

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию Семенюк Натальи Степановны

«Нестационарная кинетика начальной стадии высоковольтного пробоя газоразрядных промежутков», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.02 – вакуумная и плазменная электроника

Младший научный сотрудник Наталья Степановна Семенюк выполнила диссертационную работу в лаборатории теоретической физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО РАН).

Электрический газовый разряд используется в широком классе устройств и приборов плазменной электроники (газоразрядные источники спонтанного и когерентного оптического излучения, плазменные источники заряженных частиц, плазменные устройства различного технологического назначения и т.п.). Ключевую роль в работе этих устройств играет начальная стадия развития разряда – электрический пробой газонаполненного промежутка. Способы реализации пробоя в практической деятельности отличаются большим разнообразием физических условий, что требует от разработчиков глубокого понимания сложных фундаментальных процессов, сопровождающих это явление. Высокая степень нестационарности процесса (длительность стадии пробоя в большинстве технических устройств лежит в субмикросекундном, а в некоторых случаях даже субнаносекундном диапазоне времен) делает его трудным объектом, не только для экспериментальных, но и для теоретических исследований. Так, при описании пробоя в принципе нельзя ограничиться стационарными уравнениями. В области низких давлений газа, когда столкновения между частицами становятся редкими, очень проблематичной становится использование уравнений в частных производных для жидкостной модели плазмы. Сверхкороткие времена и высокие напряженности поля делают заведомо неадекватным использование равновесных функций распределения для описания ансамблей плазменных частиц в разрядных процессах. В этом контексте, применение современных методов физической кинетики для всестороннего описания неравновесного процесса электрического пробоя в широком диапазоне давлений газа и коротких длительностей импульса приложенного напряжения представляется, несомненно, актуальным.

В диссертации Семенюк Н. С. на базе нестационарной кинетики заряженных частиц теоретическим методом исследуются ключевые закономерности электрического пробоя, которые позволяют, как по-новому интерпретировать известные экспериментальные факты, так и правильно предсказать и/или объяснить некоторые наблюдаемые тенденции.

В представленной диссертации впервые на базе кинетического уравнения Больцмана для электронов описана нестационарная кинетика электронного газа при пробое газонаполненного диода в плоской и коаксиальной геометрии. Теория позволяет рассчитать все характеристики быстрого разряда, включая генерацию в нем очень малочисленной фракции убегающих электронов, и адекватно учесть их влияние на всю плазменную электродинамику разряда. Впервые в кинетической модели импульсного разряда была учтена дискретность эмиссии первичных автоэлектронов на катоде, что позволило правильно рассчитать характеристики быстрого разряда с убегающими электронами в режиме так называемого «одноэлектронного инициирования пробоя». Также впервые решена детерминистическая одномерная задача нестационарной кинетики электронов и ионов, позволяющая во всех деталях проследить механизм формирования ионного потока на анод на начальной стадии разряда низкого давления, в том числе с кинетическими энергиями ионов, превышающими приложенное к промежутку напряжение (умноженное на элементарный заряд).

Представленная диссертация позволяет детально изучить механизмы генерации заряженных частиц в сильных нестационарных электрических полях, рассмотреть пространственно-временную структуру, как разрядов низкого давления, так и разрядов повышенного давления с убегающими электронами при масштабных вариациях условий задачи: давление и сорт газа, геометрия промежутка, условия предварительной ионизации, эмиссионная способность катода и т.п. В диссертации даются теоретически обоснованные ответы на многие вопросы, возникающие в технической и экспериментальной практике данных разрядов (критерии появления убегающих электронов в разрядах с крутым или пологим фронтом импульса напряжения, влияние эмиссионных свойств катода, особенности регистрации пучка электронов, прошедшего через фольги разной толщины).

Сформулированные в диссертации научные положения и выводы хорошо согласуются с экспериментально наблюдаемыми тенденциями и не противоречат результатам, полученным другими исследователями в рамках иных теоретических подходов.


Основные результаты по теме диссертации изложены в 26 печатных работах: одна из которых является главой в монографии, а 15 представляют собой статьи в рецензируемых журналах (Письма в ЖТФ, Известия вузов.Физика, Europhysics Letters, IEEE Transaction on Plasma Science, Applied Physics Letters, Plasma Sources Science and Technology, Matter and Radiation at Extremes и др.), включённых в Перечень научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание учёных степеней кандидата и доктора наук.

Диссертация Натальи Степановны Семенюк является самостоятельной, законченной и оригинальной научно-исследовательской работой. Автор принимала непосредственное и основное участие в создании диссертационной работы, в написании статей и монографии по тематике диссертации, в проведении расчётов и обработке экспериментальных результатов. Текст диссертации написан автором лично.

Я полагаю, что диссертация Н. С. Семенюк является законченной научно-квалификационной работой, в которой решен ряд физических задач, имеющих большое значение для развития соответствующих разделов вакуумной и плазменной электроники.

На основании изложенного полагаю, что представленная диссертация соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Семенюк Наталья Степановна заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.02 – вакуумная и плазменная электроника.

Научный руководитель,
Зав. лабораторией теоретической физики,
д-р физ.-мат. наук, профессор
634055, г. Томск, пр. Академический 2/3, ИСЭ СО РАН
Тел.сот. +7-960-976-8229
kozyrev@to.hcei.tsc.ru

 А. В. Козырев

Подпись А.В. Козырева удостоверяю,
Ученый секретарь ИСЭ СО РАН, к.т.н.

 О. В. Крыгина

