

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U004303

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 05-08-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ ЛНУ ім. Івана Франка № 1105 від 28.08.2026 р.



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Підгорний Олександр Олександрович

2. Oleksandr O. Pidhornyi

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0008-0040-1409

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 105

Назва наукової спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 11-08-2026

Спеціальність за освітою: Фізика та астрономія

Місце роботи здобувача: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 15247

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.19, 29.03.31, 29.31

Тема дисертації:

1. Вплив катіонів Cd^{2+} та Sr^{2+} на люмінесцентні параметри кристалів CsPbCl_3
2. Influence of Cd^{2+} and Sr^{2+} cations on the luminescent parameters of CsPbCl_3 crystals

Реферат/анотація:

1. У дисертаційній роботі сформовано узагальнену фізичну модель впливу катіонів Cd^{2+} та Sr^{2+} на люмінесцентні параметри CsPbCl_3 . Показано, що підсилення люмінесценції визначається сукупністю чинників: зменшенням концентрації дефектів, модифікацією локального кристалохімічного оточення, підвищенням впорядкованості ґратки, перебудовою електронної структури, зміною процесів термалізації носіїв заряду та зниженням імовірності безвипромінювальної рекомбінації. Обидві домішки покращують люмінесцентні характеристики CsPbCl_3 , проте реалізують цей ефект через різні фізичні механізми: Cd^{2+} переважно через модифікацію прикрайової люмінесценції та пригнічення дефектно-зумовлених втрат, а Sr^{2+} – через перебудову електронно енергетичних, оптичних та екситонних параметрів. Експериментально встановлено, що введення Cd^{2+} у монокристали CsPbCl_3 приводить до суттєвого підсилення прикрайової екситонної люмінесценції. Для чистого CsPbCl_3 основна смуга випромінювання спостерігається поблизу 416,7 нм і пов'язується з рекомбінацією вільних екситонів. У Cd^{2+} -активованих кристалах зафіксовано зростання інтегральної інтенсивності випромінювання, зміщення екситонних смуг у високоенергетичну

область, появу додаткових екситоноподібних компонент, збільшення ширини спектральних смуг та зміну часових констант загасання. Дослідження Sr^{2+} -активованих кристалів CsPbCl_3 показало, що введення стронцію приводить до підсилення екситонної люмінесценції, зміни її температурної поведінки та модифікації кінетики загасання. Завдяки близькості іонних радіусів Sr^{2+} та Pb^{2+} стронцій може входити у B-позицію перовскітної ґратки без істотного руйнування її базової структури, проте з локальною зміною довжин зв'язків і просторового оточення атомів хлору. Такі локальні зміни впливають на умови формування екситонних станів, стабільність випромінювального каналу та ймовірність безвипромінювальної рекомбінації. Розрахунки електронної структури показали, що Sr^{2+} -легований CsPbCl_3 зберігає перовскітний тип структури та характеризується розширенням забороненої зони порівняно з нелегованим кристалом. Аналіз густини електронних станів засвідчив, що валентна зона CsPbCl_3 формується переважно станами Cl та Pb, тоді як після введення Sr^{2+} у зоні провідності з'являється внесок станів Sr. Це свідчить, що стронцій не є лише пасивним структурним модифікатором, а бере участь у перебудові електронно-енергетичного профілю кристала та впливає на положення країв зон і характер оптичних переходів. Встановлено, що легування Sr^{2+} істотно змінює ефективні маси носіїв заряду, діелектричну функцію і енергію зв'язку екситона. Отримані результати розширюють уявлення про взаємозв'язок між домішковою модифікацією, дефектною структурою, електронними станами та екситонною люмінесценцією в галогенідних перовскітах. Вони створюють наукове підґрунтя для подальшої оптимізації складу перовскітних матеріалів, зниження дефектності та розроблення нових люмінесцентних і сцинтиляційних кристалів на основі CsPbCl_3 з керованими спектральними, кінетичними та оптичними характеристиками.

2. The thesis forms the generalized physical model of the influence of Cd^{2+} and Sr^{2+} cations on the luminescent parameters of CsPbCl_3 . It was shown that luminescence enhancement is determined by a combination of factors: a decrease in defect concentration, modification of the local crystal-chemical environment, improvement of lattice ordering, rearrangement of the electronic structure, changes in charge carrier thermalization processes, and reduction in the probability of nonradiative recombination. Both dopants improve the luminescent characteristics of CsPbCl_3 , but they implement this effect through different physical mechanisms: Cd^{2+} mainly through modification of near-edge luminescence and suppression of defect-related losses, whereas Sr^{2+} acts through rearrangement of electronic-energy, optical, and excitonic parameters. It was experimentally established that the introduction of Cd^{2+} into CsPbCl_3 single crystals leads to a significant enhancement of near-edge excitonic luminescence. For undoped CsPbCl_3 , the main emission band is observed near 416.7 nm and is associated with free-exciton recombination. In Cd^{2+} -activated crystals, an increase in the integral emission intensity, a shift of excitonic bands toward the high-energy region, the appearance of additional exciton-like components, an increase in the width of spectral bands, and changes in decay time constants were recorded. The study of Sr^{2+} -activated CsPbCl_3 crystals showed that the introduction of strontium leads to enhancement of excitonic luminescence, changes in its temperature behavior, and modification of decay kinetics. Due to the similarity of the ionic radii of Sr^{2+} and Pb^{2+} , strontium can enter the B-site of the perovskite lattice without significant destruction of its basic structure, but with local changes in bond lengths and the spatial environment of chlorine atoms. Such local changes affect the conditions for the formation of excitonic states, the stability of the radiative channel, and the probability of nonradiative recombination. Electronic-structure calculations showed that Sr^{2+} -doped CsPbCl_3 preserves the perovskite-type structure and is characterized by band-gap widening compared with the undoped crystal. Analysis of the density of electronic states showed that the valence band of CsPbCl_3 is formed mainly by Cl and Pb states, whereas after the introduction of Sr^{2+} , a contribution of Sr states appears in the conduction band. This indicates that strontium is not merely a passive structural modifier but participates in the rearrangement of the electronic-energy profile of the crystal and affects the positions of the band edges and the nature of optical transitions. The obtained results expand the understanding of the relationship between impurity modification, defect structure, electronic states, and excitonic luminescence in halide perovskites. They create a scientific basis for further optimization of the composition of perovskite materials, reduction of defectiveness, and development of new luminescent and scintillation crystals based on CsPbCl_3 with controlled spectral, kinetic, and optical characteristics.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

1. Pushak A., Pidhornyi O., Chornodolskyi Ya., Malyi T., Demkiv T., Antonyak O., Stakhura V., Salapak V., Gamernyk R., Bovgyra O., Zelinskiy A., Smortsova Y., Kotlov A., Voloshinovskii A. Enhanced exciton luminescence and fast scintillation potential in Sr²⁺-activated CsPbCl₃ single crystals // Journal of Materials Chemistry C. – 2026. – Vol. 14(17). – P. 7161–7169. (Scopus, Q1) doi: 10.1039/D5TC03602J.
2. Антоняк О. Т., Демків Т. М., Підгорний О. О., Пушак А. С., Чорнодольський Я. М., Волошиновський А. С. Особливості X-променевої люмінесценції монокристалів CsPbCl₃:CdCl₂ // Журнал фізичних досліджень. – 2025. – Т. 29(2). – С. 2705(4). (Scopus, Q4). doi: 10.30970/jps.29.2705.
3. Kovalenko M., Bovgyra O., Chornodolskyi Ya., Pidhornyi O., Pushak A., Voloshinovskii A. Electronic structure of Sr-doped CsPbCl₃ crystal: first-principles investigation // Low Temperature Physics. – 2025. – Vol. 51(3). – P. 339–347. (Scopus, Q3). doi: 10.1063/10.0035837.
4. Pidhornyi O., Chornodolskyi Ya., Pushak A., Smortsova Y., Kotlov A., Antonyak O., Demkiv T., Gamernyk R., Voloshinovskii A. Enhancement of near edge luminescence in cadmium ions doped CsPbCl₃ single crystals // Journal of Applied Physics. – 2023. – Vol. 134(13). – P. 135105. (Scopus, Q2). doi: 10.1063/5.0159753.
5. Бовгира О., Коваленко М., Чорнодольський Я., Підгорний О., Савшак П., Волошиновський А. Електронна енергетична структура кристалів CsPbCl₃:Sr // Вісник Львівського університету. Серія фізична. – 2024. – Вип. 61. – С. 137–155. doi: 10.30970/vph.61.2024.137.
6. Підгорний О. О. Зонна структура кристалів CsPbCl₃:Sr / О. О. Підгорний, Я. М. Чорнодольський // Міжнародна наукова конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «Еврика-2025», Львів, Україна, 13–15 травня, 2025. – С. В18.
7. Pidhornyi O. Electronic Structure of Cd-doped CsPbCl₃ Crystal: First Principles Study / O. Pidhornyi, M. Kovalenko, O. Bovgyra, Ya. Chornodolskyi // Lashkaryov's Readings-2024: Young Scientists Conference on Semiconductor Physics, Abstract Book, Kyiv, Ukraine, April 04, 2024. – P. 59–60.
8. Kovalenko M. Electronic Structure of Sr-doped CsPbCl₃ Crystal: First Principles Investigation / M. Kovalenko, O. Bovgyra, Ya. Chornodolskyi, O. Pidhornyi // IV International Conference “Condensed Matter & Low-temperature Physics”: Conference Program & Book of Abstracts, Kharkiv, Ukraine, June 3–7, 2024. – P. 199.
9. Voloshinovskii A. Luminescence of Sr²⁺-activated CsPbCl₃ single crystals / A. Voloshinovskii, Ya. Chornodolskyi, O. Pidhornyi, A. Pushak, M. Kovalenko, O. Bovgyra, R. Gamernyk, O. Antonyak, A. Kotlov, A. Smortsova, T. Malyi, T. Demkiv // LUMDETR 2024, 12th European Conference on Luminescent Detectors and Transformers of Ionising Radiation: Book of Abstracts, Riga, Latvia, June 16–21, 2024. – P. PA04.
10. Kovalenko M. V. Influence of Cl vacancy on electronic properties of Sr-doped CsPbCl₃ perovskite: DFT insight / M. V. Kovalenko, O. V. Bovgyra, A. S. Voloshinovskii, Ya. M. Chornodolskyi, O. O. Pidhornyi, I. A. Pryshko // International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials” (NANO-2024): Abstract Book, Uzhhorod, Ukraine, August 21–24, 2024. – P. 524.

