

## ОБ УСТАНОВЛЕНИИ СТАЦИОНАРНОГО РЕЖИМА НЕРАВНОВЕСНОГО ЭЛЕКТРОДНОГО СВЧ РАЗРЯДА В АЗОТЕ И ВОДОРОДЕ ПРИ ПОНИЖЕННЫХ ДАВЛЕНИЯХ

Карпов М.А. \*, Лебедев Ю.А., Мавлюдов Т.Б., Шахатов В.А., Эпштейн И.Л.

*Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Москва, Россия,  
[lebedev@ips.ac.ru](mailto:lebedev@ips.ac.ru)*

*\*Московский институт радиоэлектроники и автоматики, Москва, Россия*

Проведено экспериментальное и теоретическое исследования процесса возникновения электродного СВЧ (микроволнового) разряда (ЭМР) в азоте и водороде при пониженных давлениях. Эксперименты велись на установке, детально описанной в [1, 2]. Разрядная камера представляла собой цилиндр из нержавеющей стали диаметром 150 мм. Через вакуумный ввод в верхней крышке в камеру была введена цилиндрическая антенна диаметром 5 мм. Использовался СВЧ генератор Луч-58-1 со стабилизированным источником анодного напряжения магнетрона (частота 2.45 ГГц, выходная мощность до 180 Вт). Поглощенная плазмой мощность 5÷50 Вт. Измерения проводились в проточной системе. Объемный расход газов лежал в диапазоне 0.5÷200 станд. см<sup>3</sup>/мин, давление в камере изменялось в диапазоне 1÷6 Тор. Контроль и управление давлением и расходом газа осуществлялись с помощью автоматической измерительной системы с регулируемым вентилем (MKS Instruments). Процесс возникновения ЭМР исследовался с помощью наносекундных электронно-оптических камер (ЭОК) К-008 и К-011. ЭМР инициировался высоковольтным искровым разрядником, помещенным в канале электрода-антенны. Синхроимпульс для запуска ЭОК формировался с помощью фотодиодного датчика.

Моделирование процесса возникновения ЭМР проводилось на основе одномерной модели разряда в системе электродов со сферической симметрией [3,4], модифицированной для исследования нестационарных явлений. Пробой газа в нулевой момент времени имитировался заданием концентрации электронов вблизи центрального электрода, превышающем критическое значение ( $n_c \approx 7 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$ ). Последствия начального возмущения пропадали на временах порядка  $10^{-7} \text{ с}$ , и дальше шел процесс развития ЭМР. Это время совпадает со временем исчезновения искровой вспышки на фотографиях.

Эксперименты и расчеты показали, что за времена порядка  $10^{-7} \text{ с}$  происходит формирование яркой приэлектродной области разряда, а формирование сферической области происходит за времена порядка диффузионных ( $10^{-3} - 10^{-5} \text{ с}$ ). В первый момент у поверхности центрального электрода образуется область пространственного заряда, которая, размываясь, движется к внешнему электроду. В стационаре основной объем плазмы квазинейтрален. Все это подтверждает предположение о том, что ЭМР условно может быть разделен на две части: приэлектродной области, ответственной за генерацию зарядов и активных частиц и сферической, поддерживаемой диффузионными процессами.

Работа выполнялась при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 9, и гранта РФФИ № 07-08-00020.

### Литература

- [1]. Лебедев Ю.А., Соломахин П.В., Шахатов В.А. Физика Плазмы, 2008, Т.34, №7, с. 614
- [2]. Lebedev Yu.A., Mokeev M.V, Solomakhin P.V., Shakhmatov V.A., Tatarinov A.V., Epstein I.L. J. Phys. D: Appl. Phys., 2008 V.41, 194001
- [3]. Лебедев Ю.А., Эпштейн И.Л. Физика плазмы, 2007, Т. 33, с.68
- [4]. Лебедев Ю.А., Татаринов А.В., Эпштейн И.Л. Теплофизика высоких температур, 2008, т. 46, № 5, с. 645