

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ СТРИМЕРЫ, ФОРМИРУЕМЫЕ В ВОЗДУХЕ И АЗОТЕ ПРИ НИЗКИХ ДАВЛЕНИЯХ*

В.Ф. Тарасенко, Е.Х. Бакшт, Н.П. Виноградов, Д.А. Сорокин

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

Приведены результаты экспериментальных исследований аналогов «столбчатых» красных спрайтов. Как известно, развитие таких спрайтов обусловлено формированием цилиндрических стримеров на высотах 50–100 км от уровня моря. Измерены скорости фронта плазменной диффузной струи (ПДС), полученной в лаборатории, которая является аналогом спрайта, а также зарегистрированы спектры ее излучения. Сделаны оценки величины приведенной напряженности электрического поля в ПДС на различных расстояниях от инициирующих разряд электродов. Установлено, что при давлениях воздуха 0.2–1.5 Торр форма и цвет струй, которые также являются цилиндрическими стримерами, соответствуют цвету и форме «столбчатых» красных спрайтов. Показано, что изменение цвета плазменных диффузных струй связано с увеличением приведенной напряженности электрического поля.

Ключевые слова: *стример, красный спрайт, плазменная диффузная струя, низкое давление воздуха, импульсно-периодический разряд.*

Введение

Плазма импульсных диффузных разрядов постоянно привлекает внимание исследователей и широко используется в различных областях. Начиная с конца прошлого столетия большое внимание стало уделяться изучению плазмы атмосферных разрядов на высотах 20–100 км от уровня моря [1, 2]. Эти разряды были названы транзитными световыми явлениями (ТСЯ) [1–20]. К ТСЯ относят красные спрайты, голубые струи, эльфы, гало и др. В формировании части из них основную роль играет стримерный механизм пробоя (см., например, [3, 8]). Наибольшее число публикаций в последние три десятилетия посвящено изучению красных спрайтов. Первое задокументированное наблюдение спрайтов опубликовано в [10], где приведены черно-белые фотографии этого явления. Цветное изображение красных спрайтов изначально было зафиксировано при съемке с борта самолета [11]. В последующие годы большое число фотографий спрайтов было получено как сотрудниками наземных лабораторий [4, 5], так и с летательных аппаратов [11], спутников [12] и Международной космической станции [13, 14]. Кроме того, в интернете можно найти большое число фотографий, сделанных профессиональными фотографами (см., например, [15]).

Физические процессы, происходящие при развитии красных спрайтов, которые определяют их инициирование, цвет, форму и спектральный состав излучения, исследовались многими научными группами. Наиболее важные результаты и история их получения суммированы в обзорах и книгах [3–5, 16]. Из опубликованных данных известно, что различают несколько видов спрайтов. На фотографиях наиболее часто приводятся «столбчатые» спрайты (column sprites [6, 16], их также называют columnar sprites [17]) и «морковные» (carrot-like sprites [18, 19]). Показано, что спрайты состоят из стримеров больших размеров, фронт которых движется в мезосфере как по направлению к Земле [3, 8], так и вверх [16–19] к термосфере. Кроме того, известно об одновременном формировании в едином спрайте большого числа стримеров, головки которых двигаются в различных направлениях [20]. Измерены скорости движения фронта стримеров [6, 7], зарегистрированы спектры излучения [2–7, 13] и другие характеристики.

Наиболее распространенные «столбчатые» спрайты напоминают столбы красного цвета, стартовые с высот 95–70 км и располагающиеся в пространстве вертикально отдельными группами. Так называемые «морковные» спрайты берут начало на высотах 80–75 км и на интегральных фотографиях имеют форму, напоминающую форму моркови с несколькими струями («корнями»), которые распространяются вниз [18, 19]. Вверх распространяются диффузные струи («листья»), которые формируются с некоторым запаздыванием относительно струй, распространяющихся к верхней границе грозовых облаков. Механизм их формирования также является стримерным, но из-за уменьшения давления воздуха они имеют форму диффузных конусов, которые вначале рас-

* Данное исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение № 075-15-2021-1026 от 15.11.2021.

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>