивчення фундаментальних питань квантової теорії. Джозефсонові контакти утворюють нелінійність у таких колах, що необхідно для спостереження й використання квантових ефектів. Незважаючи на це, використовується здебільшого лінійна взаємодія між нелінійними квантовими системами, які можуть слугувати кубітами, та мікрохвильовими резонаторами. Такий лінійний зв'язок викликає однофотонну взаємодію, коли знищення одного резонаторного фотона збуджує кубіт на рівень вгору. Аналогічна двофотонна взаємодія може бути найсильнішою з нелінійних; проте, за нормальних умов, її немає через симетрію Джозефсонової енергії взаємодії.

Результатом роботи є схема для створення двофотонної Джозефсонової взаємодії між резонатором і фазовим кубітом, пояснення механізму її виникнення, а також розрахунок її сили й порівняння з величиною однофотонної взаємодії.

Ми запропонували новий спосіб порушення Джозефсонової симетрії. Використовується метастабільна різниця фаз надпровідного конденсату в одному з кіл, що взаємодіють.

У 2024 ми завершили етап планування й аналітичних розрахунків, зробили оцінки в числах й оформили рукопис. В Інституті фізики виконано 65% роботи (див. нижче).

Особливо цікавим є застосування нашої двофотонної взаємодії у фото-детектуванні, де використовуються схожі системи з метастабільною різницею фаз.

Роботу опубліковано [Phys. Rev. B. 111, 214517 (2025)] у журналі квартилю Q1.

Євген Столяров зробив більшу частину розрахунків й рисунків, брав участь в обговореннях і редагував текст (внесок 35%). Валентин Андрійчук брав участь в обговореннях і зробив деякі рисунки (внесок 20%); Андрій Соколов поставив задачу, організував робочі обговорення, спланував структуру рукопису, написав більшу частину тексту і зробив деякі рисунки (внесок 45%).

Нові методики нелінійно-оптичної діагностики актуальних матеріалів оптоелектроніки

Віктор Кадан, Андрій Дмитрук, Ігор Дмитрук, Анастасія Ніколаєнко, Артем Норенко, Ігор Павлов

1. **актуальність роботи.** Вдосконалення фемтосекундних нелінійно-оптичних методик характеристики речовин і матеріалів актуальне для таких застосувань, як чутлива діагностика нелінійно-оптичних та генераційних властивостей розчинів органічних барвників, інших актуальних оптоелектронних матеріалів, зменшення повільного часу відгуку оптичних сенсорів.

2. **основний науковий результат.** З використанням нової однопроменевої низькочастотної методики модуляції втрат та методу гасіння флуоресценції в широкому спектральному діапазоні виміряні спектри виродженого двофотонного поглинання (2РА) синтезованих нових симетричних аніліносквараїнових похідних, які містять в молекулярному ядрі чотири гідроксильні групи. Встановлено, що максимальний переріз 2РА дорівнює $\approx 2000 - 3000 \text{ GM}$. При фемтосекундній лазерній накачці в розчинах обох барвників виявлено ефект суперлюмінесценції. Достатньо великий переріз 2РА та висока ефективність стимульованих оптичних переходів розширюють діапазон застосувань вказаних органічних барвників у фотоніці, включно з мікроскопією стимульованого гасіння флуоресценції.

3. **новизна результатів.** Ми використали новий підхід до діагностики нелінійно-оптичних властивостей матеріалів, який дозволив покращити чутливість методики, об'єднуючи в собі традиційний метод Z-scan та новий раніше опублікований метод модуляції втрат. Останній дозволяє виявляти двофотонне поглинання через появу другої гармоніки в спектрі модуляції зондувального променю, а позовжне сканування дозволяє відокремити корисний сигнал другої гармоніки від паразитної модуляції. Окрім цього запропоновано новий варіант методики для вимірювань не тільки 2РА, але і нелінійного показника заломлення n_2 .

4. **яка частина роботи виконана в Інституті і саме у 2025 р.** Вимірювання спектрів виродженого двофотонного поглинання (2РА) симетричних аніліносквараїнових похідних.

5. **наукове значення або перспективи практичного застосування результатів роботи.** Результати роботи можуть бути застосовані для діагностики нелінійно-оптичних характеристик нових матеріалів, в фотоніці, зокрема в мікроскопії стимульованого гасіння флуоресценції (STED мікроскопії).

1. **За результатами** в 2025 році опубліковано 3 статті в журналах Journal of Luminescence (2 кв.), Physical Chemistry Chemical Physics (2 кв.), Optics Communications (2 кв.) представлено 4 доповіді на міжнародних конференціях The European Conference on Lasers and Electro-Optics, УНКФН-10, SPIE Photonics West.

2. **внесок кожного із співавторів у роботу (у відсотках).** Порівну, по 16,67 %.

3. **ШІ не використовувався.**

Вуглецевий парадокс у м'яких напівпровідниках та нові підходи до аналізу імпедансної спектроскопії

Жулай Д., Бойчук Н., Клімушева Г., Яремчук Г., Мирна Т., Гарбовський Ю., Назаренко В., Майєр Д., Вітусевич С.

Актуальність роботи Ключовим бар'єром впровадження органічної електроніки в екстремальних умовах є низька фотохімічна стійкість м'якої речовини та складність об'єктивної діагностики її властивостей. Традиційні методи аналізу імпедансу часто складні та неефективні для гетерогенних систем. Тому створення матеріалів із функцією самозахисту та розробка новітніх підходів на базі машинного навчання для їх аналізу є актуальним завданням фізики.

Результатом роботи є: Встановлено ефект «вуглецевого парадоксу» в композитах на основі смектичного каприлату кадмію: вуглецеві наночастинки при низьких інтенсивностях світла зменшують фотопровідність, а при потужному опроміненні (139 мВт/см^2) діють як пастки для дірок, стабілізуючи матрицю.

Новизна результатів Вперше продемонстровано можливість створення самозахисних матеріалів для смарт-дозиметрії на базі смектичного каприлату кадмію. Вперше розроблено гібридний підхід до аналізу імпедансних спектрів, що поєднує метод розподілу часів релаксації (DRT) та машинне навчання (XGBoost).

Наукове значення або перспективи практичного застосування результатів роботи Запропоновано концепцію фотохімічно стійких сенсорів з ефектом пам'яті. Розроблений алгоритм на базі машинного навчання є універсальним інструментом для автоматизованого аналізу імпедансних спектрів для складних нанокompозитних систем.

Результати опубліковані:

1. Zhulai D., et al. "Structural and Photoelectric Properties of Ionic Liquid Crystals Tuned by CdS and Carbon Quantum Dots." *Journal of Molecular Structure* (2025): 143018. (Q2)
2. Zhulai, D., et al. "Exploring electrical and dielectric properties in ionic liquid crystals tuned by carbon and CdS nanoparticles using Nyquist and Bode plots." *Molecular Crystals and Liquid Crystals* (2025): 1-17. (Q3)

Внесок співавторів: Жулай Д. - 50% (ідея, експеримент, машинне навчання, статті); Бойчук Н. - 20% (аналіз імпедансів, DRT); Мирна Т. - 10% (синтез нанокompозитів); інші - 20%.

Синтез та характеристика наноструктурованого TiO₂, кодопованого Co-Si, з покращеною фотокаталітичною активністю при видимому світлі у реакції деградації фенолового червоного

Мануйлов Є., Гаврилко Т., Шимановська В., Клішевич Є., Халявка Т., Шиманський Д., Чайка М., Безкровний О., Баран Д., Дрозд М., Гривель Ж.-К.

1. Актуальність роботи. У наш час промисловість щорічно виробляє понад 7×10^7 тон барвників, які використовують у текстильній промисловості, косметичці, харчових продуктах, медицині, чорнилах, фарбах тощо. Стічні води виробництв містять барвники, а їх утилізація становить серйозну глобальну проблему, оскільки ці сполуки мають токсичну дію на живі організми та негативно впливають на здоров'я людей, спричиняючи різні захворювання. Перспективним методом очистки стоків від барвників є фотокаталіз, який дозволяє здійснити їх повну мінералізацію. Останні роки науковці шляхом допущання намагаються отримати TiO₂, фотокаталітично-активний на видимому світлі. Перспективними допантами є кобальт та кремній. Метою нашої роботи було одержання фотокаталітично активного при видимому опроміненні TiO₂.

2. Основний науковий результат. Порошки TiO₂, кодоповані Co-Si з різною концентрацією допантів, синтезовано простим методом осадження з подальшим відпалом при 350, 600 та 900 °C. Рентгенівська дифракція та раманівська спектроскопія підтвердили, що матеріали, відпалені при 350 та 600 °C, складаються з анатазу як основної фази, тоді як ті, що оброблені при 900 °C, є багатофазними композитами, що складаються з анатазу, рутилу та CoTiO₃. За допомогою ІЧ-спектроскопії підтверджена наявність функціональних груп, пов'язаних з фазами SiO₂ та CoTiO₃. УФ-видимий спектри кодопованого TiO₂ показали зміщення краю поглинання у червону смугу та піки поглинання у видимому спектральному діапазоні поблизу 610 нм. Ширина забороненої зони зменшується при легуванні Co, досягаючи мінімуму 2.25 eV при співвідношенні Co/Si 0.17. Утворення додаткових дефектних рівнів, розташованих в оптичній забороненій зоні внаслідок спільного легування, було підтверджено фотолюмінесцентною спектроскопією. РФЕС-аналіз стану елементів у зразках показав, що кобальт присутній у стані +2. Синтезовані матеріали TiO₂, кодоповані Co-Si, продемонстрували фотокаталітичну активність у реакції деградації фенолового червоного під впливом видимого світла. Максимальну ефективність фотодегградації понад 90% за 120 хвилин, виявлено для зразків, відпалених при 350 та 600 °C.

3. Новизна результатів. Вперше отримано фотокаталітично-активні при видимому опроміненні порошки TiO₂, кодоповані Co-Si, простим методом осадження з подальшим відпалом.

4. У Інституті було проведено синтез порошків.

5. Перспективи практичного застосування результатів роботи. Фотокаталітично-активні при видимому опроміненні матеріали є перспективними для застосування в очищенні

стічних вод під дією сонячного світла.

6. Результати роботи опубліковані у журналі *Ceramics International* (квартиль 1).

7. Мануйлов Є. – 9.9%, Гаврилко Т. – 9.9%, Шимановська В. – 9.9%, Клішевич Є. – 1%,

Халявка Т. – 9.9%, Шиманський Д. – 9.9%, Чайка М. – 9.9%, Безкровний О. – 9.9%, Баран Д. –

9.9%, Дрозд М. – 9.9%, Гривель Ж.-К. – 9.9%

Динамічна вольт-амперна і піроелектрична характеристика наногранульованої кераміки BaTiO₃, отриманої іскро-плазмовим спіканням

Микола В. Морозовський, Микола Є. Єлісєєв

Актуальність роботи

Екологічно безпечні безсвинцеві сегнетоелектричні нанокераміки титанату барію, BaTiO₃, (ВТО), використовують у варисторах і позисторах, електромеханічних перетворювачах, п'єзоелектричних і піроелектричних детекторах та багатошарових керамічних конденсаторах в складі пристроїв сучасної електроніки. Широкий спектр застосувань вимагає неперервного розширення і підвищення ефективності методів їх отримання.

Традиційні технології спікання використовують гаряче пресування за відносно високої температури (1200 - 1450) °С тривалістю (2 - 5) год., що набагато перевищує енергетичні і часові затрати методу іскро-плазмового спікання (ІПС) (400 °С/хв, 1100 °С, 5 хв).

Електрофізичні, в тому числі і піроелектричні, властивості нанокерамік ВТО, як і інших сегнетоелектричних керамік, значною мірою залежать від процедури синтезу і термічної обробки, що визначають структуру, розміри кристалітів і гранул, та чистоту отриманого продукту. Дефіцит даних для нанокерамік ВТО, отриманих методом ІПС (ВТО-ІПС) зумовлює актуальність досліджень їх електрофізичних властивостей.

Основний науковий результат

Нанокераміки ВТО-ІПС з наночастинок ВТО із середнім розміром 25 нм, досліджені в умовах динамічних змін напруги збудження і температури. Отримано комплекс гістерезисних вольт-амперних характеристик варисторного типу, показано залежність їх параметрів від часової форми і частоти напруги збудження. З використанням фотопіроелектричного термохвильового зондування отримані частотні залежності піроелектричного відгуку, які трансформовані в термохвильові профілі параметрів піроактивності, діелектричної проникності та питомого опору.

Новизна результатів

Вперше на прикладі нанокераміки ВТО-ІПС показано залежність параметрів нелінійності вольт-амперних характеристик від часової форми і частоти напруги збудження. Також для нанокераміки ВТО-ІПС виявлені неоднорідності підповерхневих профілів параметрів піроактивності, діелектричної проникності та питомого опору.

В Інституті фізики НАН України проведена динамічна вольт-амперна і піроелектрична характеристика, її аналіз та написання тексту відповідного розділу статті.

Наукове і практичне значення результатів роботи

Наукове значення полягає в отриманні нових даних про комплекс електричних і піроелектричних характеристик нанокераміки ВТО-ІПС в умовах динамічного збудження.

Практичне значення полягає в демонстрації придатності досліджуваної нанокераміки ВТО-ІПС для використання у варисторних технологіях аналогових обчислювачів, а також в піроелектричних пристроях широкого призначення, зокрема, для енергозбереження.

