

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0823U100071

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 10-02-2023

**Статус:** Наказ про видачу диплома

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:**



## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Лихачов Олександр Олександрович

2. Likhachov Oleksandr O.

**Кваліфікація:**

**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:**

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** Не застосовується

**Дата захисту:** 09-02-2023

**Спеціальність за освітою:** мікро- та наносистемна техніка

**Місце роботи здобувача:** Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534593

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Проскури, буд. 12, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61085, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ДФ 64.157.003

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534593

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Проскури, буд. 12, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61085,  
Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

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

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534593

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Проскури, буд. 12, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61085,  
Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:**

**Коди тематичних рубрик:** 29.35, 29.35.45

**Тема дисертації:**

1. Спектральні характеристики та стабільність випромінювання клинотронів міліметрового та субміліметрового діапазонів з урахуванням особливостей процесів енергообміну
2. Spectral characteristics and stability of clinotron radiation in the millimeter and submillimeter ranges taking into account the features of energy exchange processes

**Реферат:**

1. Мета роботи - дослідження впливу розкиду поздовжніх швидкостей електронів у щільних стрічкових пучках, який виникає внаслідок наявності пульсацій прискорювальної напруги, на ефективність електронно-хвильової взаємодії в надрозмірних електродинамічних системах клинотронів міліметрового та субміліметрового діапазонів і на спектральні характеристики випромінювання для реалізації режимів модуляції частоти за лінійним і ступеневим законами. Об'єкт досліджень – процеси формування та транспортування щільних стрічкових потоків електронів в слабо неоднорідному магнітному полі, а також

процеси електронно-хвильової взаємодії в електродинамічних системах клинотронів. Теоретичні та практичні результати. Встановлено рівень пульсації прискорювальної напруги, що не спотворює розподіл швидкостей електронів, який формується в діодній гарматі клинотрона в присутності статичного магнітного поля. Експериментальні результати клинотронів безперервної дії діапазону частот 200–400 ГГц показали, що стабільність напруги пучка у  $10^{-5}$  забезпечують спектральну ширину лінії близько 1 МГц. Для клинотрона безперервної дії діапазону частот від 310 ГГц до 360 ГГц на робочій частоті 346,4 ГГц з вихідною потужністю 100 мВт було продемонстровано ширину спектральної лінії 1,18 МГц, коли стабільність вихідної напруги високовольтного джерела живлення становила  $5 \times 10^{-6}$ . Новизна наукових результатів. Вперше отримано залежність ширини спектральної лінії випромінювання від резонансних властивостей електродинамічної системи клинотронів. На основі отриманих теоретичних та експериментальних даних реалізовано частотну модуляцію як за законом лінійної зміни частоти в межах однієї зони генерації клинотронів міліметрового та субміліметрового діапазонів, так і з використанням ступеневої зміни частоти за умови переходу між відокремленими зонами генерації в клинотроні міліметрового діапазону. Методи досліджень. Чисельне розв'язання рівняння Пуассона та руху заряджених часток методом Рунге-Кутти четвертого порядку, самоузгоджене розв'язання рівняння збудження хвиль і руху потоку електронів методом кінцевих різниць. Експериментальна частина досліджень генерації випромінювання проводилась згідно з класичними методами вимірювання потужності та частоти для терагерцового діапазону. Ступінь упровадження. Результати роботи можуть бути використані при створенні ТГц систем візуалізації з модуляцією частоти та зі сталою частотою. Сфера використання. Розроблену в дисертаційній роботі систему живлення клинотронів з додатковими ПІД контурами стабілізації та можливістю частотної модуляції, можна використовувати як джерело електромагнітного випромінювання у задачах тривимірної візуалізації.

2. The purpose of the work is to study the influence of the longitudinal velocities of electrons distribution in dense ribbon beams, which arises due to the presence of the accelerating voltage ripples, on the efficiency of beam-wave interaction in clinotrons oversized electrodynamic systems in millimeter and submillimeter ranges and on the radiation spectral characteristics for the frequency modulation modes implementation according to linear and by power rules. The object of research is the processes of formation and transportation of dense ribbon electron beams in a weakly inhomogeneous magnetic field, as well as the processes of beam-wave interaction in electrodynamic systems of clinotrons. Theoretical and practical results. The level accelerating voltage ripples of the was established, which does not distort the distribution of electron velocities, which is formed in the diode gun of the clinotron in the presence of a static magnetic field. Experimental results of continuous clinotrons in the frequency range of 200–400 GHz showed that the beam voltage stability of  $10^{-5}$  provides a spectral linewidth of about 1 MHz. A spectral linewidth of 1.18 MHz was demonstrated for a continuous 310 GHz to 360 GHz frequency range clinotron at an operating frequency of 346.4 GHz with an output power of 100 mW when the output voltage stability of the high voltage power supply was  $5 \times 10^{-6}$ . Novelty of scientific results. For the first time, the radiation spectral linewidth dependence on the resonance properties of the clinotrons electrodynamic system was obtained. Based on the obtained theoretical and experimental data, frequency modulation was implemented according to the rules of linear frequency modulation within one generation zone of clinotrons in millimeter and submillimeter ranges, and using a step frequency mode with transition between separated zones of generation in the clinotron in millimeter range. Research methods. Numerical solution of the Poisson equation and the motion of charged particles by the fourth-order Runge-Kutta method, self-consistent solution of the wave excitation equation and electron flow motion equation by the finite difference method. The experimental part was carried out according to the classical methods of measuring power and frequency for the terahertz range. Degree of implementation. The results of the work can be used in the creation of THz visualization systems with frequency modulation and with a constant frequency. Scope of use. Developed in the dissertation power system for clinotrons with additional PID stabilization circuits and the possibility of frequency modulation, can be used as a source of electromagnetic radiation in three-dimensional visualization tasks.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:**

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:**

**Підсумки дослідження:**

**Публікації:**

**Наукова (науково-технічна) продукція:**

**Соціально-економічна спрямованість:**

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:**

**Зв'язок з науковими темами:**

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Кулешов Олексій Миколайович

2. Kuleshov Oleksii M.

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., 01.04.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Маслов Вячеслав Олександрович

2. Maslov Viacheslav O.

**Кваліфікація:** д.ф.-м.н., 01.04.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Одаренко Євген Миколайович

2. Odarenko Yevhen M

**Кваліфікація:** д.ф.-м.н., 01.04.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Аверков Юрій Олегович

2. Averkov Yuriy O.

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., 01.04.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Єрмак Геннадій Павлович

2. Yermak Hennadii P.

**Кваліфікація:** к. ф.-м. н., 01.04.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## **VIII. Заключні відомості**

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

Ямпольський Валерій Олександрович

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

Ямпольський Валерій Олександрович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

**Реєстратор**

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



Юрченко Т.А.