

Рисунок 2 – Выделение компонентов доменной структуры и автоматические расчет площади произвольной фигуры

Заключение. В результате проведенного исследования была разработана программа, которая помогает проводить расчет коэффициента униполярности доменной структуры сегнетоэлектрика. В дальнейшем программа будет усовершенствоваться, упрощая процесс расчета коэффициента униполярности.

1.Петраковская, А.В. Разработка методов автоматизации расчета униполярности доменной структуры / Петраковская А.В.; науч. рук. Кашевич И.Ф. // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Витебск, 22 апреля 2022 года. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2022. – С. 22–23. – Режим доступа: <https://ger.vsu.by/handle/123456789/32661/>. – Дата доступа: 11.09.2022.

2. Tkinter- Интерфейс Python для Tcl / Tk [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>. – Дата доступа: 19.08.2022.

3. OpenCV в Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/519454/>. – Дата доступа: 15.08.2022.

4. Формула площади Гаусса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Формула_площади_Гаусса. – Дата доступа: 15.08.2022.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ELCUT ДЛЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ИСТОЧНИКАХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С ПЛАЗМЕННЫМ ЭМИТТЕРОМ

Сковородко М.А.,

*ст. преподаватель УО «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой», магистр техн. наук, г. Новополоцк, Республика Беларусь
Научный руководитель – Антонович Д.А., канд. техн. наук, доцент*

Ключевые слова. Плазменный источник заряженных частиц, электронно-лучевые технологии, ELCUT.

Keywords. Plasma source of charged particles, electron beam technology, ELCUT.

В настоящее время при разработке новых современных технологий совместно с экспериментом является актуальным и активно используется численное моделирование.

Цель работы – показать преимущества создания численных моделей, благодаря использованию которых происходит исключение большого объема экспериментальных работ и появляется возможность корректировки и прогнозирования последствий реализуемых физических процессов после внесения изменений в параметры конструкций плазменных источников.

Материал и методы. Методологическую базу данной статьи составляет литература на научно-исследовательских трудов. В работе используется метод компьютерного эксперимента, с помощью которого рассматривается влияние различных физических про-

цессов на электронно-оптические свойства источников заряженных частиц с плазменным эмиттером.

Результаты и их обсуждение. Одним из вариантов решения задачи создания параметрической модели является применение программного комплекса ELCUT [1].

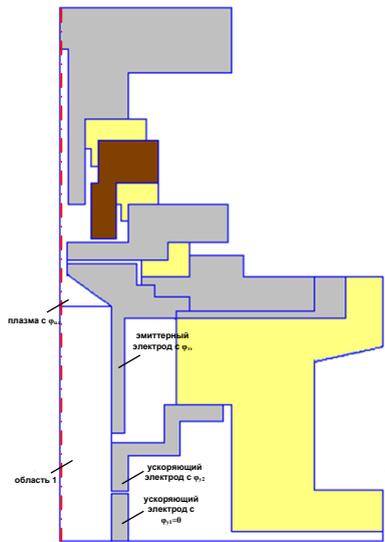


Рисунок 1 – Расчетная геометрия источника с расширителем и цилиндрическим ускоряющим электродом.

Серый цвет – сталь, коричневый – медь; желтый – капралон; красным цветом обозначена ось симметрии

Ниже представлен анализ распределения электрического поля, проведенный посредством данного пакета программ, для разработанной конструкции плазменного источника заряженных частиц с расширителем и ускоряющим электродом [2].

На рисунке 1 изображена электродная структура конструкции плазменного источника с расширителем и ускоряющим цилиндрическим электродом.

Распределение электростатического поля будем строить для области 1 (рисунок 1) для различных геометрических параметров конструкции и потенциалов эмиттерного (катодный и анодный) и ускоряющего электродов.

Поскольку область, находящаяся между плазмой и эмиттерным электродом, характеризуется толщиной

пристеночного слоя пространственного заряда, то падение потенциала на этом пристеночном слое в случае анодного потенциала эмиттерного электрода на порядок меньше, чем у эмиттерного электрода с катодным потенциалом. Таким образом, когда расширитель имеет анодный потенциал, то появляется возможность уменьшения диаметра канала, соединяющего область разряда и самого расширителя. При этом электронный ток из плазмы превышает бомовский ионный ток [3]. А при катодном потенциале расширителя диаметр соединяющего канала, наоборот, может быть увеличенным. Но тогда при расширении канала нарушается электрическая прочность ускоряющего промежутка и уход электронов на стенки канала практически отсутствует, а уход ионов равен бомовскому току [3]. В результате в обоих случаях в плазме, проникающей в расширитель, формируется градиент концентрации [4].

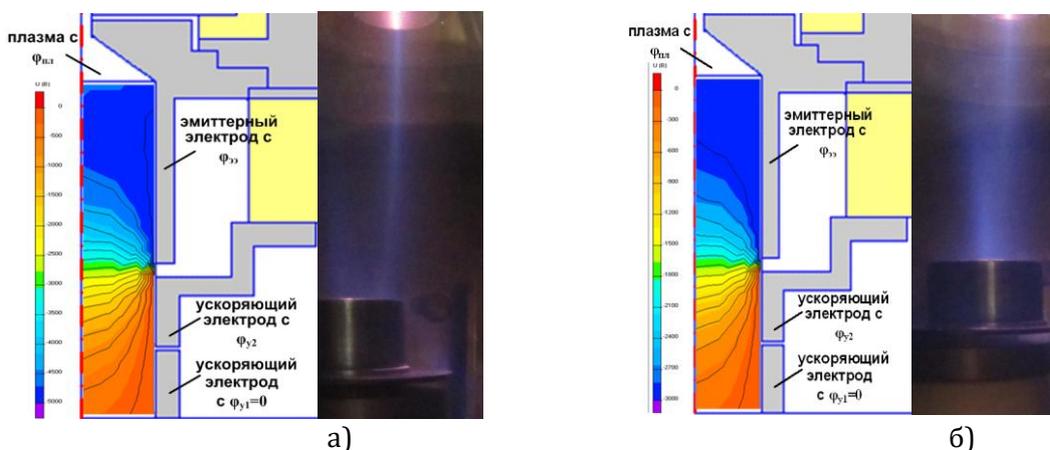


Рисунок 2 – Распределение электростатического поля и внешний вид пучка с:
а) катодным потенциалом эмиттерного электрода $\Phi_{э2}=0$ В, $\Phi_{ээ}=-5000$ В, $\Phi_{пл}=-4700$ В;
б) анодным потенциалом эмиттерного электрода $\Phi_{э2}=0$ В, $\Phi_{ээ}=-3000$ В, $\Phi_{пл}=-2950$ В.
(цветные линии – это эквипотенциальные поверхности)

На рисунке 2 представлены распределения электростатического поля области 1 и внешний вид электронного пучка для эмиттерного электрода с катодным потенциалом (рисунок 2, а) и анодным (рисунок 2, б). В ходе эксперимента, проведенного с использованием данных о распределении полей, оказалось, что форма электронного пучка соответствует форме пучка большого сечения у эмиттерного электрода с анодным потенциалом. А электронный пучок эмиттерного электрода с катодным потенциалом получить такого же сечения как сечение расширителя, не удастся.

Для формирования более сфокусированного пучка можно использовать комбинированный ускоряющий электрод, состоящий из нижней части с нулевым потенциалом и верхней части с более высоким потенциалом. Полученная картина поля и внешний вид электронного пучка приведены на рисунке 3.

Анализируя представленные распределения полей можно сделать вывод, что наиболее эффективно использование эмиттерного электрода с анодным потенциалом. Однако, эксперименты с реальными плазменными источниками показывают, что при использовании электрода-расширителя с катодным потенциалом стабильность эмиссии выше.

Может быть реализован еще вариант, в котором возможна регулировка потенциала эмиттерного электрода в диапазоне между катодным и анодным. С одной стороны, получаем преимущества эмиссии от каждого из способов, но с другой стороны, при этом значительно усложняется система электропитания, что нецелесообразно.

В случае с изолированным электродом, потенциал такого электрода формируется при равенстве электронного и ионного токов на стенки эмиссионного канала. Относительно потенциала плазмы стенки эмиссионного канала приобретают отрицательный потенциал, концентрация проникающей в канал плазмы снижается. Однако осевой градиент потенциала плазмы не образуется из-за равенства токов на эмиттерный электрод.

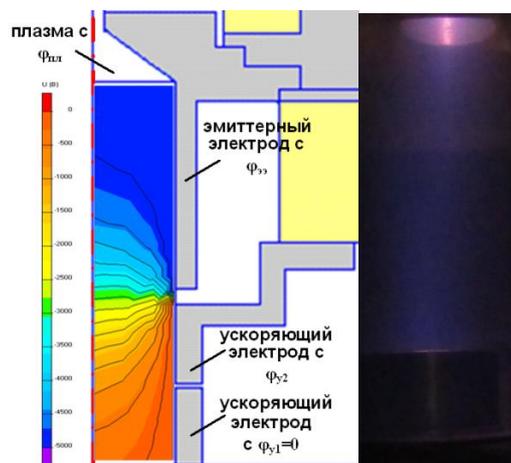


Рисунок 3 – Распределение электростатического поля и внешний вид электронного пучка комбинированного ускоряющего электрода.
 $\varphi_{у2}=100$ В, $\varphi_{ээ}=-3000$ В, $\varphi_{пл}=-2950$ В

Вариант распределения электростатического поля в системе с изолированным электродом представлен на рисунке 4 в сравнении с системами катодного и анодного потенциала на эмиттерном электроде.

Сделав анализ данных распределений электростатического поля с плавающим потенциалом, делаем вывод о перспективном использовании данной системы в целях повышения стабильности эмиссии.

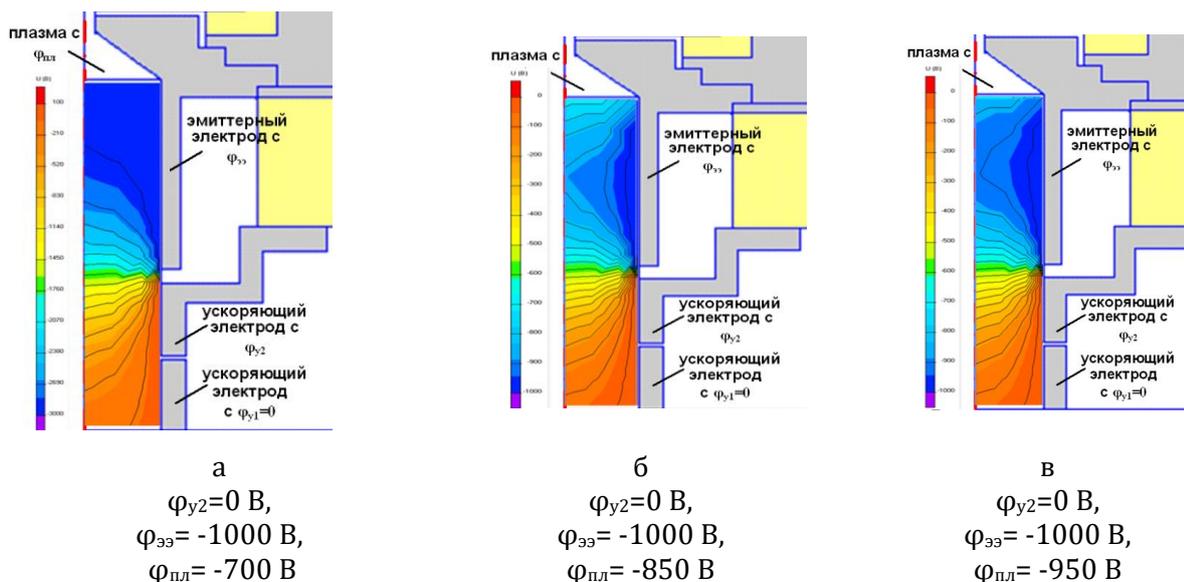


Рисунок 4 – Распределение электростатического поля при а) катодном потенциале эмиттерного электрода; б) плавающем потенциале эмиттерного электрода; в) анодном потенциале эмиттерного электрода

Заключение. Применение современного программного комплекса ELCUT при разработке конструкций плазменных источников заряженных частиц и численных расчетах параметрических моделей способно упростить и ускорить процесс создания новых конструкций источников заряженных частиц с плазменным эмиттером для реализации электронно-лучевых технологий.

1. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Версия 5.10: руководство пользователя. – СПб.: ООО «Тор», 2012. – 356 с.
2. Plasma emission systems for electron- and ion-beam technologies / D. Antonovich [et al.] // High Temperature Material Processes: An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes. – 2017. – Vol. 21, issue 2. – P. 143–159.
3. Плазменные эмиссионные системы с ненакаливаемыми катодами для ионно-плазменных технологий / В.Т. Барченко [и др.], под общ. ред. В.Т. Барченко. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. – 220 с.
4. Разработка и применение источников интенсивных электронных пучков: сб. науч. тр. / науч. ред. Г.А. Месяц. – Новосибирск. – Наука, 1976. – 191 с.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ МАССИВА

Хайдина Е.Ю., Кузьмич Д.А.,

студенты 2 курса УО «ВГТУ», г. Витебск, Республика Беларусь

Научные руководители – Мандрик О.Г., магистр экон. наук, ст. преподаватель;

Стасеня Т.П., ст. преподаватель

Ключевые слова. Объектно-ориентированное программирование, среда Delphi, свойства и методы, базовые компоненты, алгоритмы, подпрограммы.

Keywords. Object-oriented programming, Delphi environment, properties and methods, basic components, algorithms, подпрограммы.

В работе рассматривается тема объектно-ориентированного программирования, понятие объектов и классов на примере создания приложения для построения математической последовательности, именуемой рядом Фибоначчи и расчете пропорционального соотношения ее элементов, которое будет стремиться к «золотому сечению».