Спектроскопия аргоновой плазмы импульсно-периодического микроволнового резонансного разряда

В.В. Андреев, И. Василеска, М.А. Корнеева

Российский университет дружбы народов, Москва, РФ, aitc@inbox.ru

Резонансные СВЧ разряды в магнитном поле позволяют одновременно поддерживать и контролировать электронную температуру плазмы на уровне, обеспечивающем эффективную ионизацию газа, включая многократную, что широко используется в различных вакуумно-плазменных технологиях и приложениях.

Целью данной работы было нахождение физических параметров, определяющих излучательные характеристики плазмы ЭЦР-разряда в среде чистых инертных газов и их смесей в области промежуточных давлений.

Разряд возбуждался в кварцевой колбе, помещенной в цилиндрический резонатор (мода TE111, 2,45 ГГц), помещенный в магнитное поле пробочной конфигурации, создаваемое постоянными магнитами (SmCo5) с системой магнитного замыкания. Напряженность магнитного поля в области геометрического центра ловушки и ее профиль изменялись перемещением магнитных полюсов при помощи микрометрической подачи. Импульсный режим магнетронного генератора обеспечивался модулятором с частичным разрядом накопительной емкости и позволял варьировать длительность и частоту повторения импульсов СВЧ в широких пределах (длительность импульса от 0.07мс до 5.4 мс, пауза от 0.2мс до 7.1мс). Максимальная импульсная выходная мощность составляла 700 Вт. Для определения уровня поглощения СВЧ тракт снабжен системой мониторинга поглощенной и отраженной мощности. Подготовка рабочей газовой смеси и плавное изменение давления в рабочем объеме осуществлялось с помощью пьезоэлектрического натекателя СНА-2. Вакуумная система установки обеспечивала фоновое давление не хуже 1·10-5Торр. Диапазон давлений в рабочих режимах установки составлял 1·10-2 – 1·10-4Торр.

Разрядная камера снабжена вакуумно-плотным портом с увиолевым окном, используемым для наблюдения и измерений оптического излучения плазмы разряда, а также портами для масс-спектрометрических, вакуумных и зондовых измерений. В качестве средств оптической диагностики использовались скоростной фотодетектор (быстродействие 2 нс, спектральный диапазон 380-1100 нм) и монохроматор-спектрограф MS3504i с компенсацией астигматизма. Параллельно проводилась зондовые измерения методами двойного зонда.

Полученные временные зависимости поглощенной мощности, светимости разряда позволили изучить эволюцию разряда в пределах СВЧ-импульса, а также фазы распада. Изучен спектральный состав излучения его характеристики и поведение в широком диапазоне рабочих параметров установки. Полученные результаты свидетельствуют об увеличении интенсивности линий с ростом давления и вкладываемой мощности. Отмечен факт, что увеличение интенсивности линий излучения ионов имеет предел по давлению, при котором ионная составляющая спектра излучения практически полностью исчезает.

Результаты оптической спектроскопии были проанализированы и сопоставлены с результатами, полученными при зондовых измерениях. Выявлены зависимости поведения температуры электронов и интенсивности линий излучения атомарной и ионной компоненты от параметров разряда.