

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U001203

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 14-03-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Стриженко Сергій Сергійович

2. Sergiy Stryzhenko

Кваліфікація: 104

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4310-5588

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: Фізика конденсованого стану, оптика і лазерна фізика, нано- та біофізика

Дата захисту: 29-02-2024

Спеціальність за освітою: Прикладна математика і фізика

Місце роботи здобувача: Інститут фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417302

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 46, Київ, 03680, 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): ДФ 26.104.004

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417302

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 46, Київ, 03680, 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 фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417302

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 46, Київ, 03680, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.31.17, 29.31.27, 29.31.51

Тема дисертації:

1. Дослідження та чисельне моделювання джерел світла з квантовими властивостями на основі багаторівневих атомів
2. Researching and numerical modelling sources of light with quantum properties based on multi-level atoms

Реферат:

1. У дисертаційній роботі представлені результати досліджень кількох джерел квантового світла на основі багаторівневих атомів. По-перше, експериментально реалізовано та чисельно змодельовано джерело біфотонів на основі резонансної чотирихвильової взаємодії з використанням чотирьох рівнів рубідію-87 — двох надтонких рівнів основного стану та двох збуджених рівнів тонкої структури. Чисельне моделювання ґрунтується на описі взаємодії лазерного світла з речовиною в одновимірному оптично товстому середовищі з подвійним заломленням, що використовує формалізм матриці густини та наближення rotating wave approximation та Weiskopf-Wigner approximation. Такий підхід дозволив відтворити взаємодію багаторівневих атомів із урахуванням магнітних підрівнів кожного рівня зі світлом будь-якої поляризації та визначити просторовий розподіл і часову еволюцію як квантового стану атомів, так і комплексних амплітуд полів. Для забезпечення можливості проведення чисельного моделювання протягом реалістичного часу за використанням звичайних персональних комп'ютерів програму було оптимізовано методом

напіввекторизації. Незважаючи на те, що при чисельному моделюванні використано напівкласичне наближення, за його допомогою визначено поляризаційні характеристики однофотонних полів у джерелі біфотонів на основі чотирихвильової взаємодії. По-друге, розроблену методику використано для чисельного моделювання квантового за природою явища раманівської суперфлуоресценції в трирівневій схемі в просторово неоднорідному середовищі. Її результати було використано для розробки експериментальної схеми спостереження явища раманівської суперфлуоресценції в порожнистих світловодах, що заповнені холодними атомами рубідію-87. Результати експериментальних досліджень кількісно і якісно описуються чисельним експериментом. Запропоновано просту модель явища суперфлуоресценції в неоднорідних середовищах, яка ґрунтується на концепції ефективного числа атомів, задіяних у колективному випромінюванні і пояснює всі особливості цього явища. По-третє, теоретично досліджено джерело одиночних фотонів на основі нерезонансної схеми з трирівневим атомом у одномодовому резонаторі, що складається з одного ідеального дзеркала та одного напівпрозорого. Розвинуто теорію взаємодії такого резонатора з напівнескінченим одновимірним середовищем, і на її основі показано, що така схема дозволяє простим способом створювати фотон бажаної хвильової форми за вимогою. Це досягається в певному режимі взаємодії, який забезпечує створення фотона без заселення квантового стану резонатора.

