

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ОБЪЕМЕ ПЛАЗМЫ СВЧ РАЗРЯДА

С.В. БОРДУСОВ, С.И. МАДВЕЙКО, А.П. ДОСТАНКО, Т.В. ГОРДЕЙЧУК

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
bordusov@bsuir.by*

Представлены результаты моделирования в программе CSTStudioSuite распределения СВЧ полей в резонаторе прямоугольной формы СВЧ плазмотрона как для условий пустого резонатора, так и для условий при помещении в резонатор кремниевых платин.

Ключевые слова: резонатор, СВЧ электромагнитное поле, СВЧ мощность.

Для эффективного проведения плазменных процессов обрабатываемые материалы необходимо размещать в областях СВЧ разряда, где его химическая активность максимальна [1, 2]. Такие области характеризуются наибольшей интенсивностью электромагнитного поля и более высокой температурой плазмы [3, 4]. При возбуждении СВЧ разряда в центре объемного резонатора распределение электромагнитного поля в нем относительно пустого резонатора существенно искажается. Проведение экспериментального изучения структуры распределения электромагнитного и тепловых полей в объеме плазмы СВЧ разряда трудоемкий процесс, который реальной картины распределения поля не отразит, поэтому был проведен процесс моделирования распределения электромагнитного поля в области СВЧ аппликатора при различных условиях.

Моделирование распределения СВЧ полей в резонаторе прямоугольной формы СВЧ плазмотрона при различных условиях проводилось в программе CSTStudioSuite. Модель резонатора в программном комплексе CSTStudioSuite строилась на основании разработанного в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники СВЧ газоразрядного модуля технологического назначения с большим разрядным объемом (около 9000 см^3).

Данный модуль создан на базе резонатора прямоугольной формы [5]. Конструктивно модуль выполнен в виде переносного блока. Основными элементами модуля являются: прямоугольный резонатор; магнетрон типа М-105; волноводный тракт; отверстие связи; реактор, выполненный из кварцевой трубы диаметром 200 мм и длиной 350 мм; подложкодержатель; органы управления и контроля.

Результаты моделирования распределения структуры СВЧ поля, представленные на рис. 1, показали следующее:

1. В пустом резонаторе наблюдается периодичность распределения плотности СВЧ энергии, максимальная интенсивность СВЧ поля наблюдается в области отверстия связи.
2. Внесение в резонатор объекта в виде Si пластин (имеющей высокий тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta = 0,15$) приводит к существенному изменению как структуры, так и интенсивности электрической составляющей СВЧ поля внутри моделируемой конструкции (интенсивность снижается).
3. Наличие плазмы наряду с пластинами в моделируемой конструкции, оказывает существенное влияние на распределение СВЧ поля, так как является дополнительной, помимо Si пластины, поглощающей нагрузкой для потока СВЧ энергии, и кроме

того обладает электропроводящими свойствами, поэтому плотность потока энергии в области пластины, окруженной плазмой, существенно снижается.

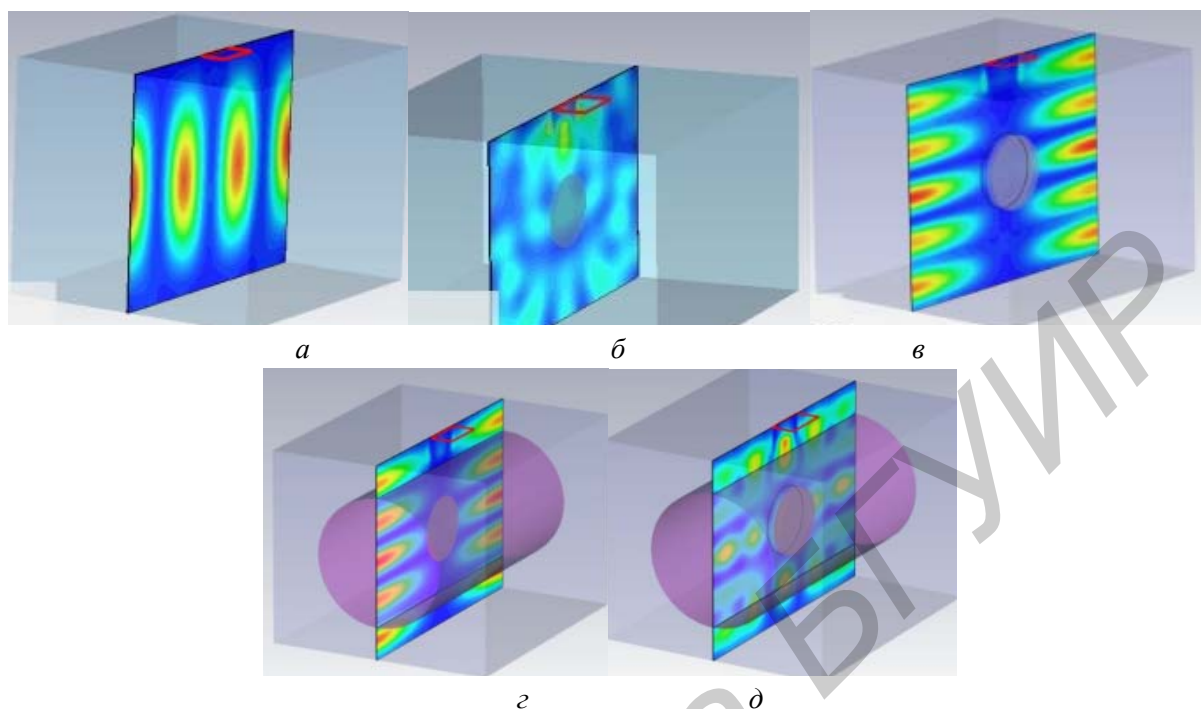


Рис. 1. Данные по распределению структуры СВЧ поля в плоскости резонатора: *а* – резонатор с идеальной средой; *б* – резонатор с одной кремниевой пластиной; *в* – резонатор с пятью кремниевыми пластинами; *г* – резонатор с плазмой, в который помещена одна кремниевая пластина; *д* – резонатор с плазмой, в который помещены пять кремниевых пластин

Список литературы

1. *Бордусов С.В.* Плазменные СВЧ технологии в производстве изделий электронной техники: монография. Минск, 2002.
2. *Бордусов С.В.* // Электронная обработка материалов. 2001. №3 (209). С.72 – 78.
3. *Достанко А.П., Бордусов С.В., Свадковский И.В. и др.* Плазменные процессы в производстве электронной техники. Минск, 2001.
4. *Кудреватова О.В.* // Обзоры по электронной технике. Сер.1. Электроника СВЧ. 1987. №.9 (1266). С. 40.
5. *Мадвейко С.И., Бордусов С.В., Достанко А.П.* // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: материалы IV Междунар. науч.–техн. конф. Минск, 19–21 октября 2009 г. С. 56–57.