

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ СВЧ МАГНЕТРОНА НА СТАБИЛЬНОСТЬ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПЛАЗМЫ СВЧ РАЗРЯДА

Тодин П.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

г. Минск, Республика Беларусь

Мадвейко С.И. – канд. техн. наук, доцент

В процессе работы технологического оборудования возникает необходимость контролировать состояния системы путем проведения корреляционного анализа ее параметров. Задача по прогнозированию и увеличению воспроизводимости параметров технологических процессов непосредственно связана со стабильностью работы технологической системы в целом. На примере изучения стабильности оптического излучения плазмы СВЧ разряда предложено проводить параметрический анализ технологической системы с использованием технологий визуализации аналитических данных в виде тепловых карт.

В процессе работы технологического оборудования возникает необходимость контролировать состояние технологической системы путем проведения корреляционного анализа ее одного или нескольких функциональных параметров, что дает возможность установить характер и степень влияния текущего уровня ее параметров с результатом воздействия. При проектировании технологических систем опираются на использование процедур анализа и синтеза [1]. Одним из важных этапов этого процесса может являться экспериментальный параметрический анализ технологической системы с использованием технологий визуализации аналитических данных, направленный на изучение влияния внешних и внутренних параметров системы на качество ее функционирования, конечной целью которого является выявление областей в пространстве параметров, обеспечивающих ее определенный количественный уровень [1].

Применительно к изучению вопроса воспроизводимости параметров технологического процесса СВЧ плазмохимической обработки материалов решалась задача по исследованию стабильности оптического излучения плазмы СВЧ разряда. Стабильность поддержания СВЧ разряда в молекулярных газах зависит от стабильности генерации электромагнитного излучения, генерируемого СВЧ магнетроном и изменения электрических параметров его источника питания [2].

При анализе зависимости между переменными использовался метод тепловых карт. Каждая цветовая ячейка отображает количество значений, попадающих в определенный интервал времени внутри импульса, [3], что в условиях большого количества данных позволяет более наглядно визуализировать экспериментальные данные и проще их анализировать.

Во время проведения экспериментов с помощью платы АЦП LA1,5-PCI синхронно записывались в цифровом виде осциллограммы анодного тока и напряжения электропитания СВЧ магнетрона, оптического излучения разряда и фонового СВЧ излучения от магнетрона.

На рисунке 1 показаны диаграммы распределений значений амплитуды анодного тока в импульсе и соответствующей ей амплитуды импульса интегрального оптического свечения плазмы на отдельных временных интервалах для минимальной и максимальной мощностей, генерируемых СВЧ магнетроном. Форма импульсов интегрального свечения плазмы практически повторяет форму импульсов анодного тока СВЧ магнетрона. На низких и средних мощностях импульсы имеют 2 пика. Первый пик характеризует электрические условия пробоя газовой среды, второй пик характеризует электрические условия поддержания СВЧ разряда. При мощности в 500 Вт прослеживается инерционность процесса плазмообразования, выражающаяся в нарастании амплитуды импульсов ($h_1 < h_2$). При этом сохраняется величина пульсаций в импульсе ($H_1 \approx H_2$), из чего можно сделать вывод об увеличении среднего значения величины интегрального оптического излучения.

При увеличении генерируемой мощности СВЧ магнетроном до 700 Вт при возбуждении и поддержании СВЧ разряда наблюдается уменьшение диапазона разброса амплитуды импульсов интегрального оптического свечения плазмы на всех временных участках ($H_3 \approx H_4$). При этих условиях питания СВЧ магнетрона не прослеживается инерционность процесса плазмообразования ($h_3 \approx h_4$).