Результати доповіді опубліковані у статті: O. S. Pylypchuk, S. E. Ivanchenko, M. Y. Yeliseiev, A. S. Nikolenko, V. I. Styopkin, B. Pokhylko, V. Kushnir, D. O. Stetsenko, O. Bereznykov, O. V. Leschenko, E. A. Eliseev, V. N. Poroshin, N. V. Morozovsky, V. V. Vainberg, and A. N. Morozovska. "Behavior of the Dielectric and Pyroelectric Responses of Ferroelectric Fine-Grained Ceramics." Journal of the American Ceramic Society, **108**, e20391 (2025); <https://doi.org/10.1111/jace.20391> (журнал **Q1**)

Дослідження впливу відпалу та опромінення на магнітні властивості плівок Pt/Co

А.В. Боднарук, Р.В. Педань, І.А. Владимирський

Наведено результати магнітних досліджень двошарових плівок Co-Pt (Co(13 нм)/Pt(14 нм)), отриманих шляхом магнетронного напилення на аморфно термічно-окислених SiO₂/Si(001) підкладках. **Актуальність:** Бінарні магнітні сплави, як-от Co-Pt, є актуальними для застосування як функціональні елементи нових пристроїв наноелектроніки та спінтроніки. Існує безліч підходів до налаштування коерцитивного поля сплавів Co-Pt, в основному це високотемпературна обробка, шляхом відпалу, з метою реалізації хімічно впорядкованих фаз. Окрім термічної обробки, структурні, а також магнітні властивості можна змінювати шляхом іонного опромінення двошарових плівок. **Вперше отримані нові результати:** Показано, що однорідний сплав Co₅₆Pt₄₄ утворюється, коли температура відпалу більша за 500 °C. Попри те, що фаза L₁₀-CoPt з хімічним порядком не утворилася, термічна обробка призводить до збільшення коерцитивного поля. Показано, що механізм дифузії, що базується на міграції меж зерен, може бути використаний для стимулювання ближнього впорядкування у бінарних магнітних сплавах. Результати, отримані для такої двостадійної обробки, порівнювали з результатами, отриманими після одностадійного вакуумного відпалу. Також показано, якщо після іонного опромінення проводиться відпал, дифузійно-зумовлене змішування Pt та Co, що призводить до утворення феромагнітної фази CoPt, сповільнюється порівняно з неопроміненими зразками, що пов'язано з бар'єрним ефектом імплантованих іонів (Kr⁺/N⁺). Окрім того, показано, що попереднє опромінення не погіршує магнітні властивості зразків. Застосована двостадійна обробка (іонного опромінення та подальший термічний відпал) магнітних тонких плівок є перспективним підходом для зміни їх магнітних властивостей, як-от коерцитивна сила, намагніченість насичення та ефективна намагніченість. **Перспективи практичного застосування:** Елементи спінтроніки, наноелектроніки, підвищення щільності магнітного запису, технології HAMR (heat-assisted magnetic recording).

Внесок у доповідь: однакові частки по 33%.

Публікації: Pedan R. V., et al. "The study of Kr⁺ ion irradiation and thermal post-annealing on structural and magnetic properties of Pt/Co bilayers" *J. Phys. D: Appl. Phys.* **58**, 455001 (2025). Q1, IF= 3.2.

Особливості формування наночастинок срібла у фотополімерній матриці за однорідного освітлення

Т.М. Смірнова, В.О. Гринь, Д.О. Климчук, Ю.М. Акімов

Актуальність роботи

Фотополімерні нанокомпозити з наночастинами срібла є перспективними матеріалами для фотоніки, плазмоніки та сенсорних застосувань. Властивості таких матеріалів суттєво залежать від розмірів і просторового розподілу наночастинок у полімерній матриці. Вивчення розподілу наночастинок в об'ємі та на поверхні полімерного шару є актуальною задачею, оскільки визначає перспективи використання таких плівок в якості підсилюючих елементів для спектроскопії та комбінаційного розсіювання. Також механізми формування наночастинок у системі скло-полімер-скло за умов однорідного освітлення та роль дифузійних процесів залишаються недостатньо вивченими.

Основний науковий результат

Результатом роботи є експериментальне встановлення закономірностей формування та просторового розподілу наночастинок срібла у фотополімерному шарі за умов просторово однорідного лазерного освітлення та подальшої УФ-обробки. Виявлено накопичення наночастинок срібла поблизу обох підкладок, між якими розтошовано рідкий фотополімерний композит, що полімеризується. Показано залежність середнього розміру наночастинок від інтенсивності полімеризуючого випромінювання.

Новизна результатів

Вперше показано, що за однорідного освітлення фотополімерного композиту відбувається накопичення наночастинок срібла поблизу фронтальної та тилової підкладок. Встановлено, що це явище зумовлене дифузійним перенесенням прекурсора срібла під час формування зшитої полімерної сітки та взаємодією прекурсора з підкладкою. Продemonстровано зменшення середнього радіуса наночастинок зі зростанням інтенсивності лазерного випромінювання.

Частина роботи виконана в Інституті і саме у 2025 р.

У 2025 році в Інституті фізики НАН України виконано фотополімеризацію досліджуваних композицій за однорідного лазерного освітлення та УФ-постобробку зразків. Наші співавтори аналізували структуру полімерної плівки за допомогою просвічуючого електронного мікроскопа JEOL JEM-1230 (Японія) з прискорювальною напругою 80 кВ та роздільною здатністю 0,2 нм. Зразки сканували електронним променем, починаючи від межі розділу скло/полімер, зверненої до випромінювання, до задньої межі розділу полімер/скло. Загалом було отримано двадцять п'ять зображень у напрямку сканування. Нами здійснено статистичний аналіз розподілу та розмірів наночастинок срібла в об'ємі шару та поблизу підкладок для усіх отриманих зображень.

Наукове значення або перспективи практичного застосування результатів роботи

Отримані результати поглиблюють розуміння механізмів фотохімічного синтезу металевих наночастинок у фотополімерних системах. Виявлені закономірності можуть бути використані для керованого формування поверхневих шарів наночастинок срібла. Це відкриває перспективи створення матеріалів для підсилення люмінесценції та поверхнево-підсиленого раманівського розсіювання (SERS) простим одностадійним методом радикальної фотополімеризації.

Результати роботи опубліковано у статті:

Smirnova T., Hryn V., Klymchuk D., Akimov Y. Features of silver nanoparticle formation in a photopolymer under uniform lighting // Journal of Molecular Structure. – 2026. – Vol. 1349, No. 3. – P. 143847. – DOI: 10.1016/j.molstruc.2025.143847 (Q2).

Внесок кожного із співавторів у роботу (у відсотках):

Смірнова Т.М. – 30%, Гринь В.О. – 30%, Климчук Д.О. – 20%, Акімов Ю.М. – 20%.

Механічні властивості мембран метастазуючих пухлинних клітин як діагностичні маркери

О.П. Гнатюк¹, М.В. Оленчук¹, С.В. Романенко², Г.П. Монастирський¹, Г.І. Соляник³,
Д.Л. Колесник³, Г.І. Довбешко.¹

¹ Інститут фізики НАН України, Відділ фізики біологічних систем.

² Інститут фізіології імені О.О. Богомольця НАН України.

³ Інститут експериментальної патології, онкології та радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України.

1. Актуальність роботи. Механічні властивості клітин відіграють життєво важливу роль у клітинній діяльності та функціях, таких як ріст клітин, поділ клітин, рух клітин, адгезія клітин, лікування лікарськими засобами тощо. Клітинна мембрана, цитоскелет, ядро та інші органели утворюють тісно пов'язану мережу та відіграють важливу роль у механобіології окремих клітин. Під час перетворення пухлинної клітини в метастатичну відбувається ряд радикальних трансформацій, у яких зміни механічних властивостей відіграють ключову роль, зокрема втрата епітеліальних міжклітинних контактів, реорганізація цитоскелета, зміна форми клітин та низка подій, що включає перетин бар'єрів. Протягом цих процесів механічні властивості клітинної мембрани суттєво змінюються та є вирішальними на кожному етапі метастатичного каскаду. Тому дослідження механічних властивостей мембран пухлинних клітин може відкрити нові шляхи для діагностики, а також протипухлинної та антиметастатичної терапії.

2. Основний науковий результат.

В роботі для моделювання метастазуючих пухлинних клітин були використані дві клітинні лінії з різним метастатичним потенціалом — карцинома легень Льюїса (LLC) та LLC-R9 — які культивували в адгезивних (що представляють типові пухлинні клітини) або деадгезивних (що представляють метастатичні пухлинні клітини) умовах. Для визначення механічних характеристик клітин було використано метод аспірації мікропіпеткою. Цей метод дозволяє неінвазивно вимірювати інтегральні макроскопічні пружні характеристики клітин під час їх всмоктування в капіляр мікропіпетки завдяки зниженому тиску в ньому. Робота показує, що клітини, вирощені деадгезивно, мають більш однорідну популяцію порівняно з адгезивними, а також характеризуються меншим діапазоном значень поверхневого модуля пружності. Клітини LLC характеризуються нижчим поверхневим модулем пружності, ніж клітини LLC/R9, що корелює з метастатичною активністю клітин.

3. Новизна результатів. Представлені в роботі результати отримані вперше для даного штаму пухлинних клітин та в рамках описаної моделі. Визначені значення поверхного модуля пружності, які узгоджуються з літературними даними. Вперше отримані електронні мікроскопічні зображення досліджуваних штамів.

4. Яка частина роботи виконана в Інституті і саме у 2025 р. Весь об'єм наведених досліджень був проведений впродовж 2025 року в рамках проекту НФДУ 2021.01/0229 “ Біофізичні характеристики циркулюючих метастатичних клітин як потенційних мішеней антиметастатичної терапії”.

5. Наукове значення або перспективи практичного застосування результатів роботи. Отримані в роботі механічні параметри клітин можуть бути корисними як специфічні маркери для встановлення метастатичного потенціалу пухлинних клітин, для діагностики метастатичних клітин, для розробки нових стратегій та протипухлинної (антиметастатичної) терапії.

6. Результати роботи опубліковані. М.В. Оленчук, О.П. Гнатюк, С.В. Романенко, Р.В. Белан, Д.Л. Колесник, Г.І. Соляник, Г.І. Довбешко «Mechanical properties of the membrane of circulating metastatic tumor cells as a diagnostic marker» прийнято в журнал «Фізика низьких температур» 2026р.

7. Вказати внесок кожного із співавторів у роботу (у відсотках).

О.П. Гнатюк (20) М.В. Оленчук (20), С.В. Романенко (20), Г.П. Монастирський, (10) Г.І. Соляник (10), Д.Л. Колесник (10), Г.І. Довбешко (10)

Керовані гібридні оптичні моди у планарних металодіелектричних наноструктурах

Панасюк В.В., Ільченко С.Г., Тараненко В.Б.

1. **Актуальність роботи:** Плазмоно-фотонні наноструктури є потужним інструментом керування спектральними, просторово-кутовими та поляризаційними властивостями світла. Серед них одномірні планарні металодіелектричні наноструктури вирізняються простотою виготовлення, водночас демонструючи високу конфігураційну гнучкість і ефективність у широкому спектрі застосувань, зокрема в оптичній фільтрації, сенсоріці та інших технологіях, що потребують високої селективності й чутливості.

2. **Результатом роботи є:** Експериментальне та чисельне дослідження умов формування гібридних оптичних мод Тамма–хвилеводного типу в багатошарових металодіелектричних наноструктурах на основі срібла та хрому, а також їх детальна характеристика. На основі отриманих результатів запропоновано й реалізовано унікальні конфігурації наноструктур, що забезпечують формування керованих профілів вузькосмугових резонансних мод.

3. **Новизна результатів:** Вперше показано, що в наноструктурах на основі срібла гібридні оптичні моди з інвертованим лоренцівським спектральним профілем зазнають керованого розщеплення Рабі. Це дозволило більш ніж на порядок звузити спектральну та кутову ширини гібридної моди за незначної зміни конфігурації діелектричної складової структури. Натомість у наноструктурах на основі хрому розщеплення гібридних мод не спостерігається, а їх спектральні профілі набувають вигляду резонансів типу Фано, які залежно від конфігурації багатошарової діелектричної структури можуть бути налаштовані як на асиметричні форми (пік–провал або провал–пік), так і на симетричні форми (пік або провал).

4. **Яка частина роботи виконана в Інституті і саме у 2025 р.** У 2025 році в Інституті було виконано моделювання резонансних властивостей багатошарових металодіелектричних наноструктур на основі срібла та хрому, визначено оптимальні конфігурації цих структур, що забезпечують керовану вузькосмугову спектрально-кутову фільтрацію, а також успішно здійснено їх експериментальну реалізацію.

5. **Наукове значення або перспективи практичного застосування результатів роботи:** Отримані результати можуть бути використані для селекції просторових лазерних мод і підвищення яскравості лазерних джерел, зокрема мікролазерів, у яких традиційні методи керування є малоефективними. Крім того, ці результати здатні суттєво підвищити чутливість сенсорів і сприяти подальшому розвитку оптичних технологій у таких галузях, як спектроскопія, оптичні комунікації та промислові застосування.

6. **Якщо результати частково опубліковані, дати посилання.**

S. Ilchenko, A. Belosludtsev, I. Bitinaitis, V. Panasyuk, V. Taranenko, “Fano-resonant filtering by planar chromium-based multilayer stacks,” *Opt. Lett.* **50**, 7019-7022 (2025). <https://doi.org/10.1364/OL.569973> (журнал першого квартілю Q1).

7. **Вказати внесок кожного зі співавторів у роботу (у відсотках):** 33/33/33

Вплив міжкомпонентної взаємодії на формування фазового складу та каталітичну активність систем для окисної дегідрогенізації н-бутану в 1,3-бутадієн за участю CO₂

Д.Ю. Балакін¹, Ю.М. Ничипорук¹, О.В. Ларіна²

¹Інститут Фізики НАН України,

²Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

Актуальність роботи. Одержання 1,3-бутадієну шляхом окисної дегідрогенізації (ОДГ) н-бутану з використанням CO₂ як м'якого окисника є перспективним напрямом «зеленої» хімії у промисловості, оскільки дозволяє утилізувати парникові гази та уникати глибокого окиснення вуглеводнів. Розробка ефективних багатокомпонентних каталізаторів типу Ni-Bi-Mo/Al₂O₃ потребує глибокого розуміння синергетичних ефектів між металами, що безпосередньо впливає на активність, селективність та стабільність каталітичного процесу.

Результатом роботи є: встановлення закономірностей взаємного впливу компонентів у системах Ni-Bi-Mo/Al₂O₃ на їхні фізико-хімічні та каталітичні властивості в реакції ОДГ н-бутану. Показано, що введення вісмуту та нікелю в молібден-алюмінієву систему модулює кислотно-основні властивості та відновлюваність активних центрів. Найвищу ефективність продемонстрував потрійний каталізатор, забезпечуючи вихід бутадієну на рівні 11.5% при селективності 35% (550°C). Виявлено, що дезактивація каталізатора зумовлена глибоким відновленням фази NiO до металічного Ni⁰ та інтенсивним утворенням вуглецевих відкладень (коксу), які екранують активну поверхню.

Новизна результатів. Вперше детально описано роль молібдену у сприянні відновленню нікелю до металічного стану та вплив вісмуту на стабілізацію активних фаз. За допомогою комплексу методів (XRD, XPS, SEM-EDX, H₂-TPR) доведено формування складних інтерметалідів та молібдатів (NiMoO₄, Ni₂Bi₂MoO₉) під час каталізу та регенерації. Встановлено «ефект самозахисту» відновлених центрів вуглецевим шаром, що перешкоджає їхньому швидкому окисненню на повітрі.

В Інституті фізики у 2025 проведено основний етап фізико-хімічних досліджень зразків до і після каталітичних випробувань. TPD-MS та TPRS-MS дослідження встановили кислотно-основні та окисно-відновні властивості зразків, та визначено функції розподілу енергії активації молекул-зондів. Виконано деконволюцію XPS-спектрів високої роздільної здатності для ліній Ni 2p, Mo 3d та Bi 4f, що дозволило ідентифікувати зміну валентних станів металів у процесі реакції. Також проведено порівняльний аналіз текстурних характеристик та відновлюваності свіжих, відпрацьованих та регенованих каталізаторів, що стало основою для запропонованого механізму дезактивації.

Наукове значення результатів роботи полягає у фундаментальному розумінні взаємодії перехідних металів на поверхні оксиду алюмінію, що дозволяє прогнозувати властивості аналогічних систем. **Практична цінність результатів** полягає у можливості оптимізації складу каталізаторів для промислового отримання мономерів синтетичного каучуку, використовуючи CO₂ як реагент, що сприяє розвитку безвідходних та енергоефективних хімічних технологій.

Результати роботи опубліковані в:

[1]. O.V. Larina, O.V. Zikrata, Yu.M. Nychiporuk, et. al. Ni-Bi-Mo/Al₂O₃ metal-oxide catalysts for CO₂-mediated oxidative dehydrogenation of n-butane into buta-1, 3-diene: Mutual influence of components. *Catalysis Letters*, 155(8), (2025), P. 1-21.. <https://doi.org/10.1007/s10562-025-05107-4> (Q2).

[2]. O.V. Larina, O.V. Zikrata, D.Yu. Balakin, et. al. Ni-Bi-Mo/Al₂O₃ metal-oxide catalysts for CO₂-mediated oxidative dehydrogenation of n-butane into buta-1,3-diene: Bismuth molybdate effect and mechanistic insights. (2026) подано до Редакції *Journal of Catalysis*, (Q1).

Внесок кожного із співавторів: Д.Ю. Балакін-30%, Ю.М. Ничипорук-30%, О.В. Ларіна-40%.

Ферроелектричні нематичні рідкі кристали: нова парадигма для електрооптичних застосувань

О. Булуй¹, Р. Кравчук¹, **О. Курочкін¹**, Н. Арясова¹, В. Назаренко¹, Б. Баснет², С. Паладугу²,
С. Шияновський, О. Лаврентович², М. Кравець³, В. Сашук³

¹ Інститут фізики, Національна академія наук України, Київ, Україна

² Інститут прогресивних матеріалів і рідких кристалів, Кент, США

³ Інститут фізичної хімії, Польська академія наук, Варшава, Польща

Новий стан речовини, фероелектричний нематик (N_F), передбачений більш ніж за 100 років до його експериментального відкриття у 2020 році, є рідинним аналогом добре відомих твердих фероелектриків. На нанорівні, кожен молекулярний диполь повинен бути майже паралельним своїй довгій осі. Результируюча спонтанна поляризація забезпечує індуковану полем переорієнтацію нематичного директора та відповідний електрооптичний відгук до прикладених полів порядку ~ 1 В/см, що в тисячу разів менші, ніж ті, що використовуються для переорієнтації діелектричних нематиків. **Актуальність роботи** обумовлена радикально новими фізичними властивостями фероелектричних нематиків, зокрема порушенням інверсійної симетрії, високою чутливістю до зовнішніх полів і можливістю формування нетривіальних структур. Дослідження таких систем відкриває нові перспективи як для розвитку теорії рідких кристалів, так і для створення функціональних матеріалів з керованими електрооптичними властивостями.

Індукована електричним полем зміна молекулярної орієнтації, яка називається переходом Фредерікса, є фундаментальним електрооптичним явищем у неполярних нематичних рідких кристалах. У фероелектричному нематикі, зі спонтанною електричною поляризацією P , такий перехід вважався забороненим, оскільки він створює зв'язані електричні заряди зі щільністю $\rho = -\text{div } P$. **Одним з основних результатів роботи** є те, що під дією змінного електричного поля поляризація набуває стаціонарних спотворень, - спочатку розвиваються деформації *splay* та *twist* у вигляді полосових доменів, а при більших напругах реалізуються у вигляді квадратної решітки дефектів $+1$ та -1 .

Також продемонстровано два режими фотоорієнтації фероелектричного нематика на фоточутливій підкладці з полівінілцианмату. У першому, аполярному режимі формується квадрупольна планарна орієнтація поляризації з можливістю її бістабільного перемикання P між двома станами протилежної полярності. Другий, полярний режим, індукований косим УФ-опроміненням, забезпечує однозначну планарну орієнтацію P зі значно посиленням полярним вкладом у поверхневу взаємодію. Розроблені механізми відкривають додаткові можливості керування орієнтацією феронематичного рідкого кристала у комірці.

Експериментальна частина досліджень (отримання полосових доменів, їх дослідження та характеристика, отримання фотоорієнтації феронематиків при нормальному та косому опроміненні) була виконана в Інституті фізики в 2025 р.

Роботу опубліковано:

1. B. Basnet, S. Paladugu, O. Kurochkin, O. Buluy, N. Aryasova, V.G. Nazarenko, S. V. Shiyonovskii, O.D. Lavrentovich, Periodic splay Fréedericksz transitions in a ferroelectric nematic, *Nat. Commun.* 16 (2025) 1–13. doi:10.1038/s41467-025-55827-9. – **Q1**

2. R. Kravchuk, O. Kurochkin, V.G. Nazarenko, V. Sashuk, M. Kravets, B. Basnet, O.D. Lavrentovich, Polar and apolar light-induced alignment of ferroelectric nematics on photosensitive polymer substrates, *Soft Matter*. 22 (2026) 56–63. doi:10.1039/D5SM00997A. – **Q2**

Роль суперобмінного механізму переносу носіїв заряду в допованих аморфних органічних напівпровідниках

А. Кадашук¹, А. Станкевич¹, О. Вахнін¹, D. Andrienko²

¹ Інститут фізики НАН України;

² Max Planck Institute for Polymer Research (Mainz) Germany

1. Актуальність роботи:

Допування аморфних органічних напівпровідників (АОН) є стандартним підходом для створення високоефективних тонкоплівкових оптоелектронних пристроїв, зокрема органічних сонячних елементів та органічних світловипромінюючих діодів (OLED). В OLED-пристроях допування молекулами-емітерами дозволяє підвищити квантовий вихід до 100% і забезпечити необхідний колір випромінювання. Водночас вважається, що домішки можуть утворювати невласні пастки для носіїв заряду, що здатні суттєво негативно впливати на рухливість носіїв і ефективність таких пристроїв. Через значний енергетичний безпорядок в аморфних плівках та високу концентрацію власних пасток за рахунок хвостових станів, роль невласних домішкових пасток залишається суперечливою і значно менш зрозумілою, ніж у кристалічних системах. Дана робота поєднує експерименти методом термостимульованої люмінесценції (ТСЛ), розрахунки з перших принципів та Монте-Карло моделювання, щоб визначити механізм формування пасток в АОН, котрий принципово відрізняється від кристалічних систем.

2. Результатом роботи є наступне: ми показали: (i) мілкі домішкові рівні, на відміну від глибоких, не утворюють окремих пасток, а лише збільшують енергетичний безпорядок в системі через уширення розподілу густини локалізованих станів; (ii) пастки в АОН відіграють подвійну роль: за низької концентрації вони діють як центри захоплення носіїв заряду, а при концентрації домішок $\geq 5\%$ – як транспортні стани для перколяційного транспорту по домішкам; (iv) вперше продемонстровано, що стрибковий перенос носіїв по пасткових рівнях в АОН можливий навіть при аномально малій концентрації пасток ($\sim 1\%$) завдяки реалізації так званого «суперобмінного» механізму тунельного переносу заряду (через віртуальне заселення орбіталей молекул матриці) між віддаленими стрибковими станами, що було підтверджено розрахунками з перших принципів.

3. Новизна. Ключовим результатом є експериментальне та теоретичне підтвердження суперобмінного механізму переносу носіїв заряду між віддаленими пастковими станами, який стає домінуючим при аномально низьких концентраціях домішок.

4. В Інституті фізики виконано експериментальні дослідження методом ТСЛ, Монте-Карло моделювання транспорту в Університеті Байройта (ФРН), моделювання молекулярної динаміки та квантово-механічні розрахунки енергетичної структури та суперобмінної взаємодії проведені в групі Дениса Андрієнка в Інституті Макса Планка (ФРН) в 2025 р.

5. Наукове значення або перспективи практичного застосування: Отримані результати дали нове розуміння ролі пасток у допованих АОН і виявили можливість ефективного транспорту при концентраціях домішок, значно нижчих за класичний поріг перколяції.

6. Результати роботи в статті:

Stankevych *et al.*, “When a trap act as a trap in disordered OLED host-guest systems”, *Physical Review Applied*, (2025) (стаття прийнята до друку), журнал Q1-квартилу.

7. Внесок кожного із співавторів у роботу: по 25% на кожного із авторів.

Аналіз ключових параметрів виявлення оптичних систем методом лазерної ретрорефлексії в умовах низького рівня корисного сигналу та інтенсивних фонових завад

Л.А. Держипольська, **О.О. Передерій**, А.Г. Держипольський, *Я.П Шарлович*, С.В. Ходаківський, А.М. Негрійко

1. **Актуальність дослідження** поширюється як на сфери фізичної безпеки та оборони, що характеризуються масовим застосуванням різноманітних засобів оптичного спостереження, так і на новітні технології атмосферного оптичного зв'язку та навігації, де критично важливим етапом є швидке взаємне виявлення та високоточне наведення терміналів. Оскільки вхідна апертура приймача є оптичною системою, здатною до світлоповертання, розробка методів селекції її слабого відбитого сигналу на фоні інтенсивної сонячної засвітки є необхідною умовою для стабільного встановлення каналу передачі даних та позиціонування рухомих об'єктів.

2. **Результатом роботи** є: аналіз типових апертур засобів спостереження, такі як камери смартфонів з діаметром до 2 мм та фотооб'єктиви з діаметром до 20 мм при використанні системи активної лазерної локації для ідентифікації оптико-електронних пристроїв спостереження у складних умовах, зокрема при інтенсивному денному освітленні. Оцінено максимальні дальності виявлення для різних рівнів потужності активної лазерної системи. Результати чисельного моделювання продемонстрували високу узгодженість з експериментальними вимірюваннями, проведеними на реальних атмосферних трасах довжиною до 200 м.

3. **Новизна результатів:** встановлено та експериментально підтверджено аналітичні залежності для активної лазерної локації, які демонструють критичний вплив параметрів системи на енергетичні співвідношення: залежність четвертого ступеня від дальності виявлення та залежність шостого ступеня від діаметра апертури цілі. Удосконалено методику оцінки ефективності виявлення мікрооптики шляхом врахування еталонного спектра денного випромінювання (ASTM G173-03).

4. **Робота повністю виконана в Інституті фізики НАН України** у 2025 році при виконанні теми Національного фонду досліджень України в рамках проєкту № 228/0148 "Дослідження та розробка новітніх методів і технологій генерування та формування високоенергетичних лазерних пучків для оборонного застосування та повоєнного відновлення довкілля".

5. **Перспективи практичного застосування** результатів досить висока, наразі ведуться перемовини про застосування даних результатів в конструюванні зразків обладнання.

6. **Результати роботи** представлені на конференції: XLV Max Born Symposium: 13 th International Symposium «OPTICS & ITS APPLICATIONS», 27 June – 1 July, 2025, Wroclaw, Poland "Assessment of key factors affecting retroreflex-based detection of optical systems under sunlight" та **Прийнята до друку у другому номері журналу (2026р)** Semiconductor Physics, QuantumElectronics and Optoelectronics L. A.Derzhypolska, O.O. Perederiy, A.G. Derzhypolskyi, Y.P. Sharlovyh, S.V. Khodakovskiy, A.M.Negriyko "Characterisation of the detection of surveillance optical systems using the laser-assisted cat-eye effect" **Q3**

7. Л.А. Держипольська (30%), **О.О. Передерій** (10%), А.Г. Держипольський (25%), *Я.П Шарлович* (15%), С.В. Ходаківський (10%), А.М. Негрійко (10%),

8. Під час виконання та підготовки роботи ІІІ не використовувався.

