



НИИЭФА
РОСАТОМ

**Акционерное общество «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова»
(АО «НИИЭФА»)**

дорога на Металлострой, дом 3, поселок Металлострой, Санкт-Петербург, 196641
Телефон (812) 464-89-63, факс (812) 464-79-79 E-mail: mail@niiefa.spb.su
ОКПО 08626377, ОГРН 1137847503067, ИНН / КПП 7817331468 / 781701001

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Доронина Григория Геннадьевича

**«Математическое моделирование двумерных эмиссионных систем на
основе полевых катодов»,**

представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.2.2 — математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ

Соответствующие научные центры практически всех стран проводят интенсивные экспериментальные разработки электронно-вакуумных приборов, работа которых основана на эффекте полевой эмиссии. При постановке эксперимента основная сложность заключается в том, что как полевая эмиссия электронов, так и транспортировка, и сама фокусировка электронного пучка обеспечивается электрическим полем, создаваемым электродами исследуемой системы. Поскольку ток полевой электронной эмиссии экспоненциально зависит от напряженности электрического поля, то эмиссионная способность эмиттера и необходимые условия транспортировки пучка взаимно влияют друг на друга. Поэтому необходимы предварительные расчеты основных характеристик электронных пушек на основе полевых катодов, основанные на применении аппарата математического и

33-06-332 от 26.03.2024

компьютерного моделирования, что указывает на **несомненную актуальность темы данной диссертации.**

Диссертационная работа Доронина Г.Г. состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы. Весь объем работы составляет 124 страниц, включая 36 рисунков, список литературы содержит 112 наименований. Во введении обоснована актуальность темы диссертации, практическая значимость, представлена цель работы и основные результаты, выносимые на защиту. Глава I посвящена моделированию диодной и триодной электронно-оптических систем на основе полевого катода с острой кромкой в цилиндрической системе координат. В Главе II представлен метод моделирования плоскосимметричных диодных эмиссионных систем с одиночными полевыми эмиттерами лезвийной формы, расположенными на плоской подложке. Главе III разработан метод моделирования плоскосимметричных периодических систем полевых эмиттеров лезвийной формы на плоской подложке с помощью произвольного числа заряженных плоскостей в декартовых координатах. Глава IV посвящена моделированию диодной системы на основе полевого острия лезвийной формы с заданным радиусом кривизны на вершине и с учетом диэлектрического покрытия. В Заключении сформулированы основные результаты работы.

Научная новизна и практическая значимость. Все результаты, представленные в диссертационной работе, являются новыми и получены впервые. В диссертации разработаны аналитические методы расчета диодных и триодных систем, представляющих собой важнейшую часть электронной пушки, которая позволяет получить пучок заряженных частиц и одновременно управлять самим процессом эмиссии. Формы полевых катодов могут сильно различаться в зависимости от назначения прибора. Диссертанту удалось получить аналитические решения, позволяющие рассчитать поле для каждой из представленных моделей. В литературе подобные расчеты были получены только при условии тонкого острия, когда длина острия намного больше его продольных размеров. Кроме того, одиночные полевые

острийные катоды дают небольшие значения эмиссионного тока. Увеличить ток позволяют многоострийные системы. Существует большое число экспериментальных исследований с массивами полевых катодов различной формы. В силу взаимного влияния множества эмиттеров друг на друга, теоретическое исследование подобного влияния, представленное в данной диссертации, позволит определить оптимальный набор геометрических параметров системы.

Достоверность и обоснованность теоретических выкладок и численных расчетов не вызывает сомнений и обосновывается наличием авторских публикаций в рецензируемых изданиях и участием в международных конференциях.

Данную работу, в целом, можно оценить положительно, однако следует привести следующие замечания:

1. В диссертации не приводится сравнение полученных эмиссионных характеристик с экспериментальными данными.
2. При создании пакета программ для расчета систем не приводятся данные о создании программного интерфейса.
3. Для расчета потенциала с помощью систем заряженных нитей или плоскостей в Главах I, II, III автор использует понятие виртуального катода, но не ставится вопрос о вычислении такой важной характеристики как радиус кривизны на вершине виртуального острия.

Заключение. Диссертация Доронина Григория Геннадьевича на тему «Математическое моделирование двумерных эмиссионных систем на основе полевых катодов» выполнена на высоком уровне и представляет собой законченную работу в актуальной области моделирования приборов вакуумной микро- и наноэлектроники. Текст диссертационной работы в достаточной мере отражен в опубликованных работах и прошел апробацию на международных конференциях. Результаты работы могут быть

использованы при чтении курсов по моделированию электронно-оптических систем и рекомендованы к использованию в научных лабораториях и предприятиях, проводящих экспериментальные исследования полевых эмиссионных приборов.

Диссертация Доронина Григория Геннадьевича на тему: «Математическое моделирование двумерных эмиссионных систем на основе полевых катодов» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Доронин Григорий Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

19.03.2024

Заместитель научного руководителя
доктор физ.-мат. наук, профессор



Ю.Н. Гавриш

Подпись Гавриша Ю.Н. заверяю:

Научный руководитель – заместитель
генерального директора по
технологиям электродвижения



О.Г. Филатов

Гавриш Юрий Николаевич, заместитель научного руководителя Акционерного общества «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова» (АО «НИИЭФА»), доктор физико-математических наук по специальности 01.04.20 - физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, профессор.

Адрес: 196641, Санкт-Петербург, пос. Металлострой, дорога на Металлострой, дом 3.

E-mail: gavrish@luts.niiefa.spb.su.

Тел.: +7(812) 464-80-55.