

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА В ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ

Мюсова А.Е., Луценко Ю.Ю.

Научный руководитель: Луценко Ю.Ю., д.ф.-м.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: luts@mail.ru

Высокочастотный факельный разряд широко используется для проведения различных плазмохимических процессов, в том числе и протекающих в восстановительных средах. Восстановительные среды используются для получения чистых металлов из их оксидов, в одностадийном процессе, без использования доменного производства. В качестве восстановительных сред используются метан и смесь метана с водородом. Заметим, что эти газы относятся к лёгким газам, имеющим удельный вес меньше удельного веса воздуха. При изменении удельного веса газовой среды изменяются также характеристики возбуждаемого в ней высокочастотного факельного разряда.

В настоящей работе рассмотрено влияние удельного веса газовой среды на электродинамические характеристики факельного разряда. При этом вместо взрывоопасных газовых сред, таких как метан и водород использовались инертные газы – гелий и смесь гелия с аргоном.

Измерения характеристик электромагнитного поля факельного разряда проводилось посредством емкостных зондов, перемещаемых вдоль плазмоида разряда. Емкостной зонд представлял собой медный штырь длиной 3 мм, сигнал с которого по линии с двойной экранировкой подавался на вход осциллографа. Исследуемый факельный разряд возбуждался в цилиндрической кварцевой камере диаметром 28 мм и длиной 500 мм. Частота электромагнитного поля составляла 37 МГц. Мощность разряда варьировалась от 0,5 до 2 кВт.

Заметим, что при горении факельного разряда в относительно тяжёлых газах, таких как воздух и аргон, затухание электромагнитного поля вдоль оси разряда [1,2] практически отсутствует. Форма канала разряда при этом близка к конусообразной. В случае же горения факельного разряда в лёгких газах наблюдается уменьшение амплитуды электромагнитного поля вдоль оси разряда. В гелиевой плазме амплитуда электромагнитного поля уменьшается в 2 раза, в смеси гелия с аргоном на 33...40% в зависимости от соотношения долей газов в смеси. Форма канала разряда при этом является цилиндрической.

Ранее было высказано предположение о существовании в канале факельного разряда наряду с «прямой» также и отражённой [1] электромагнитной волны. Данное предположение было подтверждено результатами высокоскоростной фотосъёмки волн свечения [2], распространяющихся в импульсном факельном разряде. В результате этих измерений было установлено, что в воздушной плазме разряда на конце его канала формируется стример. Формирование стримера создаёт возмущение, которое распространяется в виде обратной волны свечения. Волны свечения, распространяющиеся вдоль канала разряда, были отождествлены в работе [2] с фронтом электромагнитной волны.

Таким образом, фактором, обуславливающим появление в канале разряда отражённой электромагнитной волны, является рождение стримера. Рождение стримера в конце канала факельного разряда, на наш взгляд, обусловлено формой канала разряда, как правило, имеющего вид сходящегося конуса. На вершине конуса напряжённость электрического поля существенно возрастает, что создаёт условия для рождения стримера.

Полученные результаты позволяют высказать предположение, что при увеличении плотности плазмообразующего газа вклад отражённой электромагнитной волны в энергетический баланс разряда возрастает.

Заметим, что в случае канала разряда в виде сходящегося конуса невозможно интерпретировать экспериментальные результаты без предположения о наличии в канале разряда отражённой электромагнитной волны, так как при сужении диаметра канала затухание электромагнитного поля возрастает. В случае же факельного разряда, горящего в гелиевой плазме, имеющееся распределение электрического поля можно объяснить распространением вдоль канала разряда лишь одной электромагнитной волны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихомиров И.А., Луценко Ю.Ю. Взаимосвязь геометрии высокочастотного факельного разряда с характеристиками его электромагнитного поля // Журнал технической физики. – 1989. - № 11. – с.128-130.
2. Хальясте А.Я. Распространение волн свечения в одноэлектродном ВЧ разряде // Тез. докл. IV Всесоюз. конф. по физике газового разряда. Махачкала. 1988. Часть 1. С.135 – 136.