

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U002430

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 20-06-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ № 1119 від 15.07.2025 р.



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пришко Іван Андрійович

2. Ivan A. Pryshko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0007-6177-747X

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: 26-06-2025

Спеціальність за освітою: Прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, 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 9016

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, 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, буд. 1, 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: 29.19.33, 29.31.27, 29.31.51

Тема дисертації:

1. Термооптичні та зонно-енергетичні параметри кристалів сульфату рубідію в умовах дії зовнішніх чинників.
2. Thermo-optical and band-energy parameters of rubidium sulfate crystals under the influence of external factors.

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена з'ясуванню експериментально та теоретично отриманих термооптичних і електронних параметрів, а також аналізу впливу на них одновісних механічних навантажень у широкому температурному діапазоні, що охоплює фазовий перехід кристалів сульфату рубідію. У роботі синтезовано кристал Rb_2SO_4 , методом дифракції X-променів на порошкових зразках досліджено їхню кристалічну структуру та з'ясовано, що вони мають просторову групу симетрії $Pnma$ з наступними уточненими параметрами ґратки: $a = 7,82079 (10) \text{ \AA}$, $b = 5,97778 (7) \text{ \AA}$, та $c = 10,44040 (13) \text{ \AA}$. Проведено геометричну оптимізацію кристалічної ґратки та показано, що зонно-енергетичну структуру кристала характеризують забороненою зоною прямого типу зі слабкою дисперсією енергетичних рівнів, а розрахункове значення ширини забороненої зони становить $E_g = 4,89 \text{ eV}$. Проведено розрахунок спектрів діелектричної функції і показано, що вони володіють незначною анізотропією в низькоенергетичній ділянці спектра з незначним зростанням у бік більших енергій. Експериментально досліджено спектральні залежності показників

заломлення n_i та двоприменезаломлення Δn_i . Виявлено близькість показників заломлення n_z та n_y у видимій ділянці спектру, а також їх перетин за довжини хвилі $\lambda = 495$ нм та кімнатної температури ($n_z = n_y = 1,51705$), що підтверджує теоретичні розрахунки. У роботі досліджено температурні зміни лінійного розширення кристалів Rb_2SO_4 та встановлено, що з підвищенням температури вони зростають. Проведено диференціальний термічний аналіз, отримано дериватограму та термогравітограму кристалу сульфату рубідію. За температури 923 К виявлено чітку аномалію, що відповідає положенню точки ФП, який має ендотермічний характер. В інтервалі температур 625–738 К виявлено втрату маси зразка, що зумовлено термічним розпадом іонів OH^{3+} , а також емісією молекул H_2 і O_2 . Встановлено, що показники заломлення n_i кристалів Rb_2SO_4 майже лінійно зменшуються з підвищенням температури; отримано температурні залежності спонтанних змін показників заломлення (T), характер поведінки яких є подібними до експериментально отриманої залежності спонтанної деформації (T). На основі експериментально отриманих залежностей $n_i(T)$ оцінено критичний індекс змін (T) ($\alpha = 0,21$), значення якого узгоджується з термодинамічною теорією Ландау для фазових переходів. У роботі виявлено, що зі зниженням температури Δn_i кристалу Rb_2SO_4 в Y -напрямку зменшується так, що за температури $T = 85$ К і довжини світлової хвилі $\lambda = 500$ нм величина $n_{xy} = 0$, що свідчить про існування оптичної ізотропної точки. При тому показники заломлення n_z і n_x є рівними між собою ($n_z = n_x$). Досліджено вплив одновісного стискання уздовж різних кристалофізичних осей на температурні та спектральні залежності $n_{ij}(T, p)$ кристалу Rb_2SO_4 і виявлено їхню значну чутливість. Виявлено, що кристал володіє незначною нормальною дисперсією $d(\Delta n_x)/dp \leq 0$; одновісні стискання p_m не змінюють характер, а лише величину нахилу кривих $\Delta n_i(p)$. Виявлено, що одновісні навантаження зміщують положення оптичної ізотропної точки як в короткохвильову (n_z) так і в довгохвильову ділянки спектру (n_y). На основі залежностей $n_{ij}(T, p, \lambda)$ оцінено зміни комбінованих п'єзооптичних коефіцієнтів кристалів і виявлено, що вони володіють незначною дисперсійною залежністю, при цьому характер дисперсії відповідає дисперсії показників заломлення $dn_i/d\lambda < 0$. Встановлено, що п'єзоефіцієнти i в околі оптичної ізотропної точки за довжини світлової хвилі $\lambda = 495$ нм є рівними між собою, що свідчить про підвищення симетрії тензора п'єзооптичних коефіцієнтів. Виміряно спектри дзеркального відбивання кристала Rb_2SO_4 в інфрачервоній ділянці спектра 20 – 1500 cm^{-1} за кімнатної температури з використанням ІЧ-спектроскопії та синхротронного випромінювання. Отримана комплексна діелектрична функція $\epsilon(\omega)$. Проведено теоретичні розрахунки на основі теорії функціоналу густини кристала Rb_2SO_4 в діапазоні енергій фононних збуджень. Знайдено положення максимумів діелектричної функції $\epsilon(\omega)$, які добре узгоджуються з відповідними експериментальними. У роботі розраховано пружнооптичні коефіцієнти, швидкість поширення поздовжньої акустичної хвилі, і на їх основі оцінено акустооптичну ефективність кристала сульфату рубідію. Виявлено, що коефіцієнт акустооптичної якості за абсолютною величиною є співмірним з відповідними коефіцієнтами для відомих акустооптичних матеріалів. Запропоновано використовувати кристали сульфату рубідію для акустооптичної модуляції світла в ультрафіолетовому спектральному діапазоні.

2. The thesis is devoted to the elucidation of thermo-optical and electronic parameters obtained experimentally and theoretically, as well as to the analysis of the effect of uniaxial mechanical loads on them in a wide temperature range covering the phase transition of rubidium sulfate crystals. In this work, Rb_2SO_4 crystal was synthesized, their crystal structure was investigated by X-ray diffraction on powder samples, and it was found that they are characterized by the $Pnma$ symmetry group with the following refined lattice parameters: $a = 7.82079$ (10) Å, $b = 5.97778$ (7) Å, and $c = 10.44040$ (13) Å. The geometric optimization of the lattice was performed, and it was shown that the band-energy structure of the crystal is characterized by a direct-type band gap with a weak dispersion of energy levels, and the calculated value of the band gap width is $E_g = 4.89$ eV. The spectra of the dielectric function were calculated and shown to have a slight anisotropy in the low-energy region of the spectrum with a slight increase towards higher energies. The spectral dependences of the refractive indices n_i and birefringence Δn_i have been experimentally investigated. The proximity of the refractive indices n_z and n_y in the visible region of the spectrum and their intersection at a wavelength of $\lambda = 495$ nm and room temperature ($n_z = n_y = 1,51705$), which confirms theoretical calculations, was found. The thesis investigates the temperature

changes in the linear expansion of Rb₂SO₄ crystals and establishes that they increase with increasing temperature. A differential thermal analysis was performed, and a derivatogram and thermogravigram of a rubidium sulfate crystal were obtained. At a temperature of 923 K, a clear anomaly corresponding to the position of the PT point, which is endothermic in nature, was found. In the temperature range of 625–738 °K, a mass loss of the sample was detected, which is due to the thermal decomposition of OH³⁺ ions, as well as the emission of H₂ and O₂ molecules. It has been found that the refractive indices n_i of Rb₂SO₄ crystals decrease almost linearly with increasing temperature; the temperature dependences of spontaneous changes in the refractive indices (T) have been obtained, the behavior of which is similar to the experimentally obtained dependence of the spontaneous strain (T). Based on the experimentally obtained dependences $n_i(T)$, the critical change index (T) ($\alpha = 0.21$) was estimated, the value of which is consistent with the Landau thermodynamic theory for phase transitions. It was found that with a decrease in temperature, Δn_i of the Rb₂SO₄ crystal in the Y-direction decreases so that at a temperature of $T = 85$ K and a light wavelength of $\lambda = 500$ nm, the value $\Delta n_y = 0$, indicating the existence of an optical isotropic point. In this case, the refractive indices n_z and n_x are equal to each other ($n_z = n_x$). The effect of uniaxial compression along different crystallographic axes on the temperature and spectral dependences $\Delta n_y(T, \lambda)$ of the Rb₂SO₄ crystal has been studied, and their significant sensitivity has been revealed. It was found that the crystal has an insignificant normal dispersion $d(\Delta n_x)/d\lambda \leq 0$; uniaxial compressions $\Delta \mu$ do not change the character, but only the slope of the curves $\Delta n_i(\lambda)$. Uniaxial loads were found to shift the position of the optical isotropic point in both the short-wave (Δz) and the long-wave regions of the spectrum (Δy). Based on the dependences $\Delta n_y(T, \lambda, \Delta \mu)$, the changes in the combined piezooptic coefficients of crystals are estimated and found to have a slight dispersion dependence, with the nature of the dispersion corresponding to the dispersion of refractive indices $dn_i/d\lambda < 0$. It is found that the piezooptic coefficients and in the vicinity of the optical isotropic point at the light wavelength of $\lambda = 495$ nm are equal to each other, which indicates an increase in the symmetry of the piezooptic coefficient tensor. The specular reflection spectra of the Rb₂SO₄ crystal in the infrared region of the spectrum 20 – 1500 cm⁻¹ at room temperature have been measured using infrared spectroscopy and synchrotron radiation. The complex dielectric function $\epsilon(\omega-1)$ is obtained. Theoretical calculations of the Rb₂SO₄ crystal in the range of phonon excitation energies have been performed based on the density functional theory. The positions of the maxima of the dielectric function $\epsilon(\omega-1)$ are found to be in good agreement with the corresponding experimental ones. In this work, the elastic-optical coefficients and the propagation velocity of a longitudinal acoustic wave were calculated, and the acousto-optical efficiency of a rubidium sulfate crystal was evaluated on their basis. It was found that the acousto-optical quality coefficient in absolute value is comparable to that of known acousto-optical materials. It is proposed to use rubidium sulfate crystals for acousto-optical light modulation in the ultraviolet spectral range.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Нові речовини і матеріали

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. Rudysh M., Pryshko I., Shchepanskyi P., Stadnyk V., Brezvin R., Kogut Z. Optical and electronic parameters of Rb₂SO₄ crystals // Optik. 2022. Vol. 269, 169875.
- 2. Pryshko I., Stadnyk V., Salapak V. On the low-temperature isotropic point in Rb₂SO₄ crystals // Low temperature Physics. 2023. Vol. 49, No. 10. P. 1279–1285.
- 3. Щепанський П., Стадник В., Пришко І., Брезвін Р., Онуфрив О., Когут З. Зміни термічних і рефрактивних параметрів кристалів групи сульфатів у ділянці фазового переходу // Журнал фізичних досліджень. 2024. Т. 28, №1. 1701; Shchepanskyi P., Stadnyk V., Pryshko I., Brezvin R., Onufriiv O., Kohut Z. Changes in thermal and refractive parameters of the sulfate group crystals in the region of the phase transition //

Journal of Physical Studies. 2024. Vol. 28, No. 1. 1701.

- 4. Пришко І., Стадник В., Щепанський П., Карплюк Л., Фтомин Н. Ізотропність у кристалах сульфату рубідію // Вісник Львівського університету. Серія фізична. 2023. Т. 60. С. 78-89; Pryshko I., Stadnyk V., Shchepanskyi P., Karpliuk L., Ftomyn N. Isotropy in rubidium sulphate crystals // Visnyk of the Lviv University. Series Physics. 2023. Vol. 60. P. 78-89.
- 5. Stadnyk V., Andriyevsky B., Pryshko I., Bychto L., Kohut Z., Schade Ul., Veber A., Puskar L., Brezvin R. Piezo-optical properties and infrared spectra of Rb₂SO₄ crystals // Optical Materials. 2024, Vol. 157. 116320.
- 6. Pryshko I., Novosad I., Kohut Z., Salapak V., Horina O. Dilatometric and refractive parameters of rubidium sulfate crystals at low temperatures // Low temperature Physics. 2024. Vol. 50, No. 7. P. 584-588.
- 7. Пришко І., Рудиш М., Брезвін Р., Стадник В., Щепанський П. Кристалооптика сполуки Rb₂SO₄ // Міжнародна конференція студентів і молодих науковців «Еврика-2022», Львів, 18-20 жовтня 2022 р.: Тези доповідей. В8.
- 8. Пришко І., Рудиш М., Стадник В., Щепанський П. Зміни показників заломлення кристалів Rb₂SO₄ // VII Всеукраїнська науковопрактична конференція здобувачів вищої освіти та молодих вчених «Фізика і хімія твердого тіла. Стан досягнення і перспективи», Луцьк, 21-22 жовтня 2022 р.: Тези доповідей. С. 40-41.
- 9. Pryshko I., Rudysh M., Stadnyk V., Brezvin R., Shchepanskyi P. Optical-electronic parameters of Rb₂SO₄ crystals // XI International conference «Relaxed, nonlinear and acoustic optical processes and materials. RNAOPM-2022», Lutsk, June 01-05, 2022, P. 63-64.
- 10. Pryshko I., Shchepanskyi P., Stadnyk V., Brezvin R. Optical isotropy in Rb₂SO₄ crystals // XII International seminar «Properties of ferroelectric and superionic systems», Uzhhorod, April 20, 2023, Book of Abstracts. P. 60-61.
- 11. Пришко І., Стадник В., Фтомин Н. Про ізотропні точки у кристалах Rb₂SO₄ // Міжнародна конференція студентів і молодих науковців «Еврика-2023», Львів, 16-18 травня 2023 р.: Тези доповідей. В5.
- 12. Pryshko I., Stadnyk V., Shtuka O., Novosad I. Dilatometric properties of Rb₂SO₄ crystals in the region of low temperatures // IV International Conference «Condensed matter and low-temperature physics», Kharkiv, June 3-7, 2024, Book of Abstracts. P. 205.
- 13. Pryshko I., Stadnyk V., Shtuka O., Novosad I. Refractive parameters of rubidium sulfate crystals at low temperatures // XI-th International Conference «Topical Problems of Semiconductor Physics», Drohobych, May 27-31, 2024, P. 68.
- 14. Пришко І., Штука О., Стадник В., Брезвін Р. Вплив одновісного навантаження на двоприменезаломлення кристалів сульфату рубідію // Міжнародна конференція студентів і молодих науковців «Еврика-2024», Львів, 14-16 травня 2024 р.: Тези доповідей. В11.
- 15. Пришко І., Фтомин Н., Стадник В., Шопя Я. Високоточна поляриметрія кристалів Rb₂SO₄ // «Різдвяні дискусії 2023» присвячені 70- річчю фізичного факультету, Львів, 27-29 грудня, 2023, С. 1998-8.

Наукова (науково-технічна) продукція: матеріали

Соціально-економічна спрямованість: економія матеріалів

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: № 0120U102320, № 0124U001228

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Стадник Василь Йосифович

2. Vasyl Y. Stadnyk

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7820-7886

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 35615288600; Web of Science Researcher ID: E-4578-2019;
<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=82Ak5jsAAAAJ>

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, 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, буд. 50, Львів, 79010, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Настішин Юрій Адамович

2. Yuriy A. Nastishin

Кваліфікація: д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7521-3906

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 6701775232; Web of Science Researcher ID: C-6631-2019;
https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=_ys9ajUAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

Код за ЄДРПОУ: 08410370

Місцезнаходження: вул. Героїв Майдану, буд. 32, Львів, 79012, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство оборони 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; Web of Science Researcher ID: HGB-8908-2022;
<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=1H2P87EAAAAJ>

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Катеринчук Іван Миколайович
2. Ivan M. Katerynychuk

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8877-8324

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 6504291150; Web of Science Researcher ID: G-5377-2019

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, 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**

Демків Тарас Михайлович

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

Демків Тарас Михайлович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Жак Ольга Володимирівна

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна