

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Свистунова Олега Александровича

**«Динаміка лазерних пучків терагерцового діапазону з фазовими
сингулярностями»,**

яка подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань 10 – Природничі науки

за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали

1. Оцінка роботи здобувача у процесі підготовки дисертації і виконанні індивідуального плану навчальної та наукової роботи.

Аспірант Свистунов Олег Александрович виконав у повному обсязі Індивідуальний план виконання освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії. Освітня програма в обсязі 40 кредитів ECTS виконана у повному обсязі. Він успішно склав наступні дисципліни:

- Залік з навчальної дисципліни «Філософські засади та методологія наукових досліджень» (92 бали);
- Іспит з навчальної дисципліни «Іноземна мова для аспірантів» (83 бали);
- Залік з навчальної дисципліни «Підготовка наукових публікацій та презентація результатів досліджень» (94 бали);
- Залік з навчальної дисципліни «Інформаційні технології у прикладній фізиці» (95 балів);
- Залік з навчальної дисципліни «Актуальні проблеми сучасної прикладної фізики та наноматеріалів» (91 бал);
- Іспит з навчальної дисципліни «Актуальні проблеми сучасної радіофізики та електроніки» (80 балів).

Всі заплановані види робіт були виконанні своєчасно. Здобувач плідно співпрацював з науковим керівником протягом усього терміну навчання в аспірантурі.

2. Обґрунтування вибору теми дослідження.

В останні роки терагерцові (ТГц) хвилі привернули до себе велику увагу завдяки своїм унікальним властивостям. Терагерцові пучки з різними поляризаційними векторними характеристиками демонструють нові особливості розподілу світлового поля і дедалі ширші перспективи застосування.

Розвиток технологій дозволив значно просунути у вивченні цього діапазону спектра, відкриваючи широкі перспективи для його використання в науці та промисловості. Також, окрім розробки ефективних джерел і детекторів терагерцового діапазону, розвиток оптики для нього також є необхідним, щоб забезпечити можливість специфічного контролю та маніпулювання випромінюванням за допомогою його амплітуди, фази, поляризації і навіть орбітального кутового моменту (ОКМ). ТГц вихрові пучки поєднують у собі переваги хвиль цього діапазону та ОКМ. Зокрема, такі хвилі мають висококогерентну неіонізуючу природу, мале розсіювання і високу проникаючу та роздільну здатність, в той час як орбітальний момент надає хвилі додатковий ступінь свободи. Відповідно, ТГц вихрові пучки мають великий потенціал для багатьох напрямків досліджень. Наприклад, дані пучки з ОКМ можуть збільшити пропускну здатність ТГц зв'язку завдяки необмеженій кількості власних станів кутового моменту. Крім того, ці вихрові пучки перспективні для прискорення та маніпулювання електронними згустками, оскільки вони можуть забезпечувати більш короткі електронні згустки та вищу роздільну здатність, космічне мікрохвильове фонове випромінювання і т. д.

Методи генерації ТГц вихрових пучків можна поділити на два напрямки. Перший являє собою використання пучків з ОКМ з деякими модуляторами хвильового фронту, що є досить простим способом,

аналогічно застосуванню модуляторів хвильового фронту в оптичній та інфрачервоній (ІЧ) області. Спіральна фазова пластина з товщиною, що азимутально змінюється, є одним з найбільш відомих оптичних елементів для формування вихрових пучків. Працюючи шляхом безпосереднього накладання спірального фазового зсуву на лазерний пучок, що падає на неї, вона дозволяє перетворити майже 100 % енергії падаючого випромінювання в вихровий пучок.

А при іншому безпосередньо збуджують вихрові пучки з використанням деяких лазерів накачування та/або речовин. Однак, усі ці дослідження в більшості випадків проведені з використанням широкосмугового випромінювання генераторів субпікосекундних імпульсів на основі фемтосекундних лазерів, що призводить до високої складності виготовлення лазерних систем та взаємодія якого з речовиною значно відрізняється від взаємодії при безперервному випромінюванні.