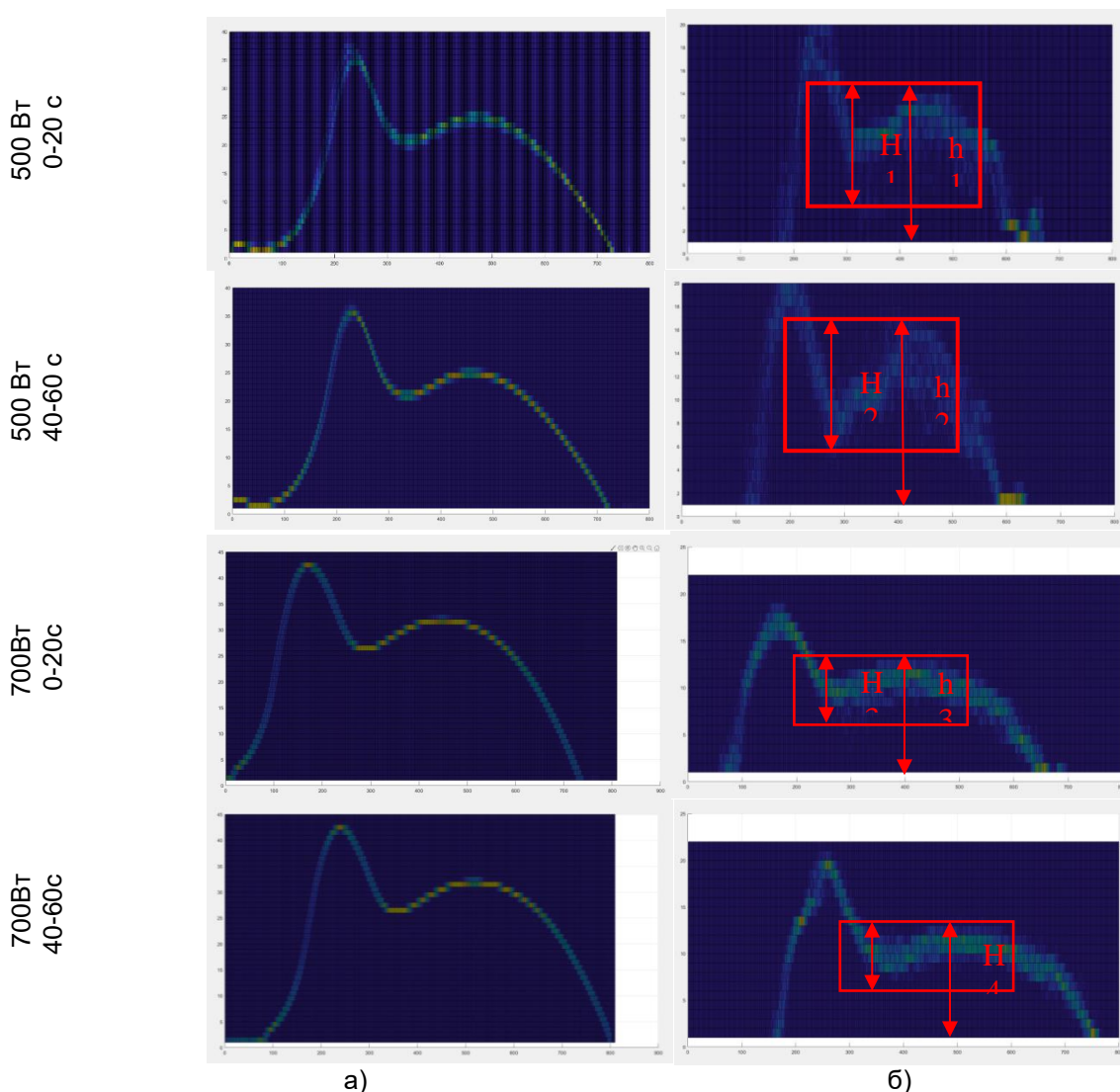


Рисунок 1 - Карты распределений значений амплитуды анодного тока (а) в импульсе и соответствующей ей амплитуды импульса интегрального оптического излучения (б) плазмы на различных временных интервалах при различных мощностях, генерируемых СВЧ магнетроном

Эксперименты показали, что изменение мощности СВЧ магнетрона при его работе на нестационарную нагрузку в виде плазмы СВЧ разряда объемом около 9000 см^3 не оказывает существенного влияния на стабильность следования импульсов интегрального оптического излучения плазмы, т.к. значительных отклонений в форме импульсов с течением времени не наблюдается. Установленные нестабильности, а именно разброс значений характеристик в конкретный момент времени внутри импульса и инерционность поддержания СВЧ разряда при мощности 500 Вт, могут быть объяснены нестабильностью протекающих электрофизических процессов в плазме СВЧ разряда и ее температурными характеристиками.

Список использованных источников:

1. Романова И.К. Современные методы визуализации многомерных данных: анализ, классификация, реализация, приложения в технических системах / Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. / Электрон. журн. 2016. № 03. С. 133–167. DOI: 10.7463/0316.0834876
2. Бордусов, С.В. Плазменные СВЧ технологии в производстве изделий электронной техники: монография / С.В. Бордусов; под ред. А.П. Достанко. – Мн.: Бестпринт, 2002. – 452 с.
3. Фёрстер Э., Рёнц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа Перевод с немецкого и предисловие В. М. Ивановой. — М.: Финансы и статистика, 1983. — 304 с.