

Отзыв

официального оппонента на диссертацию Климова А.С. «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».

Электронно-лучевые технологии появились в пятидесятых годах прошлого столетия и до последнего времени применялись для обработки (плавки, сварки, резки, поверхностной модификации) металлов. Не без основания полагалось, что заряд, переносимый электронным пучком, препятствует обработке диэлектриков из-за заряжения обрабатываемого материала и последующего торможения и отклонения электронного пучка. В связи с работами, проводимыми в Томском университете систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) по электронным источникам с плазменным катодом это препятствие может быть снято. Для таких источников диапазон рабочих давлений может быть сдвинут до значений в единицы и десятки паскаль – «форвакуумную область» давлений. Столь высокие давления изменяют картину взаимодействия электронного пучка с диэлектрическим материалом, обеспечивая практически полное использование энергии пучка. Это обстоятельство заметным образом расширяет сферу применения электронно-лучевых технологий. В связи с чем, работа Климова А.С. посвященная исследованию электронной эмиссии из плазмы в «форвакуумной области» давлений и созданию соответствующих электронных источников, изучению взаимодействия электронного пучка с диэлектрическими материалами является актуальной как с научной, так и технической точек зрения.

Текст диссертации достаточно удачно структурирован, что в полной мере позволяет уяснить вклад автора в развитие представлений о формировании эмиссионной границы в разрядной системе с протяженным

полым катодом, особенностях эмиссии электронов и их распространении при повышенных давлениях. Заметным научным достижением следует признать установление факта и причин возникновения локальной неоднородности плазмы в щелевидном эмиссионном электроде электронного источника. Именно выяснение физической природы этого эффекта позволило автору работы предложить техническое решение, обеспечивающее генерацию ленточного пучка с высокой однородностью по сечению. Значимым представляется определение двух компонентов пучка электронов при их эмиссии в условиях повышенных давлений, эмитируемыми собственно плазмой и электронами из эмиссионного электрода, бомбардируемого ионами, возникшими в высоковольтном тлеющем разряде ускоряющего промежутка. Это определяет режимы генерации пучка и работоспособность электронного источника. Заслуживает внимания результат транспортировки ленточного электронного пучка на значительное, ~ 20 см расстояние в отсутствие сопровождающего магнитного поля. Логическим завершением диссертационной работы стала глава, содержащая результаты исследования взаимодействия электронного пучка с изолированной металлической и диэлектрической мишенями. Убедительно показано, что в «форвакуумной области» давлений потенциал мишени, облучаемой электронным пучком, не превышает десятой доли ускоряющего напряжения. Автором диссертационной работы дано физическое объяснение такому эффекту. Отсутствие заметного накопления заряда создает возможность электронно-лучевой обработки диэлектриков. Такая обработка продемонстрирована на примерах плавки, испарения, сварки, спекания и поверхностной обработки керамики, а также получения металлокерамического соединения. Автор излагает и обосновывает свою точку зрения на результат инверсии тока при облучении электронным пучком образца карбида кремния, объясненный на основе представлений о термоэлектронной эмиссии, хотя как я отмечаю ниже, это не единственная причина такого поведения потенциала мишени. Изучение и

сопоставительный анализ описываемых явлений, включая проведение теоретического моделирования и использование нескольких экспериментальных методик получения результата обуславливают обоснованность и достоверность выносимых на защиту положений.

По работе можно сделать несколько замечаний.

1. Формулировка каждого из пунктов научной новизны не раскрывает сути самого утверждения, того в чем заключается сама новизна.
2. Материалами приведенными в главе 1 автор определяет 3 ограничительных условия определяющих предельную величину давления остаточного газа плазменных источников, но не анализирует снижение электрической прочности по поверхности изолятора при повышении давления вплоть до 10-ов Па.
3. В тексте диссертации присутствуют неточности. Диаметр пучка (формула 3, рис7), ширина щели прямоугольного полого катода (рис11) и толщина слоя между пучковой плазмой и эмиссионным электродом обозначаются одной и той же буквой – d. Присутствуют некорректные определения, обозначения, например «ширина выходной апертуры», «релаксация пучка», «плазменный электронный пучок». В тексте диссертации присутствуют ошибки, например рис.5.2, 5.3. обозначения 4 и 7 перепутаны, рис. 5.41 – без пояснений.
4. Автор связывает потери энергии электронов пучка только с «неупругими столкновениями с атомами газа», но именно для атомарных газов существенны потери энергии электронов за счет упругих столкновений. Автор скорее всего здесь под термином атомарный газ понимает чистые газы, а не газовые смеси. Взаимодействие же где превалируют потери энергии за счет неупругих столкновений это молекулы газа, что и присутствует в работе.

Отмеченные недостатки не затрагивают сущности научных положений, выносимых на защиту. Диссертационная работа соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ от 24.09.13 №842. Автор работы – Климов Александр Сергеевич достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

Официальный оппонент: Заведующий лабораторией №1 ИФВТ ТПУ,
доктор технических наук, профессор

Ремнев Геннадий Ефимович

634050, г. Томск, пр. Ленина 2а, корп.11г,
ТПУ, ИФВТ, тел.: 8 (3822) 60 64 05
E-mail: remnev@tpu.ru

Подпись Ремнева Г. Е. удостоверяю

Учёный секретарь Учёного совета ТПУ



/О.А. Ананьева/