2. The thesis presents results of experimental, theoretical, and numerical research of several quantum light sources based on multi-level atoms. Firstly, we experimentally implemented and numerically simulated a source of biphotons based on resonant four-wave mixing. The source utilizes four levels of rubidium-87, including two hyperfine levels of the ground state and two excited levels of the fine structure. The numerical simulation, based on the equations describing the interaction between laser light and matter in a one-dimensional medium of high optical depth and high birefringence, employs the density matrix formalism and rotating wave and Weiskopf-Wigner approximations. This approach accurately reproduces interaction between multi-level atoms and light, considering degeneracy by the magnetic quantum number. To enable realistic time simulations on conventional personal computers, the simulation was optimized using the half-vectorization method. Despite utilizing semiclassical approximation, the simulation allowed to determine polarization of the one-photon field generated by the source of biphotons. Secondly, the proposed simulation was also used to numerically model Raman superfluorescence in a three-level scheme within a spatially inhomogeneous medium. The simulation results were utilized to design an experimental setup for researching Raman superfluorescence in hollow waveguides filled with laser-cooled atoms of rubidium-87. The obtained results aligned both qualitatively and quantitatively with experimental data. Following the experiments and numerical simulations, a simple theoretical model of superfluorescence in inhomogeneous media was proposed. This model relies on the concept of maximal number of atoms collectively participating in the initial superfluorescent burst, providing an explanation for all observed properties of the phenomenon. Finally, the thesis delves into the theoretical exploration of a single-photon source consisting of a single three-level atom coupled to a single-mode cavity, where one mirror is semi-transparent. A theory describing the interaction between this source and a semi-infinite one-dimensional bath was developed. This theory demonstrated that, under specific regime of interaction where quantum state of the cavity is unpopulated, the source can produce a photon of desired shape on demand.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- A. Bruns, C.-Y. Hsu, S. Stryzhenko, E. Giese, L. P. Yatsenko, I. A. Yu, T. Halfmann, and T. Peters, "Ultrabright and narrowband intra-fiber biphoton source at ultralow pump power", Quantum Science and Technology 8,

015002 (2022), 10.1088/2058-9565/ac985c

- A. Saharyan, B. Rousseaux, Z. Kis, S. Stryzhenko, and S. Guérin, "Propagating single photons from an open cavity: description from universal quantization", Phys. Rev. Res. 5, 033056 (2023), 10.1103/PhysRevResearch.5.033056
- S. Stryzhenko, A. Bruns, T. Peters, "N scaling of large-sample collective decay in inhomogeneous ensembles", Phys. Rev. Res. 6, 013091 (2024), 10.1103/PhysRevResearch.6.013091

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

Соціально-економічна спрямованість: забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: 0117U002611, 0117U002612

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Яценко Леонід Петрович

2. Leonid P. Yatsenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., академік НАН України, 01.04.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2896-021X

Додаткова інформація: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/B-6326-2019>;

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006845621>;

<https://scholar.google.com/citations?user=xNM5ru8AAAAJ&hl=en&oi=ao>

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417302

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 46, Київ, 03680, 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. Семенов Андрій Олександрович

2. Andrii A. Semenov

Кваліфікація: д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 104

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5104-6445

Додаткова інформація: https://scholar.google.com.ua/citations?user=aUco_KwAAAAJ&hl=ru

Повне найменування юридичної особи: Інститут теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова
Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417124

Місцезнаходження: вул. Метрологічна, буд. 14-б, Київ, 03143, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Доценко Ігор Васильович
2. Igor Dotsenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 104

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5074-6447

Додаткова інформація:

[http://www.scopus.com/inward/authorDetails.url?authorID=7004304559&partnerID=MN8TOARS;](http://www.scopus.com/inward/authorDetails.url?authorID=7004304559&partnerID=MN8TOARS)
<https://scholar.google.com/citations?user=gM5rt5gAAAAJ&hl=en&oi=ao>

Повне найменування юридичної особи: Університет Тулузи 3 ім. Поля Сабатьє

Код за ЄДРПОУ: 0000000000

Місцезнаходження: 118 Route de Narbonne, Toulouse, F-31062, Франція

Форма власності: Державна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Васнецов Михайло Вікторович
2. Mikhail V. Vasnetsov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8634-4896

Додаткова інформація: [https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=04q6QHIAAAAJ;](https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=04q6QHIAAAAJ)
[http://www.researcherid.com/rid/W-2569-2018;](http://www.researcherid.com/rid/W-2569-2018)
<http://www.scopus.com/inward/authorDetails.url?authorID=7003500254&partnerID=MN8TOARS>

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417302

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 46, Київ, 03680, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дмитрук Андрій Миколайович

2. Andriy M. Dmytruk

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=8a8ir2cAAAAJ>

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417302

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 46, Київ, 03680, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

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

Негрійко Анатолій Михайлович

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

Негрійко Анатолій Михайлович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Стриженко Сергій Сергійович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна