

ДИНАМИКА УПРАВЛЯЕМОГО СТРИМЕРНОГО РАЗРЯДА ПРИ УМЕРЕННЫХ ДАВЛЕНИЯХ ВОЗДУХА*

Э.А. Соснин^{1,2}, В.А. Панарин¹, В.С. Скакун¹,
Е.Х. Бакшт¹, В.С. Кузнецов¹, Д.А. Сорокин¹

¹ Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

На основе краткого анализа научных данных о стримерных разрядах предложено классифицировать стримерные разряды на свободные и управляемые. В воздухе при давлениях от 30 до 150 Торр получены управляемые стримеры (линейный и разветвленный). Методом высокоскоростной съемки определены скорости и структура свечения волн ионизации на старте, при торможении и в точке ветвления. Обнаружено, что свечение волны ионизации состоит из двух частей – основной волны и ее предвестника. Излучение предвестника значительно менее интенсивно, чем излучение основной волны, и содержит преимущественно 2^+ полосу N_2 , а также 1^- полосу N_2^+ . Этим, а также тем, что эксперименты проводились при умеренных давлениях воздуха, объясняется, почему ранее это свечение не наблюдалось. Полученные данные можно использовать для построения проверочных теоретических моделей явления.

Ключевые слова: стримерный разряд, волна ионизации, пониженное давление, фотоионизация.

Введение

Теоретическая концепция стримерного пробоя газов, появившаяся около восьмидесяти лет назад, стала основой ряда моделей, описывающих движение волн ионизации в различных условиях. Если волна ионизации движется против направления дрейфа электронов, то такой стример называется положительным или катодонаправленным. Благодаря высокому полю поляризации фронт волны ионизации, согласно гипотезе Рётера – Лёба – Мика [1, 2], испускает энергичные фотоны. Они ионизуют газ перед фронтом, а образовавшиеся электроны, притягиваясь к головке стримера, образуют лавины, что поддерживает поле на фронте. Впоследствии эту гипотезу подтвердили аналитически и численными расчетами (см., например, [3–8]). Электроны в головке стримера могут набирать энергию до 20 эВ [9]. Поэтому помимо ионизации, на фронте волны происходят диссоциация и возбуждение атомов и молекул, а также образование различных химически активных частиц.

Визуально стримеры представляют собой узкие светящиеся плазменные каналы (или так называемые плазменные шлейфы), прорастающие к электродам с высокой скоростью (10^5 – 10^7 м/с) из какой-либо точки разрядного промежутка, в которой тем или иным путем возникает возмущение поля.

Поскольку концентрация электронов в головке стримера высока, а сама головка имеет вытянутую форму, суммарное электрическое поле головки усиливается настолько, что стример способен развиваться и в слабых внешних полях. Благодаря этому стримеры наблюдаются в самых разных условиях.

Разделим стримеры на свободные и управляемые. Для первых характерно свободное распространение в промежутке или на диэлектрической подложке [10, 11], в том числе и на значительные расстояния. Если внешнее поле является импульсным, то каждый новый стример может двигаться по новой траектории и возникать не на электроде, а в разных частях пространства. Такая форма стримерного пробоя широко распространена и характерна, например, для разрядов в воздухе, таких как транзиентные световые явления средней и верхней атмосферы Земли (см. ссылки в [12]), апокампиский разряд [13, 14], коронный разряд [15] и др.

Во многих случаях визуальный трек стримера хаотически разветвляется и искривляется. Считается, что ветвление происходит, если ширина слоя пространственного заряда вокруг головки стримера превышает длину поглощения фотоионизирующего излучения [16].

Управляемые стримеры отличаются от свободных тем, что их световой след имеет определенную форму, заданную условиями эксперимента [17]. Так, используя предварительную лазер-

* Работа выполнена в рамках Государственного задания ИСЭ СО РАН, проект № FWRM-2021-0014, и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-32-90023.

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>