

УДК 533.9.082.76

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАЗМЫ СВЧ-РАЗРЯДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

О. И. ТИХОН, С. И. МАДВЕЙКО, С. В. БОРДУСОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Беларусь

В области изготовления изделий полупроводникового производства интерес представляет обеспечение возбуждения и поддержания плазмы СВЧ-разряда большого объема в устройствах на базе объемных резонаторов. Плазменные модули такого типа позволяют выполнять плазмохимическую обработку габаритных объектов, используя в качестве источников энергии бытовые СВЧ-магнетроны. Вводимая в разряд СВЧ-мощность, влияющая на электрофизикохимические характеристики формируемой плазмы, зависит от параметров импульсов тока в анодной цепи источника питания СВЧ-генератора, а режим генерации плазмы определяется условиями работы СВЧ-магнетрона. Поэтому управление генерируемой СВЧ-мощностью обеспечивает целенаправленное влияние на параметры реализуемых процессов обработки материалов в объеме СВЧ-плазмы.

Для управления режимами генерации СВЧ-магнетрона разработан трехфазный импульсный источник питания, обеспечивающий путем изменения скважности управляющего широтно-импульсного модулированного сигнала регулировку выходной мощности, а также длительности импульсов анодного тока, тем самым изменяющий условия проведения процессов обработки материалов при сохранении режима энергопотребления [1]. Экспериментальные исследования его работы проводились на СВЧ-вакуумно-плазменной установке на базе объемного прямоугольного резонатора.

Контроль условий возбуждения и формирования плазмы проводился по спектральным характеристикам плазменного разряда, являющимся одними из основных индикаторов его параметров, позволяющим прогнозировать воспроизводимость и управлять режимами процессов обработки. В серии экспериментов был проведен оптический спектральный анализ СВЧ-разряда при различных условиях его формирования. Изучалось влияние режима плазмообразования на интенсивность спектральных линий плазмы, которая отражает степень эффективности взаимодействия разряда с газом и обрабатываемыми материалами при конкретных условиях генерации. Регистрация данных осуществлялась с помощью подключенного к ПЭВМ спектрометра SL40-2-2048 ISA. Давление в рабочей камере плазмотрона – 133 Па, рабочий газ – воздух.

В массиве полученных экспериментальных данных была выделена интенсивность спектральных линий, соответствующих атомарному кислороду OI, как основных линий, характеризующих химическую активность плазмы применительно к технологии плазмохимического удаления фоторезистивных покрытий. На рис. 1 представлены зависимости интенсивности линии OI

$\lambda = 777,1$  нм от режимов генерации СВЧ-плазмы и величины мощности, потребляемой от сети СВЧ-генератором.

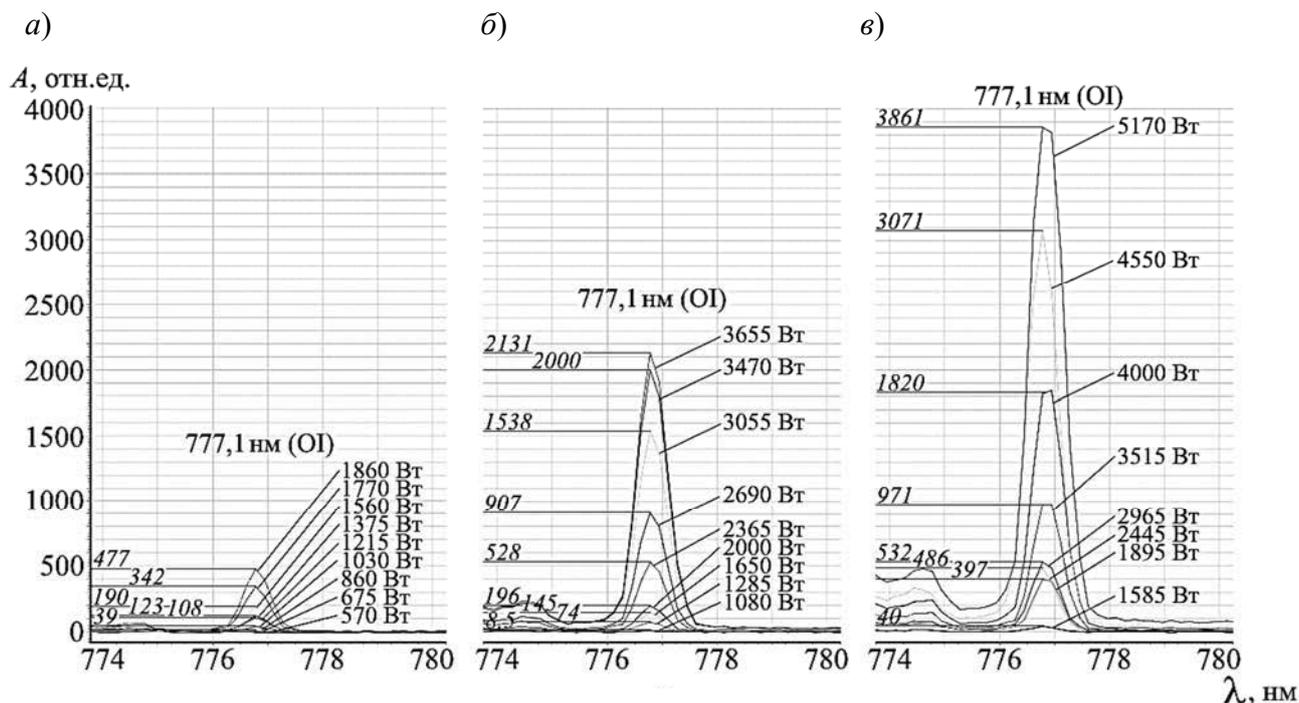


Рис. 1. Интенсивность спектральной линии атомарного кислорода (ОI) 777,1 нм при различных условиях плазмообразования: *a* – пульсирующий режим генерации плазмы, скважность импульсов  $S \approx 2$ ; *б* – пульсирующий режим генерации плазмы, скважность импульсов  $S \approx 1,15$ ; *в* – квазипостоянный режим генерации плазмы

Согласно представленным данным, увеличение потребляемой от сети электропитания СВЧ-разрядной системой мощности приводит к повышению интенсивности спектральных линий. Величина интенсивности линий атомарного кислорода после значения потребляемой мощности в 3515 Вт в квазипостоянном режиме генерации изменяет характер роста (см. рис. 1, *в*). Это может быть связано с формой анодного тока, характерной для высоких уровней потребляемой мощности СВЧ-генераторной системой при подобных условиях работы.

Результаты анализа эмиссионного спектра плазмы СВЧ-разряда демонстрируют динамическую реакцию интенсивности линий атомарного кислорода на изменение вводимой в разряд мощности и режима ее генерации, что указывает на возможность точного управления параметрами процесса плазмообразования, в том числе путем реализации многостадийных режимов обработки с высокой энергоэффективностью.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование характера изменения величины СВЧ-мощности в плазменном объеме при квазипостоянном режиме её генерации / О. И. Тихон [и др.] // Приборостроение – 2021: материалы 14 Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 17–19 нояб. 2021 г. – Минск: Белорус. нац. техн. ун-т, 2021. – С. 357–358.