Молекулярні лазери з оптичним накачуванням залишаються поки що єдиним компактним джерелом безперервного терагерцового випромінювання, які можуть дискретно перестроюватися у всьому терагерцовому діапазоні і мають малу ширину спектральної лінії ($\Delta\nu < 10$ кГц). В даний час різко зріс інтерес до цих джерел у зв'язку з можливістю використання як джерела накачування квантово-каскадних лазерів середнього ІЧ-діапазону, що безперервно перестроюються. У більшості лазерів з оптичним накачуванням застосовуються хвилевідні діелектричні та металеві резонатори, що дозволяє при порівняно невеликих розмірах резонатора отримувати досить високі потужності (до 1 Вт) в безперервному режимі. Серед мод таких резонаторів моди з лінійною поляризацією поля та мода з азимутальною поляризацією мають найнижчі втрати енергії, а повздовжня компонента моди з радіальною поляризацією може вносити істотний внесок у формування фокальної плями у випадку гострого фокусування випромінювання.

Дослідження поширення вихрових лазерних пучків у вільному просторі є важливим для розуміння особливостей їх взаємодії з навколишнім середовищем. Наявність орбітального моменту імпульсу таких пучків впливає на їх поведінку під час поширення. У вільному просторі ці лазерні пучки демонструють стабільність структури фазового фронту, що дозволяє зберігати їх унікальні властивості на великих відстанях.

Особливу увагу приділяють вивченню взаємодії даних пучків з перешкодами, неоднорідними середовищами та їх здатності до самокорекції. Це відкриває перспективи для використання вихрових лазерних пучків у задачах дистанційного зондування, бездротової передачі енергії та інформації, а також у створенні високоточних оптичних систем. Поглиблене розуміння поширення таких пучків у вільному просторі є ключовим для забезпечення їх ефективного застосування у практичних умовах.

Фокусування вихрових лазерних пучків у терагерцовому діапазоні є складним і водночас перспективним напрямом досліджень. Сфокусовані пучки мають унікальні властивості, які можна використовувати для створення надщільних фокусів, компактних фокусів з розмірами менше дифракційної межі, оптичних голок, світлових тунелів, фокусів з плоскою вершиною, матриць фокусів та інших. Фокусування дозволяє значно збільшити інтенсивність випромінювання у заданій області, що є критично важливим для таких застосувань, як матеріалознавство, біомедичні дослідження та спектроскопія.

Особливості фокусування вихрових пучків пов'язані з їх фазовою структурою, яка може викликати утворення спіральних профілів у фокальній площині. Дослідження зосереджуються як на помірному фокусуванні, що дозволяє отримувати більш рівномірні розподіли інтенсивності, так і на гострому фокусуванні, яке забезпечує високу густину енергії в малій області. Залежно від умов, таких як тип оптичної системи та параметри пучка, можна досягати різних конфігурацій фокусів, що робить ці пучки універсальними для широкого спектра задач. Дослідження фокусування ускладнюється

впливом дифракції, аберацій оптичних елементів та можливих неоднорідностей середовища.

Мета і завдання дослідження.

Мета даної роботи полягає у встановленні фізичних закономірностей просторової динаміки лазерних пучків безперервного випромінювання терагерцового діапазону в випадку їх поширення та фокусування в вільному просторі. Для досягнення цієї мети були поставлені та виконані наступні **задачі дослідження:**

- теоретично та чисельно вивчити поведінку мод хвилевідного діелектричного та металевого резонаторів терагерцового лазера в різних зонах дифракції у процесі їх взаємодії зі спіральною фазовою пластиною;

- теоретично та чисельно вивчити поведінку мод хвилевідного діелектричного та металевого резонаторів терагерцового лазера, сформованих спіральною фазовою пластиною, у фокальній області лінзи при їх гострому та помірному фокусуванні;

теоретично та експериментально дослідити фізичні особливості структури поля комбінованих мод вищого порядку діелектричного резонатора терагерцового лазера у випадку їх поширення та помірному і гострому фокусуванні у вільному просторі.

Об'єкт дослідження – фізичні процеси поширення та фокусування лазерних пучків безперервного випромінювання в терагерцовому діапазоні частот.

Предмет дослідження – закономірності поширення та фокусування лазерних пучків безперервного випромінювання в терагерцовому діапазоні частот.

Методи дослідження

В роботі для вирішення поставлених завдань при вивченні поширення лазерних пучків, збуджуваних модами хвилевідних резонаторів, в різних зонах дифракції та в випадку їх помірному і гострому фокусуванні були використані дифракційні інтегральні перетворення Релея-Зоммерфельда. Для

підтвердження достовірності результатів проведено порівняння розрахунків полів у випадку їх поширення методом розкладання поля за плоскими хвилями, у випадку гострого фокусування – інтегральним перетворенням Річардса-Вольфа.

Для експериментального вивчення досліджуваних явищ в роботі застосовуються добре відомі методи вимірювань ТГц діапазону.

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

1. Робота виконувалася на кафедрі квантової радіофізики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна в рамках держбюджетної науково-дослідної теми «Електродинаміка вихрових лазерних пучків терагерцового діапазону» (номер державної реєстрації 0124U000466, виконавець).

4. Особистий внесок дисертанта в отриманні наукових результатів та їх новизна.

Всі наукові публікації виконано у співавторстві. Брав участь у формулюванні та розв'язанні задач, розробці та програмній реалізації чисельних алгоритмів, а також у проведенні обробки та аналізу результатів розрахунку і їх інтерпретації. Автором теоретично та експериментально проведено аналіз фізичних особливостей гострого та помірною фокусування лазерних пучків випромінювання, утворених комбінованими модами. Результати робіт представлені на конференціях здобувачем особисто.

У роботі отримано такі нові результати для лазерних пучків безперервного випромінювання в терагерцовому діапазоні частот:

1. На основі дифракційних інтегралів Релея-Зоммерфельда вперше отримано аналітичні вирази для опису непараксіальної дифракції у вільному просторі мод діелектричного та металевих резонаторів терагерцового лазера у процесі їх взаємодії зі спіральною фазовою пластиною з різними топологічними зарядами ($n = 0, 1$ і 2).

2. Вперше чисельно встановлені фізичні особливості просторово-енергетичних характеристик вихрових лазерних пучків безперервного

випромінювання терагерцового діапазону, сформованих спіральною фазовою пластиною, при їх поширенні у вільному просторі:

– показано, що спіральна фазова пластина для лазерного пучка, збудженого лінійно поляризованою модою EH_{11} діелектричного резонатора, з просторової структури із максимумом інтенсивності в центрі ($n = 0$) формує кільцеву структуру ($n = 1, 2$). Для лазерних пучків, утворених азимутально поляризованою TE_{01} модою та радіально поляризованою TM_{01} модою, їх початковий кільцевий профіль ($n = 0$) перетворюється в профіль із максимумом інтенсивності в центрі ($n = 1$), а надалі знову в кільцевий ($n = 2$). За таких умов хвильовий фронт лазерного пучка, збудженого EH_{11} модою, перетворюється зі сферичного в спіральний з однією ($n = 1$) та двома ($n = 2$) точками сингулярності на осі, тоді як для фазової структури лазерних пучків, утворених TE_{01} та TM_{01} модами, з'являється область з двома та трьома точками фазової сингулярності поза віссю, відповідно;

– наведено, що у вільному просторі спіральна фазова пластина для лазерного пучка, збудженого лінійно поляризованою модою TE_{11} металевого резонатора, з просторового профілю з максимумом інтенсивності в центрі ($n = 0$) утворює асиметричне кільце з двома максимумами ($n = 1, 2$). Для лазерних пучків, сформованих азимутально поляризованою TE_{01} модою та радіально поляризованою TM_{01} модою, початкова поперечна кільцева структура інтенсивності поля ($n = 0$) трансформується в структуру з максимальною інтенсивністю випромінювання в центрі ($n = 1$), а потім знову в кільцеву ($n = 2$). Фазовий фронт для основної поперечної E_y компоненти випромінювання, збудженого модою TE_{11} , змінюється зі сферичного на спіральний з однією ($n = 1$) та двома ($n = 2$) точками сингулярності. В той же час для хвильового фронту E_x компоненти лазерного пучка спостерігається утворення трьох ($n = 1$) та чотирьох ($n = 2$) гвинтових витків. У фазовому профілі поперечних компонент пучків, утворених TE_{01} та TM_{01} модами, спостерігається область з двома та трьома позаосьовими точками сингулярності фази, відповідно;

– показано, що розподіли фази для поперечних компонент лазерних пучків, збуджених модами діелектричного та металевого резонаторів з однорідною поляризацією, мають чітко сформовану вихрову структуру, як в зоні Френеля, так і в дальній зоні. Однак, для лазерних пучків, збуджених модами з неоднорідною поляризацією, розподіли фази набувають стійкої структури тільки в дальній зоні.

3. Вперше отримано аналітичні вирази для опису компонент полів випромінювання, утворених модами хвилевідного діелектричного та металевого резонаторів терагерцового лазера, у процесі їх взаємодії зі спіральною фазовою пластиною, у фокальній області лінзи.

4. Вперше чисельно встановлені фізичні особливості просторово-енергетичних характеристик вихрових лазерних пучків випромінювання з різною просторовою поляризацією поля, які збуджуються модами резонатора лазера на основі круглого діелектричного та металевого хвилеводів, при їх помірному та гострому фокусуванні:

– показано, що у фокальній області лінзи за відсутності спіральної фазової пластини досліджуваній пучок, збуджений EH_{11} модою діелектричного резонатора, має максимум інтенсивності випромінювання на осі. Введення фазової пластини призводить до появи мінімуму інтенсивності випромінювання на осі, а також до збільшення розміру фокальної плями. Для лазерного пучка, утвореного модами TE_{01} та TM_{01} , з топологічними зарядами $n = 0$ і $n = 2$ розподіл інтенсивності зберігає кільцеву форму, а при $n = 1$ профіль пучка перетворюється на гаусоподібний. У фокальній області лінзи хвильовий фронт із збільшенням топологічного заряду для лазерного пучка, збуджених EH_{11} , TE_{01} і TM_{01} модами, перетворюється зі сферичного на спіральний з різною кількістю гвинтових витків на осі. Показаний однаковий вклад поперечних компонент поля в загальну потужність випромінювання для лазерного пучка, збудженого TE_{01} модою і суттєвий внесок повздовжньої компоненти поля в загальну потужність випромінювання для лазерного пучка, збудженого TM_{01} модою;

– наведено, що лазерний пучок, сформований модою TE_{11} металевого резонатора, при топологічному заряді $n = 0$ та 2 утворює фокальну пляму з максимумом в центрі, а при значенні $n = 1$ фокусується в кільце. Хвильовий фронт E_x компоненти вихрового пучка в поперечному перерізі із зарядом $n = 1$ має три спіральних витка, а хвильовий фронт для вихрового пучка із зарядом $n = 2$ має вже чотири спіральні витки. В той же час хвильовий фронт E_y компоненти вихрового пучка в поперечному перерізі із зарядом $n = 1$ має один спіральний виток, а хвильовий фронт для пучка із зарядом $n = 2$ має два спіральні витки. Для лазерного пучка, сформованого модою TE_{01} металевого резонатора, з топологічним зарядом $n = 1$ профіль пучка перетворюється на гаусоподібний, а при топологічних зарядах $n = 0$ і $n = 2$ розподіл інтенсивності пучка зберігає кільцеву форму. Хвильовий фронт для обох компонент вихрового пучка в поперечному перерізі з зарядом $n = 1$ має два спіральні витки, а хвильовий фронт пучка з зарядом $n = 2$ має три спіральні витки.

5. Вперше теоретично та експериментально встановлені фізичні особливості структури поля лазерних пучків вищого порядку, збуджених комбінованими $TE_{0n}+EH_{2n}$ та $EH_{-1n}+EH_{3n}$ модами ($n = 1, 2, 3$) з лінійною поляризацією діелектричного резонатора терагерцового лазера, при їх поширенні у вільному просторі та фізичних властивостей лазерних пучків, утворених даними модами, при їх помірному та гострому фокусуванні:

– показано, що сумарна інтенсивність поля лазерного пучка, збудженого комбінованими $TE_{0n}+EH_{2n}$ та $EH_{-1n}+EH_{3n}$ модами, визначається усіма трьома компонентами. Центральні максимуми поля даних пучків значно зміщуються від геометричних фокусів досліджуваних лінз зі збільшенням свого порядку n ;

– наведено, що поперечний розподіл сумарної інтенсивності поля лазерного пучка, утвореного $TE_{01q}+EH_{21q}$ модою діелектричного хвилевідного резонатора, в області максимальної інтенсивності

сфокусованих пучків випромінювання зберігає кільцеподібний вигляд як при помірному, так і при гострому фокусуванні.

5. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.

Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів, одержаних Свистуновим О.О., при проведенні досліджень за темою дисертаційної роботи, полягає у використанні дифракційних інтегральних перетворень Релея-Зоммерфельда. Для підтвердження достовірності результатів проведено порівняння розрахунків полів у випадку їх поширення методом розкладання поля за плоскими хвилями, у випадку гострого фокусування – інтегральним перетворенням Річардса-Вольфа.

Для експериментального вивчення досліджуваних явищ в роботі застосовуються добре відомі методи вимірювань ТГц діапазону.

Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані в індексованих наукових журналах та доповідалися на міжнародних наукових конференціях.

Висновки дисертаційної роботи є обґрунтованими.

6. Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Досліджені в дисертації фізичні особливості поширення терагерцових вихрових лазерних пучків можуть забезпечити ефективний метод передачі інформації у високошвидкісних системах ТГц зв'язку та виконання завдань, пов'язаних з томографією, із дослідженням властивостей матеріалів, знаходженням астрофізичних джерел, що робить їх дуже перспективними в сучасних технологіях. Виявлені нові особливості поширення лазерних пучків у вільному просторі мають самостійне значення, можуть знайти подальше практичне застосування при створенні елементної бази пасивних та керуючих випромінюванням компонентів та пристроїв ІЧ та ТГц діапазонів хвиль.

Результати досліджень фокусування терагерцових лазерних вихрових пучків необхідні для розв'язання задач, що пов'язані з взаємодією електромагнітних хвиль з речовиною: діагностика поверхні матеріалів, тонких плівок, біологічних об'єктів, розробка високочутливих сенсорів, створення оптичних пасток для маніпулювання мікро- та наночастинками.

Використання ТГц-випромінювання, збудженого модами вищого порядку, дозволяє покращити якість отримання зображень надвисокої роздільної здатності, високоефективно передавати інформацію та розширювати можливості взаємодії ТГц-випромінювання з матеріалами. В цілому, дослідження фокусування терагерцових пучків, збуджених модами вищого порядку, сприяє появі передових технологій у таких галузях як медицина, комунікації, матеріалознавство, квантова фізика і криптографія, в тому числі у сфері нових методів кодування даних у квантових комунікаціях.

Результати роботи можуть бути передані для використання до організацій: Інститут фізики НАН України, Радіоастрономічний інститут НАН України, Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України, Інститут електронної фізики НАН України, Міжнародний центр "Інститут прикладної оптики" НАН України, Інститут фізики плазми ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут", Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Харківський національний університет радіоелектроніки, Національний університет "Львівська політехніка".

7. Повнота викладення матеріалів дисертації в роботах, опублікованих автором.

Основні результати дисертації опубліковані в 7 наукових працях, з них 2 статі у наукових фахових виданнях України, 5 – в наукових працях в періодичних наукових виданнях, що входять міжнародних наукометричних баз, та в 5 тезах міжнародних наукових конференцій.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Наукові праці в наукових фахових виданнях України:

1. Гурін О. В., Дегтярьов А. В., Дубінін М. М., Маслов В.О., Мунтян К. І., Рябих В. М., Свистунов О. О., & Сенюта В. С. Гостре та помірне фокусування комбінованих мод терагерцового лазера. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Радіофізика та електроніка»*. 2023. Т. 38. С. 7–15.

<https://doi.org/10.26565/2311-0872-2023-38-01>

(Особистий внесок здобувача: участь у проведенні експерименту, обговорення та аналіз результатів, підготовка матеріалів та ілюстрацій, оформлення статті.

Особистий внесок Гурін О. В.: проведення експерименту, збір експериментальних даних.

Особистий внесок Дегтярьов А. В.: перевірка наукової достовірності отримуваних результатів, перевірка тексту роботи, редагування, обговорення та аналіз результатів.

Особистий внесок Дубінін М. М.: перевірка тексту роботи, редагування, обговорення та аналіз результатів, оформлення статті.

Особистий внесок Маслов В. О.: перевірка наукової достовірності отримуваних результатів, перевірка тексту роботи, редагування, обговорення та аналіз результатів.

Особистий внесок Мунтян К. І.: перевірка тексту роботи, редагування, оформлення статті, обговорення та аналіз результатів.

Особистий внесок Сенюта В. С.: проведення експерименту, збір експериментальних даних.)

2. Дегтярьов А. В., Дубінін М. М., Маслов В. О., Мунтян К. І., Свистунов О. О. Поширення вихрових лазерних пучків металевого резонатора. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Радіофізика та електроніка»*. 2024. Т. 40, С. 57–67.

<https://doi.org/10.26565/2311-0872-2024-40-05>.

(Особистий внесок здобувача: написання розрахункових програм, обговорення та аналіз результатів, підготовка матеріалів та ілюстрацій, оформлення статті.

Особистий внесок Дегтярьов А. В.: перевірка наукової достовірності отримуваних результатів, перевірка тексту роботи, редагування, обговорення та аналіз результатів.

Особистий внесок Дубінін М. М.: перевірка тексту роботи, редагування, допомога в написанні розрахункових програм, обговорення та аналіз результатів, оформлення статті.

Особистий внесок Маслов В.О.: перевірка наукової достовірності отримуваних результатів, перевірка тексту роботи, редагування, обговорення та аналіз результатів.

Особистий внесок Мунтян К. І.: перевірка тексту роботи, редагування, оформлення статті, обговорення та аналіз результатів.)

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації у періодичних наукових виданнях держав, які входять до Організації економічного співробітництва та розвитку та/або Європейського Союзу або у, що входять до міжнародних наукометричних баз Scopus або Web of Science

1. Degtyarev A. V., Dubinin M. M., Maslov V. A., Muntean K. I., Svistunov O. O. Free-space propagation of terahertz laser vortex beams. *RadioPhys. Radio Astron.* 2024. Vol. 29, №2. P. 127–136. <https://doi.org/10.15407/rpra29.02.127>.

2. Degtyarev A. V., Dubinin M. M., Maslov V. A., Muntean K. I., Svistunov O. O. Propagation of vector vortex beams excited by a terahertz laser dielectric resonator. *Telecommunications and Radio Engineering.* 2024. Vol. 83. №8. P. 57–67. <https://doi.org/10.1615/TelecomRadEng.2024052443>

3. Degtyarev A. V., Dubinin M. M., Gurin O. V., Maslov V. O., Muntean K. I., Ryabykh V. N., Svystunov O. O. Properties of focused combined modes of terahertz laser. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics &*

Optoelectronics. 2024. Vol. 27. №2. P. 216–223.

<https://doi.org/10.15407/spqeo27.02.216>

4. Degtyarev A. V., Dubinin M. M., Maslov V. A., Muntean K. I., Svystunov O. O. Evolution of vector vortex beams formed by a terahertz laser metal resonator. *East Eur. J. Phys.* 2024. Vol. 2. №3. P. 121–129.

<https://doi.org/10.26565/2312-4334-2024-2-10>

5. Degtyarev A. V., Dubinin M. M., Maslov V. O., Muntean K. I., Svystunov O. O. Tight focusing of terahertz vortex beams formed by laser dielectric resonator. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*. 2024. Vol. 27. №3. P. 328–336.

<https://doi.org/10.15407/spqeo27.03.328>

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

1. Degtyarev Andrey, Dubinin Mykola, Maslov Vyacheslav, Muntean Konstantin, Svystunov Oleg. Features of focusing combined modes of dielectric waveguide resonator. XIX International scientific conference electronics and applied physics APHYS 2023, October, Kyiv, P.11–13.

2. Degtyarev A.V., Dubinin M.M., Maslov V.O., Muntean K.I., Svystunov O.O. Propagation properties of vector vortex beams for the terahertz laser dielectric resonator. Proc. IEEE Int. Conf. Electronics and Nanotechnology (ELNANO-2024), Kyiv. https://www.aconf.org/conf_199429/program.html

3. М. Дубінін, В. Маслов, К. Мунтян, О. Свистунов. Поширення терагерцових вихрових пучків в вільному просторі. VIII Всеукраїнська науково-практична конференція. Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем, м. Дніпро 22–24 листопада 2023 р, Україна, С. 195–196.

4. Degtyarev A.V., Dubinin M.M., Maslov V.O., Muntean K.I., Svystunov O.O. Propagation of terahertz laser vortex beams from a metal waveguide resonator. 2024 IEEE 5th KhPI Week on Advanced Technology, October 7–11,

<https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61434.2024.10878064>

5. М. Дубінін М., Маслов В., Мунтян К., Свистунов О. Гостре фокусування терагерцових лазерних вихрових пучків. VIII Всеукраїнська науково-практична конференція Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем MEICS–2024, 27–29 листопада 2024 р., м. Дніпро, Україна, С. 201–202.

Результати дисертаційної роботи повністю відображено у публікаціях.

8. Дотримання академічної доброчесності.

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу оригінальності (перевірки наявності тестових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертація виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

9. Апробація матеріалів дослідження.

Результати проведених досліджень представлялися на міжнародних конференціях у формі доповідей, за результатами яких були опубліковані матеріали наукових конференцій:

1. Degtyarev Andrey, Dubinin Mykola, Maslov Vyacheslav, Muntean Konstantin, Svystunov Oleg. Features of focusing combined modes of dielectric waveguide resonator. XIX International scientific conference electronics and applied physics APHYS 2023, October, Kyiv, P.11–13.

2. Degtyarev A.V., Dubinin M.M., Maslov V.O., Muntean K.I., Svystunov O.O. Propagation properties of vector vortex beams for the terahertz laser dielectric resonator. Proc. IEEE Int. Conf. Electronics and Nanotechnology (ELNANO-2024), Kyiv. https://www.aconf.org/conf_199429/program.html

3. М. Дубінін, В. Маслов, К. Мунтян, О. Свистунов. Поширення терагерцових вихрових пучків в вільному просторі. VIII Всеукраїнська науково-практична конференція. Перспективні напрямки сучасної

електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем, м. Дніпро 22–24 листопада 2023 р, Україна, С. 195–196.

4. Degtyarev A.V., Dubinin M.M., Maslov V.O., Muntean K.I., Svystunov O.O. Propagation of terahertz laser vortex beams from a metal waveguide resonator. 2024 IEEE 5th KhPI Week on Advanced Technology, October 7–11, 2024, Kharkiv, Ukraine. P. 1–5.
<https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61434.2024.10878064>

5. М. Дубінін М., Маслов В., Мунтян К., Свистунов О. Гостре фокусування терагерцових лазерних вихрових пучків. VIII Всеукраїнська науково-практична конференція Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем MEICS–2024, 27–29 листопада 2024 р., м. Дніпро, Україна, С. 201–202.

10. Оцінка структури, мови та стилю дисертації.

Матеріал дисертації викладено в логічній послідовності та доступно для сприйняття. Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. №14), наказу Міністерства освіти і науки України «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (від 12.01.2017 р. №40).

11. Відповідність змісту дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту.

За своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною і практичною значущістю дисертаційна робота Свистунова О.О. «Динаміка лазерних пучків терагерцового діапазону з фазовими сингулярностями» повністю відповідає паспорту спеціальності 105 – Прикладна фізика та наноматеріали.

12. Результати обговорення та проведення презентації. Рекомендація дисертації до захисту.

Здобувач продемонстрував основні результати своєї дисертаційної роботи на розширеному засіданні кафедри квантової радіофізики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна щодо попередньої експертизи дисертації (Витяг з протоколу №10 розширеного засідання кафедри квантової радіофізики від 5 березня 2025 року) у формі презентації та наукової дискусії після її завершення. На даному засіданні були присутні 26 співробітників із різних наукових установ України, із яких 12 докторів наук та 8 кандидатів наук, а також 2 доктора філософії. Дисертанту було задано 27 запитань, на які він надав відповіді. Також виступили 3 науковці, які позитивно відізначались про дисертаційне дослідження Свистунова О. О.

У рамках цього розширеного засідання було ухвалено одноголосно (26 голосів) рекомендувати дисертаційну роботу аспіранта Свистунова Олега Олександровича «Динаміка лазерних пучків терагерцового діапазону з фазовими сингулярностями» до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали.

Доктор фізико-математичних наук,
професор, завідувач кафедри
квантової радіофізики
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна



Вячеслав МАСЛОВ