

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Александра Сергеевича Смирнова на диссертацию Калинина Сергея Александровича «Исследование процессов электрического пробоя газов в длинных разрядных трубках», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы

Диссертация Калинина С.А. посвящена изучению процессов, происходящих при зажигании тлеющего разряда в длинных разрядных трубках, длина которых много больше размеров электродов. Такие трубки широко применяются в светотехнике: это энергосберегающие люминесцентные лампы, в том числе компактные, лампы для декоративной подсветки и газосветной рекламы, инсектицидные лампы; такую форму имеют также лампы для накачки активной среды лазеров. Первые попытки изучить механизм зажигания разряда в длинных трубках были сделаны Дж. Дж. Томсоном еще в конце XIX века. После этого к 60-м годам XX века сформировались основные представления о пробое длинных трубок. Дальнейшее развитие светотехники и появление компактных люминесцентных ламп вызвало в конце 80-х годов вторую волну исследований пробойных процессов в таких трубках. Однако и по сей день физическая картина пробойных процессов в длинных разрядных трубках остается неполной. Это определяет актуальность темы диссертации.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и двух приложений. **Во введении** показана актуальность темы исследований, обоснована их научная новизна и практическая значимость. Определены объекты исследований и поставлены основные задачи исследований.

**Первая глава** посвящена обзору литературы по пробую длинных трубок. Кроме того, в ней изложены основные представления о пробое газа, его механизмах, видах и характеристиках. Подробно освещен механизм пробоя, связанный с волной ионизации, эксперименты по ее наблюдению и подходы к теоретическому описанию и моделированию.

**Вторая глава** посвящена описанию экспериментальной установки. Современный уровень электронной аппаратуры, созданной диссертантом, позволял осуществлять синхронную запись электрических и оптических сигналов с высоким временным разрешением для комплексного исследования пробойных процессов.

**Третья глава** посвящена отсутствовавшему ранее экспериментальному доказательству существования первичного пробоя между высоковольтным электродом и ближайшим участком стенки трубки как начальной фазы зажигания разряда. В ней также представлены результаты измерений параметров волны ионизации, включая её

спектральный состав. Эксперименты проводились в смеси аргон-ртуть. Экспериментальное доказательство существования первичного пробоя было получено благодаря синхронной записи электрических и оптических сигналов во время пробойных процессов. На основании спектральной диагностики волны ионизации была также произведена оценка электрического поля в волне. Стоит отметить, что такой метод является не возмущающим исследуемый объект, в отличие от электростатических методов, применяемых в предыдущих работах.

**Четвертая глава** посвящена исследованию пробоя в трубке с незаземленным низковольтным электродом и возникающего при этом «обратного пробоя» – эффекта, впервые обнаруженного в данной работе. Исследование проводилось в смеси неон-аргон. Обратный пробой происходит после окончания импульса напряжения при незаземленном втором электроде. Как и в случае первичного пробоя, от него возникает волна ионизации, распространяющаяся в том же направлении, но при этом переносящая заряд обратного знака. Исследования показали, что волна обратного пробоя полностью снимает заряд оставленный волной первичного пробоя. В этой части работы, кроме того, установлено, что, пока волна ионизации первичного пробоя не достигла области низковольтного электрода, пробойные процессы протекают одинаково независимо от того, заземлен этот электрод или нет. Этот факт подтверждает современные представления о пробойных процессах в длинных трубках.

**Пятая глава** посвящена исследованию влияния экранировки на пробойные процессы. В большинстве предыдущих работ разрядная трубка помещалась в электростатический экран определенного (как правило, небольшого) диаметра. При этом никак не учитывалось влияние экрана на пробойные процессы. Для того, чтобы определить степень воздействия экранировки, в данной работе были проведены эксперименты с проводящими экранами различного диаметра. Исследования проводились на двух трубках, наполненных смесями аргон-ртуть или неон-аргон. Результаты исследований показали наличие сильного влияния экрана на процессы пробоя, особенно заметные при уменьшении его диаметра.

**В Заключении** сформулированы основные результаты, полученные в работе. **В Приложении «А»** приведены схемы управления и временные диаграммы функционирования электронных узлов. **В Приложении «Б»** приведен вывод формул моделей первичного и обратного пробоя

По диссертации можно сделать следующие замечания:



- 1) При моделировании пробоя емкость и сопротивление используются как подгоночные параметры. Однако, величину емкости можно довольно точно рассчитать, особенно для экспериментов с экранами. Величину сопротивления также можно оценить по измеренному электрическому полю на фронте волны.
- 2) К сожалению, в диссертации приводится только электротехническое моделирование пробоя. Было бы хорошо провести моделирование физических процессов пробоя.


Данные замечания не снижают положительной оценки работы. Работа выполнена на высоком научном уровне, с использованием современной техники эксперимента. Все полученные результаты являются новыми и представляют большой интерес для физики газового пробоя. Диссертация Калинина Сергея Александровича на тему: «Исследование процессов электрического пробоя газов в длинных разрядных трубках» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Калинин Сергей Александрович заслуживает присуждение ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Член диссертационного совета

доктор физико-математических наук, профессор

профессор СПбПУ

15 сентября 2019

Подпись   
УДОСТОВЕРЯЮ  
Ведущий специалист  
по кадрам Климовичев  
«15» 09 2019

А.С. Смирнов