Фемтосекундне лазерне випромінювання для модифікації та дослідження матеріалів

А. Дмитрук, В. Кадан, І. Дмитрук, Н. Березовська, А. Норенко, А. Ніколаєнко

Актуальність роботи. Створення нових матеріалів і дослідження їхніх властивостей є підґрунтям інноваційно-технологічного розвитку суспільства. Трендом останніх десятиліть є нанорозмірні матеріали, завдяки їхнім специфічним властивостям, зумовленим особливостями їхньої структури. Фемтосекундне лазерне випромінювання, завдяки надзвичайно короткій тривалості й високій густині потужності, є ефективним інструментом для дослідження ультрашвидких (електронних) процесів і модифікації структури (а отже, властивостей) наноматеріалів [1].

Квантові точки вже стали «класикою» цього жанру, а їхні першовідкривачі відзначені Нобелівською премією у 2023 році. Проте інші, нібито подібні наноматеріали, наприклад, вуглецеві точки (carbon dots, CD) досі є складними для пояснення спостережуваних у них явищ. Яскрава фотолюмінесценція на тлі простоти й дешевизни їхнього виготовлення актуалізує дослідження CD.

Іншим прикладом перспективних наноматеріалів є нанокompозити. «Перемішування» складових на атомарному масштабі переводить їх у тверді розчини. Пересичені тверді розчини суттєво розширюють область застосувань пристроїв на їхній основі. Наприклад, високий вміст олова в германії робить цей напівпровідник прямозонним і звужує заборонену зону, що дозволяє створювати фотоприймачі для довших довжин хвиль у порівнянні з чистим германієм, а це є актуальна задача.

Напівпровідникові наночастинки, завдяки квантово-розмірному ефекту, є цікавими для опто- і фотоелектроніки. Проте їхні практичні застосування лімітуються через вміст у них важких металів (Cd, Pb). Альтернативою є тернарні напівпровідники, наприклад, халькогеніди срібла й індію, в яких варіації складу й структури визначають їхні оптичні властивості. Такі матеріали є відносно мало вивченими і актуальними для дослідження.

Основний науковий результат. За допомогою фемтосекундного лазерного опромінення створено тверді розчини GeSn з високим вмістом олова [2]. За допомогою фемтосекундного лазерного випромінювання досліджено кінетику фотоіндукованих змін поглинання нових молекулярних барвників на основі CD [3] та кінетику люмінесценції синтезованих наночастинок Ag-In-Se [4].

Новизна результатів. Наскільки відомо авторам, такі дослідження виконані вперше.

Опромінення GeSn і дослідження Ag-In-Se **виконані в Інституті на ЦККП ЛФК у 2025 році**. Памп-проб вимірювання CD виконані в попередні роки.

Наукове значення або перспективи практичного застосування результатів роботи. Усі роботи спрямовані на практичні застосування: CD і Ag-In-Se як люмінесцентні маркери в мікроскопії, GeSn як фотоприймачі ІЧ діапазону. Наукове значення полягає в поглибленні розуміння фізики спостережуваних явищ у цих нанорозмірних матеріалах.

Результати роботи опубліковано в:

1. А. Dmytruk et al. Тези X української наукової конференції з фізики напівпровідників УНКФН-10, 26-29 травня **2025**, Ужгород, Україна, ст. 40-41.
2. V. Yukhymchuk et al. **Mater. Res. Express** **2025**, 12, 115004, <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ae1d3d> (Q2)
3. W. Kasprzyk et al. **Small Struct.** **2025**, 6, 2400583, <https://doi.org/10.1002/ssr.202400583> (Q1)
4. А. Nikolaienko et al. Тези X української наукової конференції з фізики напівпровідників УНКФН-10, 26-29 травня **2025**, Ужгород, Україна, ст. 397-398.

Внесок кожного зі співавторів: порівну.

Особливості властивостей імпульсного розряду з порожнистим катодом в аргоні низького тиску збуджуваного інжекцією плаз мого згустку

В.Ю. Баженов, **В.В. Ціолко**, В.М. Піун

1. Актуальність. Особливістю розрядів з порожнистим катодом є його висока енергетична ефективність, що дозволяє створювати плазму з густиною, яка в 5-10 разів перевищує густину плазми звичайних розрядів. Іншою особливістю такої плазми є бімаксвелівський характер ФРЕЕ з високим вмістом висоенергетичних електронів. Все це дозволяє використовувати плазму таких розрядів в технологіях, зокрема в якості активного середовища плазмохімічних реакторів.

2. Основні результати роботи. Знайдено, що, в плазмі такого імпульсного розряду приведене електричне поле E/N може сягати значень $10^5 - 10^6$ Тд, на кілька порядків більше у звичайних розрядах з порожнистим катодом. Встановлено факт наявності групи електронів з температурою T_e^{exc} більше $\approx (80 - 100)$ еВ у приосьовій ділянці катода

3. Новизна результатів. Вперше встановлено в плазмі розряду з порожнистим катодом: - аномально великих приведених полів $E/N \approx (10^5 - 10^6)$ Тд; існування групи енергійних з температурою T_e^{exc} більше $\approx (80 - 100)$ еВ.

4. Робота повністю виконана в Інституті фізики НАНУ у 2025 році.

5. Наукове значення або перспективи практичного використання. Одержані результати не тільки покращують наше розуміння фізичних процесів, які відбуваються в плазмі з великими електричними полями, але й дають можливість створення більш ефективних плазмових пристроїв.

6. Результати досліджень були опубліковані:
в статті

V.Yu. Bazhenov, V.V. Tsiolko, V.M. Piun. Some characteristics of pulsed discharge with hollow cathode in low pressure argon initiated by injection of plasma bunch. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2025. №4(158)PP.83-86. <https://doi.org/10.46813/2025-158-083>. Q3.

та працях конференції

V.Yu. Bazhenov, V.V. Tsiolko, V.M. Piun. "Space-time dependence of floating potential in a plasma of hollow cathode discharge initiated by injection of a plasma bunch". *Proceedings of the XXI International Scientific Conference Electronics and Applied Physics APHYS-2025*, October 21-24, 2025, Kyiv, Ukraine, pp. 57 – 58.

7. Внесок співавторів рівний.

—

Структурні флуктуації в ультратонких плівках ахіральних і хіральних рідких кристалів поблизу фазового переходу плавлення

А. Нич¹, У. Огніста¹, J. Pisljar², S. Kralj², and I. Musevic²

¹ Інститут фізики НАН України

² Jožef Stefan Institute (Ljubljana, Slovenia)

1. Актуальність роботи Обмеження рідин у нанорозмірних порожнинах або щілинах з розмірами порядку кількох або кількох десятків міжмолекулярних відстаней отримало особливу увагу завдяки відкриттю явища капілярної конденсації, вперше описаної лордом Кельвіном. У рідких кристалах (РК) було теоретично передбачено, що обмеження перетворює слабкий фазовий перехід першого роду (нематик $\leftrightarrow$ ізотропна фаза) на неперервний після досягнення критичної точки, яка залежить від матеріалу та поверхні, а пізніше цю теорію узагальнили на впорядковані та не впорядковані підкладки. Згодом з'явилися експериментальні роботи, в яких досліджували капілярну конденсацію та критичну точку в різних геометріях обмеження та різними методами, але здебільшого фокусувались на статичних властивостях, а динамічні характеристики вивчали значно рідше, наприклад, методом динамічного розсіювання світла. Нами раніше було експериментально отримано фазову діаграму товщина-температура у тонких плівках хіральної голубої фази ВРІ, показано особливості конденсації та динаміки півскірміонів поблизу фазового переходу з ізотропної фази в мезофазу. У даній роботі ми представили експерименти, проведені в ахіральних, хіральних та високохіральних (голуба фаза) рідких кристалах, використовуючи оптичну мікроскопію високої роздільної здатності (~ 150 нм), для спостереження динаміки та зміни характеру фазового переходу від стрибкоподібного до поступового зі збільшенням товщини шару РК від 20 нм до 500 нм.

