

УДК 537.525.99; 533.9.07

DOI: 10.17223/00213411/62/11/55

*А.В. КОЗЫРЕВ, В.Ю. КОЖЕВНИКОВ, А.О. КОКОВИН, В.А. ПАНАРИН, Н.С. СЕМЕНЮК, А.Г. СИТНИКОВ***ЭЛЕКТРОПОЛЕВОЙ МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ТОНКОЙ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ
В ОТКРЫТОМ АТМОСФЕРНОМ РАЗРЯДЕ ***

Проведены экспериментальные и теоретические исследования новой формы горения импульсно-периодического разряда в форме тонкой плазменной струи – апокампа. Показано, что для устойчивого формирования апокампа необходимо присутствие небольшого внешнего электрического поля, которое усиливается вблизи головки растущего стримера за счет хорошей проводимости плазменного следа. Экспериментально показано, что формирование апокампа инициируется внешним электрическим полем напряженностью ~ 1 кВ/см.

Ключевые слова: апокамп, импульсный высоковольтный разряд, стример, плазменная струя.

Введение

Впервые апокампиический разряд наблюдался в 2016 г. [1, 2]. Он представляет собой узкую светящуюся струю, отходящую от места изгиба плазменного канала высоковольтного частотно-импульсного разряда. Название происходит от греческого *από* «от» и *καμπή* «изгиб». Конвекция воздуха оказывала лишь слабое влияние на форму плазменной струи.

Дальнейшее изучение этого явления показало, что апокамп представляет собой не непрерывно горящую струю плазмы, а является частотно-импульсным наложением быстро движущихся «плазменных пульс». Поэтому было выдвинуто предположение о стримерной природе апокампа [3, 4] как последовательности коротких стримерных разрядов, распространяющихся вдоль протяженной области ионизованного газа, сохраняющейся от импульса к импульсу. В процессе специальных исследований были найдены необходимые условия существования такого вида разряда.

Во-первых, требовалось обязательное подключение одного из электродов к земле через емкостную нагрузку, то есть нахождение его под плавающим потенциалом. На второй электрод при этом подается импульсное напряжение положительной полярности с амплитудой 8–13 кВ, частота следования импульсов 16–96 кГц. Если второй электрод был накоротко заземлен, то явление апокампа не наблюдается.

Вторым обязательным условием роста апокампа является изгиб плазменного канала между электродами. Это достигается либо исходным расположением электродов под некоторым углом друг к другу (обычно это 120–140°), либо внесением искусственной диэлектрической преграды в уже сформировавшийся разрядный канал.

В-третьих, заметное влияние на образование апокампа оказывал химический состав газовой среды. Так, в атомарных газах апокамп практически не появляется, а если его зачатки и имели место, то они были обусловлены небольшими примесями молекулярных компонент. А вот присутствие электроотрицательных примесей (кислорода, галогеноносителей) обеспечивало устойчивое формирование апокампа.

Надо отметить, что, как и любое трехмерное явление, апокамп очень сложно моделировать на теоретическом уровне [4]. Для получения тонкой струи приходилось вводить в теоретическую модель или инициирующую плазменную структуру, и/или неоднородный профиль разреженности газа. И только введение в модель сравнительно слабого среднего электрического поля позволило получить ярко выраженную самосогласованную расчетную картину явления апокампа. Необходимость присутствия электрического поля было подтверждено прямым экспериментом. Описание эксперимента излагается в этой работе.

Экспериментальные исследования

Блок-схема экспериментальной установки показана на рис. 1. Между двумя острийными электродами из нержавеющей стали радиусом 2 мм с углом при вершине 150° и радиусом скруг-

* Работа поддержана грантом РФФИ, проект № 19-08-00286.

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>