Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U003292

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 30-10-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Овчаренко Артур Юрійович
2. Artur Ovcharenko

Кваліфікація: 104

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 56300 Фізика (104 Фізика та астрономія)

Дата захисту: 12-12-2024

Спеціальність за освітою: 014 Середня освіта (Фізика)

Місце роботи здобувача: Інститут прикладної фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05399225

Місцезнаходження: вул. Петропавлівська, буд. 58, Суми, Сумський р-н., 40000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 7099

Повне найменування юридичної особи: Інститут прикладної фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05399225

Місцезнаходження: вул. Петропавлівська, буд. 58, Суми, Сумський р-н., 40000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

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

Повне найменування юридичної особи: Інститут прикладної фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05399225

Місцезнаходження: вул. Петропавлівська, буд. 58, Суми, Сумський р-н., 40000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.17.15, 29.31.49

Тема дисертації:

1. Виявлення змін оптичних властивостей та структурних неоднорідностей матеріалів методами рентгенівського фазового контрасту.

2. Detection of changes in optical properties and structural inhomogeneities of materials by X-ray phase contrast methods.

Реферат:

1. У дисертаційній роботі розглядається виявлення структурних змін та візуалізація внутрішньої будови об’єктів різної природи методами рентгенівського фазового контрасту, а також досліджуються зміни оптичних властивостей матеріалів у рентгенівському діапазоні в умовах деформації, теплового розширення, фазових переходів, варіацій елементного складу. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел та одного додатка. Обсяг дисертації 158 сторінок машинописного тексту, основна частина становить 124 сторінки та містить 42 рисунки. Список використаних джерел включає 151 найменування. Результати дисертації роботи опубліковані у 4 наукових працях, що індексуються наукометричними базами Scopus та/або Web of Science. Об’єктом дослідження є тривимірні

структурні неоднорідності довільної геометричної форми від мікро- до мікроскопічного розміру у зразках живої та неживої природи. Метою даної роботи є дослідження внутрішньої будови складних тривимірних об’єктів із різними значеннями декрементів заломлення та коефіцієнтів поглинання методами рентгенівського фазового контрасту. У роботі розроблено новий підхід моделювання фазоконтрастного рентгенівського зображення методом вільного поширення на основі теорії Френеля-Кірхгофа, створено генератор тривимірних комп’ютерних моделей оптично однорідних та неоднорідних, одношарових та багатошарових, однокомпонентних та багатокомпонентних зразків довільної геометричної форми, реалізовано на практиці власний алгоритм розрахунку товщин та зсувів фаз рентгенівського випромінювання (РВ) при проходженні через досліджувані об’єкти. Запропоновано методику обчислення декрементів заломлення та коефіцієнтів поглинання металів та їх сплавів на основі відомих теоретичних співвідношень та результатів молекулярно-динамічного моделювання. Проведено моделювання дифракції РВ у схемі вільного поширення на зразках з лінійними розмірами порядку 0.1 мм і характерними для біологічних тканин оптичними декрементами заломлення 10^-6. У результаті дослідження розраховано розподіли інтенсивностей та змін фаз РВ на екрані (детекторі), що показало можливість одержання чітких зображень об'єктів з малими значеннями декрементів заломлення. Реалізовано на практиці методику відновлення форми та розмірів тривимірного об’єкта за допомогою програмного аналізу результатів дифракції, отриманих під різними кутами. На основі створеного алгоритму генерування комп’ютерних моделей багатошарових тривимірних об'єктів неправильної геометричної форми з різними декрементами заломлення для кожного шару проведено дослідження внутрішньої багатошарової структури оптично неоднорідних об'єктів за допомогою рентгенівської фазоконтрастної візуалізації. Вивчено вплив розмірних ефектів на взаємодію матеріалів з рентгенівським випромінюванням. Показано, що якість зображення на екрані залежить від кількості зон Френеля, які потрапляють в область геометричної тіні досліджуваного зразка при поширенні хвильового фронту. Вивчено чутливість методу рентгенівського фазового контрасту по відношенню до механічних деформацій стиснення-розтягу для металевих зразків на основі сплаву Fe-1.3%Cu-1%Ni. Виконано ідентифікацію фазових переходів у кристалах чистого Zr методом рентгенівської дифракції. Обчислено глибину проникнення РВ у металеві сплави Fe-13%Cr-(2,4,8)%Al при різних температурах. Показано високу чутливість методу рентгенівського фазового контрасту до процесів, пов’язаних зі зміною електронної густини. Досліджено особливості формування дифракційних картин об'єктів при використанні протяжних джерел рентгенівського випромінювання з урахуванням ступеню їх просторової когерентності. Використовуючи теоретичні положення теореми Ван Циттерта Церніке, було проведено розрахунки розмірів області когерентності для квазімонохроматичного джерела. При цьому враховувались такі важливі параметри як: фізичні розміри джерела, характер розподілу інтенсивності випромінювання та його довжина хвилі. На основі отриманих даних було визначено оптимальні відстані між джерелом випромінювання та досліджуваним об'єктом, що забезпечують максимальну чіткість та якість зображення зразка при заданих експериментальних умовах. Результати даного дисертаційного дослідження можуть бути корисні спеціалістам у галузі матеріалознавства, біології та медицини, допоможуть оптимізувати процеси діагностики матеріалів, виявляти дефекти та досліджувати структурні характеристики об’єктів різної природи з метою підвищення безпеки та якості продукції, вирішення основних проблем медичної діагностики: зменшення дози опромінення, підвищення роздільної здатності та контрастності для візуалізації м’яких тканин.

