

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0224U001134

Державний реєстраційний номер: 0120U104878

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 17-01-2024

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 4

Назва етапу: Недосконала часова когерентність у протоколах квантового розповсюдження криптографічного ключа; гаусівська бозонна вибірка з нанодротовими детекторами; статистика фотовіддіків для джозефсонівських фотопомножувачів.

Початок етапу: 05.2023

Закінчення етапу: 11.2023

Вид звітного документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Інститут теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417124

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380445265998, 380445265362

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Інститут фізики
Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417302

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380445251220, 380445251589

Внесок співвиконавця у звітний етап:

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Національний фонд
досліджень України

Код за ЄДРПОУ: 42734019

Місцезнаходження: вул. Бориса Грінченка, 1, м. Київ, 01001, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Кабінет Міністрів України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380442981622, 380442981622

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

Підстава для проведення ДіР: 34 – договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади,
академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

Напрямок фінансування: 2.1 – фундаментальні дослідження

Джерела фінансування

7713 – кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201300

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 2205.332

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Некласичні та гібридні кореляції квантових систем за реалістичних умов

Назва роботи англійською:

Nonclassical and hybrid correlations of quantum systems under realistic conditions

Реферат українською:

Об'єкт дослідження: квантове світло, канали квантової комунікації у вільному просторі, надпровідникові нанодротові однофотонні детектори, джозефсонівські фотопомножувачі. Мета роботи: теоретичний опис некласичних властивостей електромагнітного випромінювання, яке розповсюджується крізь атмосферу, або локально обробляється та детектується реалістичними фотолічильниками. Методи дослідження: квантовий фазовий простір, теорія квантових вимірювань, диференціальна геометрія, опукла геометрія, метод фазових екранів. Результати: Побудовано теорію для двох типів фотодетектування, що враховує реалістичну здатність детекторів розрізняти між числами фотонів. Перший тип стосується надпровідних нанодротових однофотонних детекторів, на які впливають мертвий та релаксаційні часи, а також ефекти пам'яті від попередніх часових вікон вимірювання. Другий тип стосується джозефсонівських фотопомножувачів, які послідовно рахують число мікрохвильових фотонів в резонаторі. Для атмосферних квантових каналів проведено чисельне моделювання, в т.ч. з врахуванням часових кореляцій ефективностей проходження. Запропоновано емпіричну модель бета розподілу для імовірностей ефективності проходження атмосферних каналів. Продемонстровано здатність атмосферних каналів зберігати квантову запутаність між послідовними імпульсами світла до часів порядку мілісекунд. Також показано, що преселекція по ефективності проходження є потужним ресурсом для зберігання некласичних властивостей світла, що розповсюджується такими каналами. Виведено щільні нерівності, що дозволяють виявляти оптичну некласичність та некласичні кореляції, які є більш слабкими за нелокальність Белла. Розвинено методи валідації для схеми Гаусівської Бозонної Вибірки, що враховують реалістичну роздільну здатність детекторів за числом фотонів.

Реферат англійською:

Object of research: quantum light, free-space quantum channels, superconducting nanowire single-photon detectors, Josephson photomultipliers. Objectives: a theoretical description for nonclassical properties of electromagnetic radiation propagating through the atmosphere or locally processed and detected by realistic photocounters. Methods: quantum phase space, theory of quantum measurements, differential geometry, convex geometry, phase screen method. Results: A theory for two types of photodetection techniques is developed accounting for the realistic ability to discriminate between numbers of photons. The first type relates to superconducting nanowire single-photon detectors, which are affected by dead and relaxation times, as well as by memory effects from previous measurement time windows. The second type refers to Josephson photomultipliers, which sequentially count the number of microwave photons in a resonator. For atmospheric quantum channels, numerical modeling is performed, including consideration of time correlations of transmittance efficiencies. An empirical model of the Beta distribution for the probabilities of transmittance in atmospheric channels is proposed. The ability of atmospheric channels to preserve quantum entanglement between successive light pulses up to times of the order of milliseconds is demonstrated. It is also shown that preselection by transmittance is a powerful resource for preserving nonclassical properties of light propagated through such channels. Tight inequalities that enable to identify optical nonclassicality and nonclassical correlations that are weaker than Bell nonlocality are derived. Validation methods for Gaussian Boson Sampling schemes with realistic photon-number resolution are developed.

Індекс УДК: 621.373.8; 621.375.8, 517.958:530.145 , 535.14:311 , 535.2:621.373.826

Коди тематичних рубрик:47.35.37, 27.35.57, 29.33.18, 29.33.43

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Семенов Андрій Олександрович

Науковий ступінь: д. ф.-м. н.

Вчене звання: с.н.с.

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

Назва НТП українською: Чисельна модель для квантових каналів в турбулентній атмосфері.

Назва НТП англійською: Numerical model for quantum channels in the turbulent atmosphere.

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Методи, теорії

Галузь застосування: 73.10.1 Дослідження і розробки в галузі природничих наук

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: На основі методу фазових екранів, який активно використовується в класичній оптиці турбулентної атмосфери, розроблено програмне забезпечення для чисельного моделювання розподілу імовірностей проходження атмосферних квантових каналів. Результати моделювання було порівняно з наявними аналітичними моделями. Показано, що область застосування аналітичних моделей в більшій степені залежить від розміру апертури приймача, ніж від величини сцинтиляцій в каналі. Також розглянуто кореляції між ефективностями проходження в різні моменти часу і знайдено відповідні довжини кореляційні радіуси.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу: 05.2023

Закінчення етапу: 11.2023

Споживачі продукції:

Перспективні ринки:

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

Назва НТП українською: Теорія фотодетектування для джозефсонівських фотопомножувачів.

Назва НТП англійською: Photodetection theory for Josephson photomultipliers.

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Методи, теорії

Галузь застосування: 73.10.1. Дослідження і розробки в галузі природничих наук

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Побудовано теорію фотодетектування для джозефсонівського фотопомножувача, що працює як однофотонний детектор. Визначено оптимальні режими роботи такого пристрою, які максимізують роздільну здатність за кількістю фотонів. Розглянуто дві методики детектування. Перша полягає в підрахунку загальної кількості відліків у послідовності вимірювань. Друга полягає в підрахунку кількості відліків до появи першої події відсутності відліку, або до кінця послідовності вимірювань. Показано, як отримані результати можна використати для практичного тестування неklasичних властивостей електромагнітного випромінювання в мікрохвильовому резонаторі.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу: 05.2023

Закінчення етапу: 11.2023

Споживачі продукції:

Перспективні ринки:

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

Назва НТП українською: Щільні нерівності для виявлення неklasичності електромагнітного випромінювання.

Назва НТП англійською: Tight inequalities for detecting nonclassicality of electromagnetic radiation.

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Методи, теорії

Галузь застосування: 73.10.1. Дослідження і розробки в галузі природничих наук

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Сформульовано необхідну і достатню умову для виявлення неklasичності статистик вимірювання в квантовій оптиці. Ця умова задається набором нерівностей, які щільно обмежують опуклу

множину ймовірностей, пов'язаних з класичним електромагнітним випромінюванням. Отримано аналітичні форми для повних множин і підмножин цих нерівностей для важливих випадків реалістичного фотодетектування і незбалансованого гомодинного детектування. Як приклад, розглянуто статистику фотодіделів для фазостиснутих когерентних станів. Всупереч поширеній інтуїції, запропонований аналіз виявляє некласичні властивості цих статистик, які можна експериментально підтвердити з мінімальними ресурсами.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу: 05.2023

Закінчення етапу: 11.2023

Споживачі продукції:

Перспективні ринки:

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

IX. Бібліографічний опис

1. Kovtoniuk V. S., Yeremenko I. S., Ryl S., Vogel W., Semenov A. A. Nonclassical correlations of radiation in relation to Bell nonlocality // Phys. Rev. A. – 2022. – Vol. 105. – 063722. Access mode: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.105.063722>.
2. Uzunova V. A., Semenov A. A. Photocounting statistics of superconducting nanowire single-photon detectors // Phys. Rev. A. – 2022. – Vol. 105. – 063716. Access mode: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.105.063716>.
3. Baskov R. Fourth-order moment of the light field in the atmosphere for moderate and strong turbulence // Phys. Rev. A. – 2022. – Vol. 105. – 063713. Access mode: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.105.063713>.
4. Len V. Ye., Byelova M. M., Uzunova V. A., and Semenov A. A. Realistic photon-number resolution in generalized Hong-Ou-Mandel experiment // Phys. Scr. – 2022. – Vol. 97. – 105102. Access mode: <https://doi.org/10.1088/1402-4896/ac9095>.
5. Klen M., Semenov A. A. Numerical simulations of atmospheric quantum channels. // Phys. Rev. A. – 2023. – Vol. 108. – 033718. Access mode: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.108.033718>.
6. Stolyarov E. V., Kliushnichenko O. V., Kovtoniuk V. S., Semenov A. A. Photon-number resolution with microwave Josephson photomultipliers. // Phys. Rev. A. – 2023. – Vol. 108. – 063710. Access mode:

<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.108.063710>.

7. Kovtoniuk V. S., Stolyarov E. V., Kliushnichenko O. V., Semenov A. A. Tight inequalities for nonclassicality of measurement statistics. // 2023. – Preprint: arXiv:2310.14263 [quant-ph]. Access mode:

<https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.14263>.

8. Klen M., Vasylyev D., Vogel W., Semenov A. A. Time correlations in atmospheric quantum channels. // 2023. – Preprint: arXiv:2311.07730 [quant-ph]. Access mode: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.07730>.

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Загородній Анатолій Глібович

Перелік осіб-виконавців

Єременко Іван Сергійович

Баськов Роман Анатолійович

(к. ф.-м. н., 01.04.02)

Клен Микита Дмитрович

Клюшніченко Олександр Вікторович

(к. ф.-м. н., 01.04.02)

Ковтонюк Вадим Сергійович

Семенов Андрій Олександрович

(д. ф.-м. н., 01.04.02)

Соколов Андрій Миколайович

Столяров Євген Володимирович

(к. ф.-м. н., 01.04.05)

Узунова Віра Олександрівна

(к. ф.-м. н., 01.04.02)

Відповідальний за підготовку облікових документів

Очкал Тетяна Миколаївна

Телефон

+38 (044) 521-31-94

Реєстратор

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

