

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора ИПФ РАН
по научной работе, д.ф.-м.н.
Глявин Михаил Юрьевич



«20» октября 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Климова Александра Сергеевича «Генерация электронных пучков в форвакуумной области давлений на основе плазменно-эмиссионных разрядных систем с полым катодом», представленной на соискание степени доктора технических наук по специальности «01.04.04 – Физическая электроника».

Актуальность темы исследований

Электронные пучки, формируемые источниками на основе разрядной системы с ненакаливаемыми электродами успешно применяются для обработки электропроводящих (металлических) материалов. Основной особенностью таких источников является возможность концентрации достаточно большой энергии на сравнительно малом участке обрабатываемой поверхности. По этому параметру электронный пучок превосходит, по видимому, все известные источники нагрева, уступая лишь лазерному лучу. Развитие электронно-лучевых технологий связано с появлением новых направлений требующих совершенствования существующих и создания новых источников электронных пучков. Среди таких перспективных и актуальных направлений исследований можно выделить электронно-лучевую обработку диэлектрических, в частности керамических материалов с учетом их все большего применения в различных областях техники. Указанные задачи требуют совершенствования существующих источников с целью повышения плотности тока в электронном пучке и главное, решения проблемы накопления заряда на диэлектрике при его облучении пучком. В этой связи тематика представляемой диссертационной работы, связанная с созданием основ электронно-лучевой технологии обработки диэлектриков на основе оригинальных плазменных источников электронов, работающих при повышенных (форвакуумных) давлениях, когда при транспортировке пучка в вакуумной камере образуется плазма, ионы которой обеспечивают компенсацию заряда на поверхности

диэлектрических материалов, несомненно является актуальной, как с научной, так и с практической точек зрения.

Научная новизна исследований и полученных результатов

Рассматриваемая работа содержит значительный объем исследовательской части. К наиболее значимым новым научным результатам может быть отнесено следующее.

1. Определены факторы, влияющие на повышение рабочего давления плазменных электронных источников. Показано, что высоковольтный тлеющий разряд, возникающий в ускоряющем промежутке источника при повышении рабочего давления, является основной причиной ограничения рабочего давления. При подавлении высоковольтного тлеющего разряда (существенном уменьшении его тока) за счет изменения геометрии ускоряющего промежутка источника удалось добиться существенного повышения предельного рабочего давления - достигнутый уровень рабочего давления – 100 Па при работе на воздухе является рекордным для источников подобного типа.

2. Существенно повышена плотность тока ленточного электронного пучка при сохранении его однородности. Показано, что наиболее оптимальным способом повышения плотности эмиссионного тока является использование катодной полости с различной шириной в поперечном сечении. Оптимизация взаимного влияния широкой и узкой частей полости позволяет в несколько раз увеличить плотность извлекаемого электронного тока.

3. На основе исследования влияния геометрии ускоряющего промежутка электронного источника на его параметры в форвакуумной области давлений удалось получить слаборасходящийся ленточный электронный пучок, а также узкофокусированный цилиндрический с плотностью мощности порядка 10^5 Вт/см².

4. Продемонстрирована возможность использования ленточного электронного пучка в качестве эффективного генератора протяженной плазмы в вакуумной камере транспортировки электронного пучка, исследована возможность регулирования в достаточно широких пределах температуры и концентрации электронов в образующейся плазме.

5. Показано, что при облучении непроводящих материалов в форвакуумной области давлений значительная часть приносимого электронами пучка заряда нейтрализуется ионами поступающими из пучковой плазмы, а также из плазмы несамостоятельного разряда, возникающего между облучаемой мишенью и стенками камеры. Указанное обстоятельство обусловило возможность непосредственной электронно-лучевой обработки керамических материалов.

6. Успешно продемонстрирована возможность эффективного использования разработанных электронных источников для таких технологических операций как сварка, пайка, сверление отверстий, спекания, испарения керамических материалов.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Защищаемые положения и выводы, представленные в диссертационной работе Климова А.С., достаточно хорошо аргументированы, достоверность полученных результатов хорошо обоснована и подтверждается использованием различных дублирующих друг друга методик. Представленные в работе экспериментальные результаты не противоречат данным, описанным в работах других исследователей, и допускают непротиворечивую теоретическую интерпретацию. Материалы диссертации достаточно подробно опубликованы в открытой печати и апробированы на Международных и Всероссийских конференциях.

Практическая значимость

Результаты представленных в диссертации исследований расширяют представления о явлениях и процессах, имеющих место как в разряде с полым катодом, так и в источниках на основе такого разряда при генерации, формировании и распространении электронных пучков в диапазоне давлений 1-100 Па. Параметры разработанных источников электронных достигнутые в данной работе, на сегодняшний день являются рекордными. Разработанные источники обеспечивают возможность электронно-лучевой плавки, сварки, спекания диэлектрических материалов, в частности высокотемпературных керамик.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные в работе результаты могут быть использованы в научно производственных компаниях занимающихся разработкой и применением электронных источников. полученные научные знания могут быть рекомендованы для использования в Институте сильноточной электроники СО АН РФ (г. Томск), Институте электрофизики УрО АН РФ (г. Екатеринбург), НИИ ЭФА им. Ефремова (г. Санкт-Петербург), ФИЦ ИПФ РАН (г. Нижний Новгород) и других вузах и НИИ.

Замечания по работе.

1. Обсуждение механизма компенсации заряда электронов на изолированной мишени ионами из пучковой плазмы проведено без сравнения потоков частиц обоих знаков. Это не позволяет с полной уверенностью говорить о справедливости предложенного механизма.

2. Не смотря на высокий уровень достигнутых рабочих давлений электронного источника использование его для технологических целей описанное в работе ограничено уровнем 20 Па. Применение источника в области более высоких давлений отсутствует.

3. При обсуждении разработанных электронно-лучевых технологий было бы полезно провести сравнение их эффективности (где это возможно) с традиционными, лазерными, микроволновыми.

Заключение

Отмеченные недостатки не снижают научный уровень представленной работы, имеют не принципиальный характер и не затрагивают сущности основных положений, представленных к защите.

В целом диссертация Климова А.С. является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований, решена научная проблема генерации непрерывных электронных пучков форвакуумными плазменными источниками для электронно-лучевой обработки высокотемпературных керамик, имеющая важное хозяйственное значение для развития электронно-лучевых технологий.

Диссертационная работа соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ от 24.09.13 №842 (ред. От 20.07.2014), а ее автор заслуживает присвоения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.04 – «Физическая электроника».

Отзыв на диссертационную работу утвержден на заседании научного семинара отдела «Физики плазмы» №120 ФИЦ ИПФ РАН, 13 октября 2016.

Отзыв составил научный руководитель

направления «Физика плазмы»,

д.ф.-м.н., проф.



Голубев Сергей Владимирович

Зав. отделом. №120

д.ф.-м.н., проф.



Семенов Владимир Евгеньевич

Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ФИЦ ИПФ РАН), 603950, г. Нижний Новгород. БОКС - 120, ул. Ульянова, 46, Тел. (831)4321477, Факс (831)4189042, E-mail: dir@appl.sci-nnov.ru, <http://www/ipfran.ru>