2. The thesis examines the detection of structural changes and visualization of the internal structure of objects of various nature using X-ray phase contrast methods. Changes in the optical properties of materials in the X-ray range under conditions of deformation, thermal expansion, phase transitions, variations in elemental composition are also investigated. The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of used sources and one appendix. The volume of the thesis is 158 pages of typewritten text, the main part is 124 pages and contains 42 drawings. The list of used sources includes 151 names. The results of the thesis work are published in 4 scientific works indexed by the Scopus and/or Web of Science databases. The object of the research is three-dimensional structural inhomogeneities of arbitrary geometric shape from micro to microscopic size in samples of living and

non-living nature. The purpose of this work is to study the internal structure of complex three-dimensional objects with different values of refraction decrements and absorption coefficients using X-ray phase contrast methods. In this paper, a new approach to modeling phase-contrast X-ray images using the free propagation method based on the Fresnel-Kirchhoff theory was developed, a generator of three-dimensional computer models of optically homogeneous and heterogeneous, single-layer and multilayer, single-component and multi-component samples of arbitrary geometric shape was created, an own algorithm for calculating thicknesses was implemented in practice and phase shifts of X-ray radiation when passing through the studied objects. A method of calculating the refraction decrements and absorption coefficients of metals and their alloys based on known theoretical ratios and the results of molecular dynamic modeling is proposed. Simulation of X-ray diffraction in the free propagation scheme was carried out on samples with linear dimensions of the order of 0.1 mm and optical decrements of refraction of 10^-6 characteristic of biological tissues. As a result of the study, distributions of intensities and phase changes of X-rays on the screen (detector) were calculated, which showed the possibility of obtaining clear images of objects with small values of refraction decrements. The technique of restoring the shape and dimensions of a three-dimensional object using software analysis of diffraction results obtained at different angles has been implemented in practice. On the basis of the created algorithm for generating computer models of multilayer three-dimensional objects of irregular geometric shape with different refraction decrements for each layer, a study of the internal multilayer structure of optically heterogeneous objects was carried out using X-ray phase contrast imaging. The influence of dimensional effects on the interaction of materials with X-ray radiation has been studied. It is shown that the quality of the image on the screen depends on the number of Fresnel zones that fall into the region of the geometric shadow of the studied sample during the propagation of the wave front. The sensitivity of the X-ray phase contrast method in relation to compression-tension mechanical deformations for metal samples based on Fe-1.3%Cu-1%Ni alloy was studied. Phase transitions in pure Zr crystals were identified by X-ray diffraction. The depth of X-ray penetration into Fe-13%Cr-(2,4,8)%Al metal alloys at different temperatures was calculated. The high sensitivity of the X-ray phase contrast method to the processes associated with changes in electron density is shown. The peculiarities of the formation of diffraction patterns of objects when using long-range sources of X-ray radiation are studied, taking into account the degree of their spatial coherence. Using the theoretical provisions of the Van Zittert Zernike theorem, the dimensions of the coherence region for a quasi-monochromatic source were calculated. At the same time, such important parameters as: the physical dimensions of the source, the nature of the radiation intensity distribution and its wavelength were taken into account. On the basis of the obtained data, the optimal distances between the radiation source and the object under study were determined, which ensure the maximum clarity and image quality of the sample under the given experimental conditions. The results of this thesis research can be useful to specialists in the field of materials science, biology and medicine, will help to optimize the processes of materials diagnosis, detect defects and study the structural characteristics of objects of various nature with the aim of increasing the safety and quality of products, solving the main problems of medical diagnostics: reducing the radiation dose, increasing resolution and contrast for imaging soft tissues.

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: Впровадження нових технологій та обладнання для якісного медичного обслуговування, лікування, фармацевтики

