

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ

УДК 537.523.9

DOI: 10.17223/00213411/64/2/136

Д.В. БЕЛОПЛОТОВ, А.А. ГРИШКОВ, Д.А. СОРОКИН, В.А. ШКЛЯЕВ

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОБОЯ ПРОМЕЖУТКА С РЕЗКО НЕОДНОРОДНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ***

Представлены результаты экспериментального исследования и численного моделирования с помощью кода ХООРИС пробоя промежутка «конус – плоскость», заполненного азотом при давлении 12.5–400 кПа, при отрицательной полярности. В эксперименте наблюдалось формирование диффузного разряда во всем указанном диапазоне давлений. При давлении азота до 200 кПа в промежутке формировался стример большого диаметра. При более высоком давлении наблюдалось формирование двух стримеров меньшего диаметра. При низком давлении азота формирование стримера начиналось на некотором расстоянии от катода. Численное моделирование показало, что в этих условиях электроны быстро покидают прикатодную область из-за высокой приведенной напряженности электрического поля. В моделировании учитывалось также возбуждение молекул азота. По соотношению $R_{391/394}$ интенсивностей излучения полос молекулярного иона N_2^+ и молекулы N_2 определялись динамика электронной температуры T_e и приведенной напряженности электрического поля E/p в плазме. По скорости перемещения вдоль промежутка максимума $R_{391/394}$ определялась скорость стримера. Полученные результаты сравниваются с результатами численного моделирования.

Ключевые слова: наносекундный разряд, пробой, волна ионизации, стример.

Введение

Интерес к исследованию наносекундных газовых разрядов в резко неоднородном электрическом поле вызван возможностями применения холодной плазмы этих разрядов. В процессах ионизации, возбуждения, диссоциации, рекомбинации рождаются разнообразные короткоживущие химически активные частицы, а также ультрафиолетовое излучение. С их помощью можно осуществлять обработку различных материалов и веществ, находящихся в газообразном, жидком и твердом состояниях. Целью такой обработки может быть, например, дезинфекция продуктов питания, упаковочных изделий, медицинских приборов, очистка сточных вод, выхлопных газов и многое другое.

К настоящему моменту накоплен большой массив результатов экспериментальных и теоретических исследований импульсного пробоя газов в резко неоднородном электрическом поле [1–12]. Тем не менее в ряде вопросов физики протекающих при пробое процессов нет единого мнения. Это вызвано сложностью и неоднозначностью интерпретации получаемых результатов при исследовании процессов формирования плазмы в условиях высокого перенапряжения, вызванного резко неоднородным распределением напряженности электрического поля и наносекундной длительностью импульсов напряжения. В результате длительность отдельных стадий может составлять десятки пикосекунд и менее. В этом случае совмещение экспериментальных исследований с численным моделированием позволяет глубже понять суть наблюдаемых явлений. В то же время корректные измерения физических величин и параметров протекающих процессов позволяют строить теоретические модели, адекватные реальным физическим процессам.

Хорошо известно, что при наносекундном разряде в азоте и воздухе, а также в других азото-содержащих смесях на стадии, когда реализуются достаточно высокие значения приведенной напряженности электрического поля E/p , происходит эффективное возбуждение молекул азота в C^3P_u -состояние, из которого они переходят в B^3P_g -состояние с испусканием фотонов [9, 13–15]. Посредством регистрации в эксперименте временного хода интенсивности излучения полос перехода $C^3P_u-B^3P_g$ (вторая положительная (2^+) система) [15], а также анализа динамики населенности C^3P_u -состояния [9] можно изучать процессы, протекающие при пробое. Кроме того, методы высокоскоростной съемки позволяют исследовать пространственно-временную динамику разряда, как это было сделано в работах [16, 17].

* Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда № 17-72-20072.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>