

ОТЗЫВ

о диссертационной работе Куркучекова В.В. «ПРОСТРАНСТВЕННО-УГЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА, ПОЛУЧЕННОГО В МУЛЬТИАПЕРТУРНОМ ИСТОЧНИКЕ С ПЛАЗМЕННЫМ ЭМИТТЕРОМ», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Актуальность избранной темы.

Интерес к релятивистским электронным пучкам обусловлен возможностью использования их для разогрева плазмы до высоких температур в установках управляемого термоядерного синтеза, получения мощного рентгеновского излучения, а также излучения СВЧ-диапазона, возбуждения квантовых генераторов, модификация поверхности материалов, моделировании тепловых нагрузок на элементы конструкции в термоядерных установках. На сегодняшний день созданы ускорители, позволяющие получать пучки мощностью в десятки гигаватт с энергией электронов в миллионы электронвольт. Современные ускорители такого класса являются установками, требующими интеллектуальных и материальных ресурсов в масштабе целого государства. Менее мощные электронные пучки – слабoreлятивистские с мощностью в несколько мегаватт позволяют проводить исследования взаимодействия электронного пучка с плазмой в открытой ловушке с термоядерными параметрами, а также для моделирования теплового воздействия на элементы конструкции и материалы будущих термоядерных установок. Преимущество использования электронного пучка для теплового воздействия заключается в возможности варьирования мощности воздействия в широком диапазоне и однородность теплового воздействия за счет управления радиальным распределением плотности мощности пучка. Достижение требуемого уровня воздействия в таких установках обуславливается использованием широкоапертурного электронного пучка, поскольку при этом отпадает необходимость сканирования пучком по поверхности материала, приводящая к сложности фокусировки пучка и повреждению материала. С точки зрения применения широкоапертурного электронного пучка важными являются радиальное распределение плотности мощности, а также его угловая расходимость. Знание степени однородности электронного пучка, а также способов управления однородностью позволяет осуществлять контролируемое тепловое воздействие и проводить более точные исследования. Угловые характеристики пучка также важны при транспортировке электронного пучка и компрессии его во внешнем магнитном поле.

В связи с вышеизложенным, тема диссертационной работы, посвященная исследованию пространственно-угловых характеристик слабoreлятивистского электронного пучка, представляется актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В диссертационной работе представлено решение ряда конкретных задач, среди которых особо следует выделить создание диагностики для измерения угловых и пространственных характеристик пучка при его транспортировке, создание изображающей рентгеновской диагностики для измерения вклада каждой отдельной апертуры ЭОС в полный ток, измерение угловой расходимости электронного пучка, а также определение влияния геометрии ЭОС на эту расходимость. При решении каждой из задач получены оригинальные результаты, ставшие основой для формулировки выносимых на защиту научных положений. Обоснованность результатов определяется детальным обзором существующих методов диагностики релятивистских электронных пучков. В работе использованы научные публикации ведущих российских и зарубежных авторов по теме диссертационного исследования, что подтверждается соответствующими ссылками в тексте диссертации.

Выводы, сделанные автором, подтверждаются экспериментально, что позволяет судить об адекватности и обоснованности предложенных методов моделирования.

Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается скрупулезным изучением полученных в работах других авторов результатов по направлению исследований, сопоставлением их данных с собственными выводами. Полученные данные численного моделирования достаточно хорошо согласуются с экспериментом. Выводы по исследованию основаны на обработке большого массива данных.

При выполнении работ использована современная диагностическая аппаратура (быстрая цифровая камера SDU-285, комплекс CST Studio), применены хорошо проверенные методы исследований (метод измерения рентгеновского излучения прошедшего через конвертер, метод «rerreg rot»), алгоритм вычисления MTF по изображению размытия резкого края). Представленные в работе результаты неоднократно докладывались на самых авторитетных международных конференциях и симпозиумах, опубликованы в ведущих научных отечественных и зарубежных журналах.

В диссертационной работе приведен ряд новых результатов, к которым следует отнести следующие:

1. Определены условия получения однородного распределения плотности тока на мишени при формировании электронного пучка за счет эмиссии из множества отверстий электронно-оптической системы.
2. Показано влияние зарядовой компенсации электронного пучка и начальной угловой расходимости на дискретную структуру пучка.

3. Предложен подход, позволяющий измерить вклад каждой эмиссионной апертуры ЭОС в полный эмиссионный ток, а также определено влияние геометрии ЭОС на угловую расходимость электронного пучка.

Замечания по диссертации и автореферату

1. В п.1 научной новизны и первом научном положении присутствует на мой взгляд не совсем удачный термин - «гладкое распределение плотности тока» - что имел виду автор?

2. Второе научное положение выносимое на защиту сформулировано не совсем корректно – что означает - «размытию», о каком ведущем поле идет речь? (магнитное, электрическое).

3. В третьем положении говорится о получении пучков с достаточно большим поперечным сечением, при этом в положении указан диаметр ЭОС, а не диаметр электронного пучка. К тому же перепад тока эмиссии между центральным и периферийным апертурами составляет 70% что говорит о значительной неоднородности получаемого электронного пучка.

4. В качестве диаметра пучка на стр. 38 диссертации автор принял «минимальный диаметр окружности, описанной вокруг области занятой пикселями с яркостью превышающей 10% от максимальной яркости изображения» без каких-то пояснений, однако на стр. 78 в качестве «...радиуса пучка было принято значение 2σ , так как внутри данного радиуса содержится около 90% тока пучка...» с чем связана такая разница?

5. В работе следовало представить радиальное распределение концентрации эмиссионной плазмы и ее зависимость от параметров эксперимента, поскольку и от этого также зависит степень неоднородности самого пучка.

6. В тексте диссертации имеются некоторые неточности: На стр. 16 автореферата указано, что на рис. 6 есть красная и синяя кривая, хотя автореферат представлен в черно-белом цвете, хотя в тексте диссертации конечно этот рисунок в цвете. На стр. 18 диссертации в п. 3 научной новизны пропущена фраза «структуру пучка» в конце предложения. Стр. 22 – «Диаметр отверстий на катоде и аноде составлял 2/3 мм и 4,4 мм...» почему-то в одном случае дробь простая в другом десятичная? Стр. рис. 3.2, 3.3 и подобные им - не хватает масштабной линейки на рисунке.

Отмеченные недостатки не затрагивают сущности научных положений выносимых на защиту и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

В целом диссертационная работа Куркучекова Виктора Викторовича является научно-квалифицированной работой, имеющей научную и практическую ценность. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842,

а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Официальный оппонент, доктор технических наук,
старший научный сотрудник



Климов А.С.

Климов Александр Сергеевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник лаборатории плазменной электроники каф. физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

634050, г. Томск, проспект Ленина, 40.

Телефон: +7(3822) 510-530, e-mail: klimov@main.tusur.ru

Дата *31.08.20*

Подпись Климова А.С. удостоверяю,
Ученый секретарь ТУСУР



Прокопчук Е.В.