- 11. Підгорний О. О. Зонна структура кристалів CsPbCl₃:Cd / О. О. Підгорний, С. О. Кононюк, Я. М. Чорнодольський // Міжнародна наукова конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «Еврика-2023», Львів, Україна, 16-18 травня, 2023. – С. В16.
- 12. Pidhornyi O. Edge luminescence of CsPbCl₃ doped single crystals / O. Pidhornyi, Ya. Chornodolsky, A. Pushak, O. Antonyak, T. Demkiv, R. Gamernyk, A. Voloshinovskii // IX International Conference “Physics of Disordered Systems” (PDS-2023): Book of Abstracts, Lviv, Ukraine, September 19-20, 2023. – P. 67.
- 13. Підгорний О. Зонна структура кристалів CsSnX₃ (X = F, Cl, Br, I) / О. Підгорний, Я. Чорнодольський // Міжнародна наукова конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «Еврика-2021», Львів, Україна, 18-20 травня, 2021. – С. В19.

Наукова (науково-технічна) продукція: матеріали

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0122U001860, 0125U002198

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Чорнодольський Ярослав Миколайович

2. Yaroslav M. Chornodolsky

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6774-3296

Додаткова інформація: <https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=6C91hlAAAAAJ>; Web of Science Researcher ID: F-6378-2019; Scopus Author ID: 20336825300

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Коструба Андрій Михайлович

2. Andriy M. Kostruba

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7168-4791

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 6603288003; Web of Science Researcher ID: O-4587-2018;
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=9Ba1YjUAAAAJ>

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького

Код за ЄДРПОУ: 00492990

Місцезнаходження: вул. Пекарська, Львів, 79010, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Столярчук Ігор Дмитрович
2. Ihor D. Stolyarchuk

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7549-2335

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 6602497078; Web of Science Researcher ID: AAX-8198-2020;
<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=GYytOgMAAAAJ>

Повне найменування юридичної особи: Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02125438

Місцезнаходження: вул. Івана Франка, Дрогобич, Дрогобицький р-н., 82100, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бордун Олег Михайлович
2. Oleh M. Bordun

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6816-7235

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 6603117351;
<https://scholar.google.com/citations?user=1H2P87EAAAAJ>; Web of Science Researcher ID: HGB-8908-2022

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Брезвін Руслан Степанович

2. Ruslan S. Brezvin

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2659-9640

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 6506530136; Web of Science Researcher ID: F-6903-2019;
<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=wV5Q6YoAAAAJ>

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Стадник Василь Йосифович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Стадник Василь Йосифович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Жак Ольга Володимирівна

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна