

3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ ПРОЄКТУ

ГРАНТООТРИМУВАЧ

Фізико-механічний інститут імені Г.В. Карпенка

Організаційно-правна форма підприємства / установи / організації

Державна організація (установа, заклад)

Підприємство / підприємство / Установа / організація

Назва підприємства / установи / організації

Бюджет

Фінансування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Фізико-механічного інституту
ім. Г.В. Карпенка НАН України
Назарчук З.Т.
(підпис)
М.П.

АНОТОВАНИЙ ЗВІТ

про виконану роботу у 2020 році в рамках реалізації проєкту
із виконання наукових досліджень і розробок

Експериментально-теоретичне вивчення і прогнозування фотопружних властивостей кристалічних матеріалів для пристроїв керування електромагнітним випромінюванням
(назва Проєкту)

Назва конкурсу: Конкурс НФДУ «Підтримка досліджень провідних та молодих учених»

Реєстраційний номер Проєкту: 2020.02/0211

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок Реєстраційний № 2020.02/0211 «Експериментально-теоретичне вивчення і прогнозування фотопружних властивостей кристалічних матеріалів для пристроїв керування електромагнітним випромінюванням»

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу «Підтримка досліджень провідних та молодих учених» протокол від «16-17» вересня 2020 року № 21

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Тривалість виконання Проєкту

Початок – 28 жовтня 2020 р.;

Закінчення – 2022 рік.

Загальна вартість Проєкту, грн. 6,149,800

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 930,000

2-й рік 2,668,200

3-й рік 2,551,600

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту залучено 6 виконавців, з них:

доктори наук 3;

кандидати наук 2;

інші працівники 1.

3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(Ї) СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ

ГРАНТООТРИМУВАЧ

Фізико - механічний інститут імені Г.В. Карпенка

Організаційно-правова форма підприємства / установи / організації:

Державна організація (установа, заклад)

Підпорядкованість підприємства / установи / організації

Національна академія наук України

Код за ЄДРПОУ 03534506

Код КВЕД: 72.19

Основні/стратегічні напрями наукової діяльності

Фізичні основи та інформаційні технології технічної діагностики та дистанційного зондування

Фізико-хімічна механіка руйнування і міцності матеріалів: проблеми водневого впливу та корозії

Прізвище, ім'я, по батькові керівника підприємства/установи/

Назарчук Зіновій Теодорович

Юридична адреса підприємства/установи/організації:

79060, Львівська обл., місто Львів, Франківський район, вулиця Наукова, будинок 5

Поштова адреса

79060, Львівська обл., місто Львів, Франківський район, вулиця Наукова, будинок 5

Фактична адреса підприємства/установи/організації:

79060, Львівська обл., місто Львів, Франківський район, вулиця Наукова, будинок 5

Контактні дані:

телефон організації +38(032)263-70-49

адреса електронної пошти: pminasu@ipm.lviv.ua

посилання на веб-сторінку: <http://www.ipm.lviv.ua>

СУБВИКОНАВЕЦЬ

Львівський національний університет імені Івана Франка

Організаційно-правова форма підприємства/установи/організації:

Державна організація (установа, заклад, підприємство).

Підпорядкованість підприємства/установи/організації:

Міністерство освіти і науки України

Код ЄДРПОУ

02070987

Код(и) КВЕД

85.42

Стратегічні напрями наукової діяльності:

- 1) Математичні науки та природничі науки. 2) Технічні науки. 3) Біологія та охорона здоров'я.
- 4) Суспільні науки. 5) Гуманітарні науки та мистецтво.

ПІБ керівника підприємства/установи/організації:

Мельник Володимир Петрович.

Юридична адреса підприємства/установи/організації:

79000, Львівська обл., місто Львів, Галицький район, вул. Університетська, будинок 1.

Поштова адреса

79000, Львівська обл., місто Львів, Галицький район, вул. Університетська, будинок 1.

Фактична адреса

79000, Львівська обл., місто Львів, Галицький район, вул. Університетська, будинок 1.

Контактні дані:

Телефон: 0322-39-41-22

Адреса електронної пошти: lnu@lnu.edu.ua.

Посилання на веб сторінку організації: <http://lnu.edu.ua/>

4. ОПИС ПРОЄКТУ

4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)

Розвиток методології вивчення фотопружності та створення бази даних перспективних акустооптичних матеріалів; прогнозування фотопружних властивостей на основі квантово-механічного розрахунку.

4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)

Для вибраних кристалів групи лангаситу, синтезованих кристалів групи A_2VX_4 та халькогалогенідних структур експериментально дослідити фотопружні характеристики, анізотропію фотопружності та встановити вплив на них іонних заміщень та домішок. Провести квантово-механічний розрахунок (прогноз) фотопружності. Визначити найефективніші геометрії фотопружної взаємодії для акустооптичних застосувань.

4.3. Детальний зміст Проєкту:

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

Відомі кристали для акустооптичних (АО) комірок мають недоліки: загасання акустичних хвиль, малі коефіцієнти АО якості та температурну нестабільність. На їх основі неможливо створити АО модулятори з високими експлуатаційними характеристиками: малими споживаними потужностями, високою температурною стабільністю і високою променевою стійкістю, широким спектральним діапазоном. Пошук нових матеріалів є актуальною задачею.

- Новизна Проєкту (до 400 знаків)

Колектив є лідером щодо вивчення фотопружності кристалів. Тому наукова новизна проєкту полягає: у застосуванні пріоритетних експериментальних методів до нових матеріалів, 2) у достовірних результатах визначення фотопружних коефіцієнтів і їх верифікації методом квантово-механічних розрахунків, 3) у вивченні просторової анізотропії фотопружності та пошуку ефективних геометрій фотопружної та АО взаємодії.

- Методологія дослідження (до 400 знаків)

Інтерферометричний та поляризаційно-оптичний методи дослідження фотопружних констант, методи та програми аналізу просторової анізотропії фотопружності, методи синтезу матеріалів та їх дослідження на дифракційних спектрографах, дилатометрі, мас-спектрометрі, еліпсометрі, установці для ДТА; методи X-променевої, фотоелектронної і електронної спектроскопії, програми розрахунку зонно-енергетичної структури.

5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проєкту, зокрема:

5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проєкту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)

У 2020 р. модифіковано та апробовано ростові та дослідницькі установки, що забезпечують вирощування якісних механічно міцних матеріалів та достовірне вивчення фотопружних і акустооптичних характеристик вибраних матеріалів. В результаті модернізації інтерферометричної установки, усунуто паразиту «постійну», яка суттєво впливає точність і трудомісткість експерименту: за дії 100-200 кГ на штоці передачі навантаження «постійна» установки в межах 1-2% зміщення інтерференційної картини на $\lambda/2$ не проявляється. Проведено апробацію-тестування модифікованої установки на модельних кристалах ніобату літію LiNbO_3 : MgO , кристалах лантангалієвого силікату (лангаситу, LGS) та кальцій-тантал галієвого силікату (CTGS). Визначено усі головні п'єзооптичні коефіцієнти (ПОК) в усіх можливих геометріях експерименту. В симетрично тотожних геометріях експерименту відповідні ПОК кристалів LiNbO_3 : MgO , кристалів групи LGS збігаються: відмінність від середньоарифметичного значення між ними є суттєво меншою від похибки визначення відповідного ПОК і не перевищує $\sim 3\text{-}5\%$. Отримано збіжність між відомими і новими (отриманими з використанням модифікованої установки) значеннями відповідних ПОК. Отже, модернізована інтерферометрична установка, сформована на базі однопрохідного інтерферометра Маха-Цендера, підготована до відповідальних досліджень фотопружності в оптичних матеріалах, запланованих до вивчення в рамках даного проєкту.

Проведено аналіз фізичних, в т.ч. оптичних властивостей кристалів групи лангаситу, а також просторової анізотропії п'єзооптичного ефекту (ПОЕ) в кристалах LGS та CTGS. Результат засвідчує, що заміна катіонів в структурі кристалічних сполук групи лангаситу впливає на зміну оптичних та фотопружних властивостей кристалів. Наприклад, заміна лантану La^{3+} і, частково, галію Ga^{3+} на катіони кальцію Ca^{2+} і танталу Ta^{5+} та відповідна зміна співвідношень між параметрами кристалічної ґратки c/a кристалів CTGS в порівнянні з LGS, приводить до перерозподілу максимальних значень поздовжнього та поперечного ПОЕ на користь поперечного ефекту. Максимальні значення поперечного ПОЕ кристалів CTGS удвічі переважають відповідні значення в кристалах LGS. Зроблена спроба провести кореляцію максимумів поперечного ПОЕ за простою ознакою, а саме, за величиною параметра c/a кристалічної комірки. Саме цей параметр можна покласти в основу прогнозування величини ефектів фотопружності в кристалах групи лангаситу, яка налічує понад 100 представників.

В частині Субвиконавця проведено літературний огляд щодо фізичних властивостей домішкових кристалів K_2SO_4 . Виявлено, що домішки іонів металалів суттєво змінюють поведінку діелектричної константи і коефіцієнта діелектричних втрат та оптичних характеристик (показників заломлення, двозаломлення) цих кристалів.

Синтезовано кристал сульфату калію з 3 % вмістом міді і досліджено його дисперсійні залежності показників заломлення $n_i(\lambda)$ та двоприменезаломлення $\Delta n_i(\lambda)$. Встановлено, що в спектральному діапазоні 300...700 нм дисперсія $n_i(\lambda)$ нормальна. Встановлено, що введення домішки приводить до зменшення n_i приблизно на 0,001...0,002. Виявлено, що введення домішки спричиняє зміщення положення центрів УФ осциляторів в довгохвильову ділянку спектру та зменшення сили відповідних осциляторів. Методом X-променевої порошкової дифракції вивчено структурні характеристики кристалів. Кристалічну структуру домішкового кристалу K_2SO_4 можна розглядати як результат кратного (два атоми калію на один атом міді) гетеровалентного заміщення атомів 2K^+ на Cu^{2+} в структурі з утворенням сполуки $\text{K}_{1,84(1)}\text{Cu}_{0,08(1)}\text{SO}_4$, яку можна представити як укладання колон з тетраєдрів SO_4^{2-} . Досліджено механічну міцність цього кристалу, яка складає 270 кГ/см², чого цілком достатньо для дослідження ефектів фотопружності під час виконання подальших етапів проєкту.

За результатами виконання проміжного етапу проєкту оформлена та прийнята до друку стаття: Стадник В. та ін. Об изотропных точках в примесных кристаллах K_2SO_4 // Оптика и спектроскопия. – 2021.

5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами

Відомі фотопружні матеріали мають недоліки, до яких відносяться велике затухання акустичних хвиль для TeO_2 і PbMO_4 на частотах $f > 0,3$ ГГц, відносно малі коефіцієнти АО якості $M_2 = (2-7) \cdot 10^{-15}$ сек³/кг для кристалів кварцу, LiNbO_3 , LiTaO_3 , великі температурні (T) коефіцієнти швидкостей звуку і показників заломлення для PbMO_4 , LiNbO_3 і LiTaO_3 , що є причиною T -нестабільності АО та фотопружних комірок. Крім того, вказані кристали мають малу оптичну променеву стійкість $\sim 0,1$ ГВт/см² і високу короткохвильову межу області прозорості ($\sim 0,4-0,5$ мкм). Заплановані в проекті результати дозволять створити фотопружні та АО комірки, які за основними характеристиками, такими як: 1) малі споживані потужності $\sim 0,1$ Вт, 2) висока T -стабільність без використання засобів T -стабілізації, 3) висока променева стійкість ~ 30 ГВт/см² – для модуляції оптичних променів великої потужності, 4) високі робочі частоти модуляторів $\sim (1-5)$ ГГц, 5) широкий спектральний діапазон – суттєво переважатимуть світові аналоги.

У 2020 р. проведені роботи щодо отримання якісних зразків для дослідження із вирощених та вибраних серед кристалів групи лангаситу матеріалів, що відповідатимуть характеристикам, вказаним вище у п.п. 1–5.

5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проєкту для економіки та суспільства (стосується проєктів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)

Проєкт відноситься до фундаментальних науково-дослідних робіт.

5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проєкту в суспільній практиці.

У 2020 р. модифіковано та апробовано ростові та дослідницькі установки, що забезпечують вирощування якісних механічно міцних оптичних матеріалів та достовірне вивчення їх фотопружних і акустооптичних характеристик.

Ці результати уже відсьогодні використовуються під час виконання бакалаврських, магістерських та PhD робіт. Крім того, заплановано видання колективної монографії Дем'янишин Н.М. та ін. «Просторова анізотропія індукованих оптичних ефектів у кристалічних матеріалах», 2-й том, в якій будуть ретельно відображені відповідні питання.

Примітка: Анотований звіт не повинен містити відомостей, заборонених до відкритого опублікування

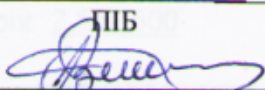
Науковий керівник Проєкту

провідний науковий співробітник

(посада)

Мицик Б.Г.

ПІБ



(підпис)