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- A.Yu. Ovcharenko and O.A. Lebed. Modeling of X-ray phase contrast imaging of optically heterogeneous objects, J. Nano- Electron. Phys. 16, No. 2, 02021 (2024). (Q3, DOI: https://doi.org/10.21272/jnep.16(2).02021)
- Овчаренко А.Ю., Лебедь О.А. Виявлення структурних особливостей об'єктів методом рентґенівського фазового контрасту. Укр. фіз. журн. 69, No. 5, 293 (2024), (Q3, DOI: https://doi.org/10.15407/ujpe69.5.29
- A.Yu. Ovcharenko and O.A. Lebed. Study of optical properties and structural features of object using the X-ray phase contrast method. J. Nano- Electron. Phys. 16, No. 3, 03028 (2024), (Q3, DOI: https://doi.org/10.21272/jnep.16(3).03028).
- Овчаренко А.Ю., Лебедь О.А. Застосування рентґенівської дифракції для аналізу тривимірних об'єктів. Журн. фіз. досл. 28, No. 3, 3404 (2024), (Q4, DOI: https://doi.org/10.30970/jps.28.3404).
- Лебедь О.А., Овчаренко А.Ю., Стародуб С.С просторова когерентність компактних джерел рентгенівського випромінювання // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізикита методики навчання фізики: матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Суми, 15-17 квітня 2024 року / за ред. С.О. Лебединського – Суми: ІПФ НАН України, 2024. – 95 с.- с.58-59.
- Овчаренко А.Ю.,Лебедь О.А. застосування рентгенівської дифракції для ана- лізу тривимірних об'єктів // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Суми, 15-17 квітня 2024року / за ред. С.О. Лебединського – Суми: ІПФ НАН України, 2024. – 95 с.- с.74-76.
- Овчаренко А.Ю., Лебедь О.А. формування рентгенівських зображень методами фазового контрасту для застосувань в медицині // XXI конференція з фізики високих енергій та ядерної фізики (Харків, 21 - 24 березня 2023 року) , с.130.
- Лебедь О.А., Овчаренко А.Ю., Стародуб С.С., Крамченков А.Б. Актуальні пи- тання реалізації фазового контрасту на компактних джерелах рентгенівського випромінювання // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Суми, 10-12 квітня 2023 року – с. 55-56.
- Овчаренко А.Ю., Лебедь О.А., Крамченков А.Б. Особливості перерозподілу інтенсивності на границі поділу середовищ в методі лінійного фазового контра- сту // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Суми, 10-12 квітня 2023 року – с. 64-66.
- Овчаренко А.Ю., Лебедь О.А. Формування фазоконтрасного зображення багатокомпонентних тестових об'єктів // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Суми, 24-26 жовтня 2022 р. – Суми: ІПФ НАН України, 2022. – с. 55-57.
- Овчаренко А. Ю., Лебедь О. А. Аналітичний опис формування рентгенівського фазоконтрасного зображення // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, молодих учених, науково-педагогічних працівників та фахівців з міжнародною участю, присвяченої 30-річчю незалежності України. м. Суми, 12-14 квітня 2021 р. – Суми: СумДПУ, 2021. – с. 59-61.
- Artur Ovcharenko, Oleksandr Lebed Calculation model of X-ray phase contrast image of tested structure // XII Conference of Young Scientists "Problems of Theoretical Physics", December 21 –22, 2021, Bogolyubov Institute for Theoretical Physics Kyiv, Ukraine, p. 11.
- Овчаренко А.Ю. Параметри джерела випромінювання для спостереження фа- зоконтрастних зображень // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали VI Всеукраїнської науково- практичної конференції студентів, молодих учених, науково-педагогічних пра- цівників та фахівців, м. Суми, 13-15 квітня 2020 р. – Суми: СумДПУ, 2020. – с. 36-38.
- Artur Ovcharenko, Oleksandr Lebed Spatial coherence of compact sources with respect to X-ray phase contrast imaging formation // XIV Conference of Young Scientists "Problems of Theoretical Physics", December 16 – 17, 2024, Bogolyubov Institute for Theoretical Physics Kyiv, Ukraine, p. 13.

- A. Ovcharenko, S. Lebedynskyi, and O. Lebed, Modelling of X-ray diffractionon multilayerobjects, in 2024 37th international vacuum nanoelectronics conference(IVNC), Brno, Czech Republic, 15–19 July 2024 (IEEE, 2024), p. 1. https://doi.org/10.1109/ivnc63480.2024.10652335

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: поліпшення якості життя та здоров'я населення, ефективності діагностики та лікування хворих

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами:
0119U100151,0121U110846,0122U000417,0124U002466,0120U103425,0121U111573

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лебедь Олександр Анатолійович
2. Oleksandr Lebed

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.д., 01.04.02, 104

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3680-9202

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут прикладної фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05399225

Місцезнаходження: вул. Петропавлівська, буд. 58, Суми, Сумський р-н., 40000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лізунов Вячеслав Вячеславович
2. Viacheslav V. Lizunov

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3264-0219

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417331

Місцезнаходження: бульвар Академіка Вернадського, буд. 36, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Однодворець Лариса Валентинівна
2. Larysa Odnodvorets

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8112-1933

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Харківська, буд. 116, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Харченко Дмитро Олегович
2. Dmytro O. Kharchenko

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3855-313X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут прикладної фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05399225

Місцезнаходження: вул. Петропавлівська, буд. 58, Суми, Сумський р-н., 40000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Калінкевич Олексій Миколайович

2. Oleksii Kalinkevych

Кваліфікація: к. ф.-м. н., с.д., 03.00.02, 104

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4793-7568

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут прикладної фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05399225

Місцезнаходження: вул. Петропавлівська, буд. 58, Суми, Сумський р-н., 40000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Пономарьов Олександр Георгійович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Пономарьов Олександр Георгійович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Ворошило Олексій Іванович
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна