

## **СИСТЕМЫ КОНЦЕНТРАЦИИ СВЧ И НЧ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО РАЗРЯДА**

*Козлова С. А.*

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

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

Представлены конструкции систем подвода и концентрации СВЧ и НЧ энергии в двухчастотном плазменном разрядном устройстве, предназначенном для целей реактивно-ионного травления материалов при формировании элементов микроструктуры изделий электронной техники. Основу конструкции составляет СВЧ плазмотрон резонаторного типа с аппликатором в форме замкнутой в кольцо волноводно-щелевой антенны. По оси СВЧ аппликатора располагается вакуумированная кварцевая камера, по торцам которой размещены плоские электроды низкочастотной газоразрядной системы емкостного типа.

Термин «СВЧ-плазма» объединяет плазменные образования, полученные в различных СВЧ устройствах (СВЧ-разряды). В настоящее время разработаны многочисленные СВЧ устройства для получения плазмы и свойства последней оказываются зависящими от способа ее получения. Эти устройства определяют структуру электромагнитного поля, энергетическую эффективность устройства, широкополосность, зависимость свойств плазмы от частоты, уровни минимальной и максимальной мощности. Поэтому при анализе такой плазмы более целесообразно рассматривать СВЧ-разряд – систему, представляющую плазму в конкретном газоразрядном устройстве. Наиболее часто используется частота 2,45 ГГц [1].

Для исследовательских и технологических задач широко применяются различные виды электрических разрядов в вакууме. Особый интерес представляет тип плазмы, формируемой путем комбинации различных по характеру электрических разрядов и обладающей отличными от каждого из них технологическими и физическими свойствами [2].

Обработка поверхностей материалов неравновесной плазмой СВЧ разряда находит широкое применение в качестве промышленных технологий изготовления изделий микроэлектроники. Новые задачи микро- и наноэлектроники и увеличение габаритных размеров обрабатываемых изделий требуют поиск новых способов направленного плазменного возбуждения на обрабатываемые конденсированные среды. В настоящее время конструкции газоразрядных устройств с возбуждением плазмы разночастотными полями являются недоисследованными из-за чего возникает необходимость разработки конструкции двухчастотного плазменного разрядного устройства.

Для возбуждения комбинированного разряда необходимо добиться нахождения концентрации СВЧ-энергии в области НЧ. Из-за этого появляются определенные конструктивные трудности, в связи с чем далеко не все резонаторы подходят. Поэтому перспективным вариантом является кольцевой резонатор.

Резонаторная камера (рисунок 1) представляет собой прямоугольный волновод, согнутый в кольцо. Внутренняя поверхность волновода вместе с торцевыми стенками образуют резонирующую область. На внутренней поверхности волновода имеются щелевые излучатели, через которые электромагнитная энергия поступает в резонирующую область. Эффективность поглощения СВЧ энергии плазмой комбинированного разряда определяется по величине коэффициента отражения СВЧ волны от плазменной нагрузки путем измерения мощности падающей и отраженной СВЧ волны. Для этого в тракт передачи СВЧ волны включена волноводная секция с направленным ответвителем. Выходной фланец ответвителя соединяется с цилиндрическим резонатором в месте ввода СВЧ энергии в плазмотрон.

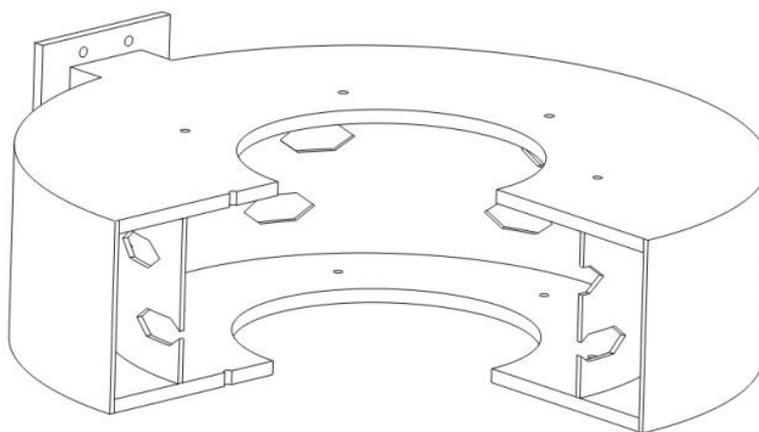


Рисунок 1 – СВЧ резонаторная камера

Реакционная кварцевая камера располагается на оси резонаторной камеры. Сама камера представляет собой цилиндрическую кварцевую трубу, закрытую с торцов металлическими крышками. На нижнем торце располагается заземленный электрод-подложкодержатель, на верхнем торце находится потенциальный электрод, на который подаётся НЧ потенциал с генератора. Газ подается через штуцер, встроенный в торцевую поверхность крышки. Откачка производится через штуцер, расположенный на поверхности крышки. Общий вид НЧ разрядной системы представлен на рисунке 2.

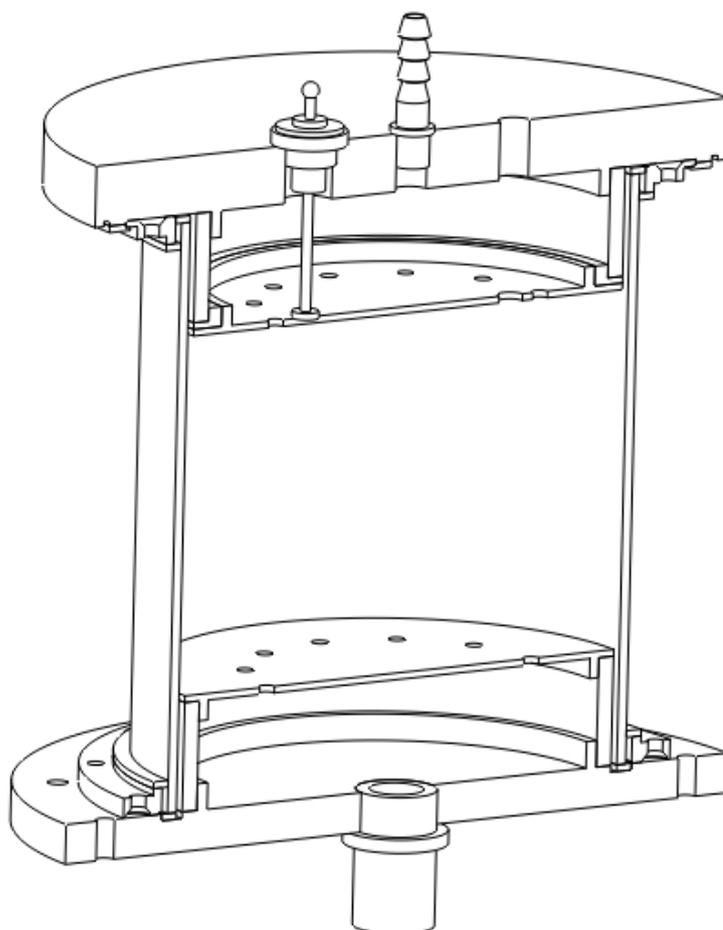


Рисунок 2 – НЧ разрядная система

Для генерации СВЧ колебаний может использоваться малогабаритный регулируемый СВЧ генератор на базе серийно выпускаемого магнетрона М-112, питаемый высоковольтным импульсным напряжением частотой 50 Гц. Используемая частота СВЧ поля  $f = 2,45$  ГГц является наиболее используемой в плазменных технологических установках для обработки материалов.

Для генерации НЧ мощности может использоваться НЧ генератор, способный обеспечить рабочие частоты в диапазоне 12 – 42 кГц.

Объемная разрядная система служит для эффективной диссоциации и ионизации молекул плазмообразующего газа, а низкочастотная емкостная система с плоскопараллельными электродами позволяет организовать прецизионную плазменную обработку образца направленным потоком химически активных частиц [3].

**Список использованных источников:**

1. А.Ю. Лебедев: "Химия неравновесных СВЧ-разрядов" // Низкотемпературная плазма. Т. 3. Химия плазмы. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. 1991.
2. Берлин, Е. В. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии / Е. Берлин, Л. Сейдман. – Москва : Техносфера, 2010. – 527 с.
3. С.В. Бордусов: Технологический СВЧ плазменный модуль для реактивно-ионного травления материалов электронной техники в двухчастотном разряде / С.В. Бордусов – Севастопль. – 2009. – 630 с.