2. Результатом роботи є:

- Досліджено структурні флуктуації директора в реальному часі в ахіральних і хіральних рідкокристалічних нематиках в ультратонких плівках товщиною менше 100 нм за допомогою оптичної мікроскопії з високою роздільною здатністю. Показано, що при товщині більшій за критичну (~ 70 нм) перехід є фазовим переходом I роду, а при товщині, меншій за критичну перехід набуває ознак переходу II роду, тобто стає поступовим.

- Виявлено, що у високохіральних рідких кристалах під час фазового переходу поблизу критичної товщини окрім «звичайних» флуктуацій параметру порядку з'являються флуктуації, пов'язані з хіральними об'єктами – півскірміонами та їх фрагментами. Використовуючи методи відстеження об'єктів у відеомікроскопії з великою оптичною роздільною здатністю, визначено розподіл значень часу життя півскірміонів та їх фрагментів.

- Показано, що при товщині ~ 100 нм і менше швидкість релаксації хіральних об'єктів становить 10-100 1/с, що повільніше на чотири порядки порівняно з частотою "звичайних" флуктуацій параметру порядку, яка в об'ємних зразках становить $\sim 10^6$ 1/с.

3. Новизна результатів

Вперше показано можливість спостереження явищ поблизу фазового переходу в сильно обмежених (товщиною менше 100 нм) рідкокристалічних системах методами оптичної мікроскопії з високою роздільною здатністю, що має вагоме значення для досліджень фазових переходів та передперехідних явищ у рідких кристалах.

4. Яка частина роботи виконана в Інституті і саме у 2025 р.

В Інституті фізики проводилось розробка та дослідження рідкокристалічних матеріалів з різною хіральністю, оптимальними оптичними властивостями та температурним діапазоном існування; обробка і аналіз отриманих результатів та підготовка статті.

5. Наукове значення або перспективи практичного застосування результатів роботи.

Результат має вагоме практичне значення для досліджень фазових переходів в сильно обмежених рідкокристалічних системах.

6. Публікації.

1. J. Pisljar, A. Nych, U. Ognysta, S. Kralj, and I. Musevic. Microscale structural fluctuations at the melting phase transition of strongly confined achiral and chiral nematics, Phys. Rev. E., 111(4), 045415 (2025) <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.111.045415> (Journal Impact Factor 2.4, Quartile Q2)

Ефекти та механізми підсилення оптичних переходів молекул тиміну та гліцину на комбінованих наноструктурах Fe_3O_4 допованих благородними металами.

Раллєв М. В., Фесенко О. М., Яремкевич А. Д., Леоненко Є. В.

Актуальність. SEIRA/SERS є ефективними методами надчутливої детекції біомолекул у слідових концентраціях завдяки локальному підсиленню електромагнітного поля на наноструктурованих поверхнях. У цій роботі як модельні аналіти для вивчення взаємодії біомолекул із благородними металами обрано тимін і гліцин, що дозволяє порівняти різні типи функціональних груп та механізми адсорбції. Магніто-плазмонні наногібриди Fe_3O_4 допованих благородними металами (Ag або Au або Pt) забезпечують синергію магнітних властивостей аналіту та формування плазмонних «hot spots», знижуючи межу виявлення й підвищуючи відтворюваність сигналу. Це робить такі системи перспективними для швидкого аналізу та створення керованих SEIRA/SERS-платформ у біоаналітиці й екомоніторингу.

Основний науковий результат. Сутність наукової новизни полягає у створенні, характеристиці й експериментальному обґрунтуванні функціональності універсальних магніто-плазмонних підкладок Fe_3O_4 -Ag/Au/Pt (in-situ декорування без стабілізаторів), що поєднують магнітні властивості та плазмонне підсилення і забезпечують відтворювані SEIRA/SERS детектування біомолекул. Кількісно встановлено ієрархію підсилення $\text{Ag} > \text{Au} > \text{Pt}$. Для системи тимін на Fe_3O_4 -Ag ми отримали підсилення сигналу SEIRA до $\sim 10^4$ рази, встановили, що в залежності від умов, Ag може зв'язуватися з тиміном як через N1 так і через N3. Показано специфічні маркери двоточкової координації тиміну на Pt та відмінності адсорбції на Ag. У наноконкомплексі Fe_3O_4 -Au/гліцин підтверджено місткову бідентатну координацію COO^- та NH_3 гліцину з наноструктурами Au, та отримали SEIRA та SERS-підсилення до $\sim 10^3$. Для системи Fe_3O_4 -Pt виявлено LSPR-ознаки Pt-кластерів і зв'язок мікроструктури з електрофізичними параметрами, також, було встановлено взаємодію гліцину з Pt через зв'язки C=O та N1. Загалом, ми отримали підсилення сигналу в системі Fe_3O_4 -Pt з тиміном приблизно в ~ 253 рази.

Обсяг роботи, що виконано в Інституті у 2025р. Безпосередньо у 2025 році було виконано дослідження та підготовлено 2 статті Rallev M., Fesenko O., Leonenko Ye., Yaremkevych A., Lavrynenko O. « *Fe_3O_4 -Ag nanohybrids as novel SEIRA and SERS substrate for Thymine detection*», *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, <https://doi.org/10.1080/15421406.2024.2434336> та M. Rallev, Ye. Leonenko, A. Yaremkevych, O. Pylypchuk, O. Lavrynenko O. Fesenko «*Magneto-Plasmonic Fe_3O_4 -Pt Nanohybrids for SEIRA and SERS-Based Thymine Sensing*», *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, <https://doi.org/10.1080/15421406.2026.2619526>

Наукове значення або перспективи практичного застосування. Таким чином, магніто-плазмонні гібридні наночастинки синергетично поєднують властивості компонентів і формують нові функціональні характеристики завдяки міжфазній взаємодії. Отримані результати є основою для створення високочутливих підкладок SEIRA/SERS для аналізу слідових кількостей речовин, а також для моніторингу й фільтрації домішок у довкіллі. Практичний потенціал охоплює біосенсори/біочіпи (ДНК, білки, метаболіти) та медичну діагностику (скринінг препаратів, детекція антигенів/антитіл, інфекції), при цьому благороднометалеві покриття підвищують стабільність і біосумісність магнітних носіїв.

Особистий внесок здобувача полягає у підготовці зразків до вимірювань, виконанні експериментальної частини роботи, зокрема у реєстрації спектрів поглинання UV-Vis, ІЧ (FTIR), та особисто готував матеріали і представляв результати на міжнародних наукових конференціях.