

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U003553

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 25-08-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ Сумського державного університету № 0298-V від 22 вересня 2025 р.



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ільїн Станіслав Сергійович

2. Stanislav Ilin

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1983-2571

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: 20725 прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 28-08-2025

Спеціальність за освітою: 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача: ФОП Ільїн Станіслав Сергійович

Код за ЄДРПОУ: 3567401472

Місцезнаходження: проспект Михайла Лушпи, Суми, Сумський р-н., 40004, Україна

Форма власності: Приватна/недержавна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 10409

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:

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

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:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.27.15, 29.27.17, 29.35.03, 29.35.33

Тема дисертації:

1. Вплив генерованого електричного поля накачки та електричного поля підпору на підсилювальні властивості супергетеродинного параметричного лазера на вільних електронах
2. Influence of the generated pump electric field and electric support field on the amplification properties of a superheterodyne parametric free-electron laser

Реферат/анотація:

1. У дисертаційній роботі побудовано теоретичну схему опису процесів підсилення когерентних електромагнітних хвиль терагерцового діапазону у супергетеродинних параметричних лазерах на вільних електронах (ЛВЕ) Н убітронного типу з урахуванням ефекту генерації електричного поля накачки та впливу квазістаціонарного електричного поля підпору. Як базовий математичний апарат використано ієрархічний асимптотичний підхід до теорії коливань та хвиль, зокрема, метод усереднених характеристик. Динаміка хвиль в супергетеродинному параметричному ЛВЕ описується з урахуванням кубічних нелінійних складових за допомогою квазігідродинамічного рівняння, рівняння неперервності та рівнянь Максвелла. Застосовувалися стандартні числові та чисельно-аналітичні методи, включаючи метод амплітуд, що повільно змінюються. Під час виконання дисертаційної роботи вперше було теоретично обґрунтовано та кількісно оцінено ефект генерації електричного поля накачки релятивістським електронним пучком.

Встановлено, що амплітуда цього поля може досягати 30% від амплітуди зовнішнього поля, що призводить до збільшення інкремента зростання електромагнітної хвилі сигналу на ~20% та дозволяє зменшити поздовжні розміри пристрою на 18%. Для вирішення проблеми насичення, пов'язаної з гальмуванням електронного пучка, було запропоновано та досліджено механізм додаткового підсилення за допомогою електричного поля підпору. Визначено оптимальну квазілінійну форму цього поля та його параметри, що дозволяє суттєво (на 70%–130%) підвищити рівень насичення хвиль. Показано, що застосування електричного поля підпору не лише компенсує втрати енергії пучка, але й значно (майже вчетверо) посилює генероване електричне поле накачки. Це призводить до підвищення рівня насичення вихідного електромагнітного сигналу на 134% у порівнянні з традиційними схемами ЛВЕ. Продемонстровано, що використання електричного поля підпору дозволяє зменшити необхідну напруженість основного поля ондулятора в ~2,7 рази для досягнення аналогічних рівнів підсилення. Результати, які отримані в дисертаційній роботі, мають важливе значення для розробки нових, більш компактних та ефективних джерел когерентного терагерцового випромінювання на базі супергетеродинних параметричних ЛВЕ, що є актуальним для численних наукових та технологічних застосувань.

2. This dissertation develops a theoretical framework to describe the amplification processes of coherent terahertz electromagnetic waves in H-ubitron type superheterodyne parametric free-electron lasers (FELs), considering the effect of the generated pump electric field and the influence of a quasi-stationary electric support field. The hierarchical asymptotic approach to the theory of oscillations and waves, particularly the method of averaged characteristics, is used as the basic mathematical apparatus. The dynamics of waves in the superheterodyne parametric FEL are described considering cubic nonlinear components using the quasi-hydrodynamic equation, the continuity equation, and Maxwell's equations. Standard numerical and numerical-analytical methods were applied, including the slowly varying amplitude method. In this dissertation, the effect of pump electric field generation by a relativistic electron beam was theoretically substantiated and quantitatively assessed for the first time. It was established that the amplitude of this field can reach 30% of the external field's amplitude, which leads to an increase in the growth increment of the electromagnetic signal wave by ~20% and allows for a reduction of the device's longitudinal dimensions by 18%. To address the problem of saturation, associated with the deceleration of the electron beam, a mechanism of additional amplification using an electric support field was proposed and investigated. The optimal quasi-linear form of this field and its parameters were determined, allowing for a significant (by 70%–130%) increase in the wave saturation level. It is shown that the application of the electric support field not only compensates for the beam's energy loss but also significantly (almost fourfold) enhances the generated pump electric field. This leads to an increase in the saturation level of the output electromagnetic signal by 134% compared to traditional FEL schemes. It has been demonstrated that the use of the electric support field allows for a reduction of the required undulator field strength by a factor of ~2.7 to achieve similar amplification levels. The results obtained in this dissertation are of great importance for the development of new, more compact, and efficient sources of coherent terahertz radiation based on superheterodyne parametric FELs, which is relevant for numerous scientific and technological applications.

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: Не застосовується

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Lysenko A., Brusnik A., Volk I., Korovai M., Ilin S., Bunetskyi O. On Theory of Superheterodyne FELs with Longitudinal Electrostatic Undulator. Journal of Nano- and Electronic Physics, 2020. № 12(4). 04037
- Lysenko A.V., Ilin S.S. Multiharmonic Interactions of Longitudinal Waves in Amplification Section of Superheterodyne Free Electron Laser. Journal of Nano- and Electronic Physics, 2022. №14(5). 05006
- Lysenko A.V., Ilin S.S. The Effect of the Generated Pump Electric Field on the Amplification Properties of a Superheterodyne Parametric Free-Electron Laser. Journal of Nano- and Electronic Physics, 2023. № 15(5). 05022
- Lysenko A., Voroshylo O., Ilin S. Influence of generated pump electric field on multiharmonic interaction of waves in amplification section of superheterodyne FEL. Problems of Atomic Science and Technology, 2023. P. 186-191
- Lysenko A.V., Ilin S.S. Influence of quasi-electrostatic support on amplification of space charge waves in amplification section of a superheterodyne free electron laser. Chinese Physics B, 2025. № 34(1). 014102
- Lysenko A.V., Ilin S.S. Cubic Nonlinear Theory of Superheterodyne Parametric H-ubitron FEL with Section for Amplifying Longitudinal Space Charge Waves. Journal of Nano- and Electronic Physics, 2025. № 17(2). 02004

Наукова (науково-технічна) продукція: пристрої; аналітичні матеріали

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нових пристроїв для безконтактної діагностики матеріалів, що застосовуються в медицині, промисловості, виявленні небезпечних речовин

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: 0120U102140

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лисенко Олександр Володимирович
2. Oleksandr Lysenko

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6925-4007

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:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пономарьов Олександр Георгійович

2. Oleksandr Ponomarev

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.20

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4517-5635

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. Одаренко Євген Миколайович

2. Ievgen Odarenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7656-0440

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет радіоелектроніки

Код за ЄДРПОУ: 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти**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:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Доброжан Олександр Анатолійович

2. Oleksandr Dobrozhan

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9238-7596

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:

VIII. Заключні відомості

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

Опанасюк Анатолій Сергійович

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

Опанасюк Анатолій Сергійович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Бойко Антон Олександрович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна