

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЧ РАЗРЯДНОЙ СИСТЕМЫ РЕЗОНАТОРНОГО ТИПА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Лушакова М. С.

Бордусов С. В. – д-р. техн. наук, профессор

Представлены результаты измерений ряда электрофизических характеристик, определяющих работу СВЧ плазмотрона на базе резонатора прямоугольной формы с частичным заполнением плазмой резонирующего объема.

Разработка плазменных источников, обеспечивающих проведение процессов на поверхностях большой площади и с высокими технологическими характеристиками, является общей тенденцией из-за перехода промышленности на обработку подложек большого диаметра (150, 200 и 300 мм).

Особый интерес представляют СВЧ плазмотроны, использующие в качестве аппликаторов СВЧ энергии устройства резонаторного типа. В этом случае значительное возрастание напряженности поля электромагнитной волны в зоне плазмообразования обеспечивается не за счет повышения мощности источника СВЧ энергии, а за счет конструктивных решений системы формирования СВЧ поля. Варианты конструктивно-технических решений с использованием аппликаторов резонаторного типа: с частичным заполнением плазмой резонирующего объема; с заполнением плазмой всего резонирующего объема; с разделением резонирующего объема и плазменной камеры вакуумплотной перегородкой с элементами электромагнитной связи [1].

Измерение локального распределения электрической составляющей поля проводилось методом «активного» зонда. В качестве зонда применялся отрезок гибкого коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом. «Активный» зонд представлял собой отрезок центрального внутреннего проводника $\varnothing 1,4$ мм, что много меньше длины волны исследуемых колебаний. На зонде наводился СВЧ сигнал, пропорциональный амплитуде составляющей электрического поля, направленного вдоль штыря [2].

При проведении измерений температуры использовались термопары хромель-копель, контактный спай которых был электрически изолирован от плазмы, а регистрация показаний производилась самописцами типа КСП-4. Получены типовые зависимости изменения значений измеряемых параметров по длине разрядного объема в кислородном разряде при давлении газа $p=140$ Па и мощности СВЧ генератора $W=650$ Вт.

Исследования проводились в условиях создания в объеме резонаторной камеры режима стоячей волны. Для этого диссектор был отключен и выведен в положение, обеспечивающее его минимальное влияние на поступление СВЧ энергии внутрь резонатора.

Результаты измерений структуры распределения СВЧ поля в зоне газового разряда во всех исследуемых газах (воздух, O_2 , Ar) указывают на существование устойчивой формы неравномерности распределения плотности мощности в объеме разрядной зоны. Показания «активного» зонда по длине разрядной камеры носят периодический характер с периодом чередования максимумов и минимумов примерно 70 мм, что немного превышает половину длины возбуждающей плазму волны.

Показания электрических зондов по длине разрядной камеры также носят периодический характер. При этом экстремальные значения электропроводности разряда противоположны показаниям «активного» зонда. Для областей разряда с локальной максимальной напряженностью поля характерны меньшие значения электропроводности и наоборот. Это может быть объяснено проявлением эффекта скинирования (ослабления) поля в зависимости от локальной концентрации электронов разряда. В тех местах, где концентрация электронов выше, эффект скинирования электромагнитной волны проявляется сильнее, и наоборот.

Ближе к торцам разрядной камеры температура плазменного объема монотонно спадает. Корреляции значений температуры разряда в аксиальном направлении с показаниями «активного» и электрических зондов отмечено не было.

В результате проведенных исследований пространственного распределения поля электромагнитной волны, электропроводности и температуры газового разряда в плазмотроне на базе резонаторной камеры с частичным заполнением плазмой резонирующего объема установлено наличие пространственной неоднородности в параметрах СВЧ разряда. Ввиду этого, плазмотроны данного типа при значениях величины плотности подводимой к разряду СВЧ мощности до $7 \cdot 10^4$ Вт/м³ целесообразно использовать на таких высокоточных процессах плазменной обработки, как межоперационное активирование поверхности подложек интегральных схем, очистка от лаков и мастик, плазмохимическое удаление фоторезистивных пленочных покрытий и т.д.

Список использованных источников:

1. Достанко, А.П. Плазменные процессы в производстве изделий электронной техники. В 3-х т. Том 2. /А.П. Достанко, С.В. Бордусов, И.В. Свадковский и др.; под общ. ред. А.П. Достанко. – Мн.: ФУАинформ, 2001. – 244 с.
2. Бордусов С.В. Малогабаритная СВЧ-плазмохимическая установка с резонатором прямоугольной формы // Электронная обработка материалов. – 2001. – №1(207). – С.74 – 76.