

УДК 533.9.082.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПИТАНИЯ СВЧ МАГНЕТРОНА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВЧ ЭНЕРГИИ В ПЛАЗМЕ СВЧ РАЗРЯДА

*Сабодаш О.А., Тихон О.И.*

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

*Научный руководитель: Мадвейко С.И. – канд.техн.наук, доцент*

**Аннотация.** Представлены результаты исследования влияния подводимой к СВЧ магнетрону мощности на распределение СВЧ энергии в плазме СВЧ разряда. Исследования показали, что величина электрической мощности, подводимой к СВЧ магнетрону, обратно пропорциональна величине СВЧ мощности в центральной области СВЧ разряда.

**Ключевые слова:** СВЧ-разряд, плазма, резонатор

**Введение.** СВЧ плазменные установки с широким диапазоном энергетических и технологических параметров относятся к многоцелевым. В таких установках можно проводить процессы безрадиационной очистки и пассивации поверхностей различных полупроводниковых материалов с целью улучшения их электронных свойств, прецизионного глубокосубмикронного сухого травления с управляемыми селективностью и анизотропностью полупроводниковых и диэлектрических структур на основе кремния, углерода и их соединений, а также полупроводниковых соединений  $A_3B_5$  и др. Получаемые материалы используются для создания сверхбольших и сверхскоростных интегральных схем, светоизлучающих и других устройств опто-, микро- и наноэлектроники. Установки подходят для процессов низкотемпературного осаждения высококачественных туннельно-тонких покрытий и наносистем с заданными электрофизическими свойствами с использованием как традиционных механизмов вакуумно плазменной конденсации из паровой фазы, так и явлений самоорганизации, например, с обеспечением кинетических преимуществ для получения нанокompозитных алмазографитовых, алмазоуглеводородных и других материалов, использующихся в строительстве, архитектуре, энергетике, других областях науки и техники [1].

**Основная часть.** В состав источников питания (рисунок 1) бытовых СВЧ магнетронов, построенных по схеме однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения, входит конденсатор с изначальной емкостью около 1мкФ. Изменение величины мощности источника питания СВЧ магнетрона в этом случае можно регулировать за счет изменения емкости высоковольтного конденсатора [2].

Исследования проводились на базе малогабаритной СВЧ плазменной установки. Характер влияния режимов питания СВЧ магнетрона М-105 на распределение СВЧ энергии в объеме плазмы и величину СВЧ энергии в плазме исследовался при помощи «активного зонда». «Активный зонд», измеряющий локальное значение электрической составляющей электромагнитного поля, представляет собой отрезок гибкого коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом, внешний проводник которого выполнен из медной трубки, а внутренний – из одножильного медного провода. Зонд вводился в реакционно-разрядную камеру через герметичный ввод, расположенный в задней торцевой крышке резонаторной камеры [3]. Эксперименты проводились при трех емкостях конденсатора (0,5 мкФ, 1 мкФ, 1,5 мкФ), что эквивалентно трем мощностям, потребляемым источником питания от сети (695 Вт, 1350 Вт, 1815 Вт).

При проведении экспериментов производилась запись показаний измерителя мощности для трех вариантов электропитания СВЧ магнетрона М-105 (рисунок 2). Величина  $L$  (мм) на графике соответствует расстоянию от зонда до крышки резонатора. Зонд перемещался вдоль

оси кварцевой разрядной камеры с начальным положением 20 мм от крышки резонатора и шагом 20 мм. Показания зонда регистрировались с помощью измерителя мощности (мост термисторный Я2М-64).

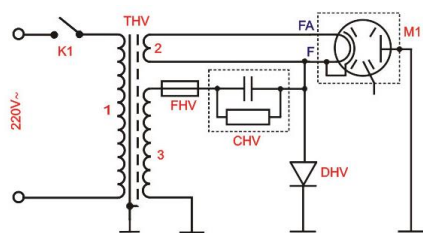


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная СВЧ генератора для питания магнетрона

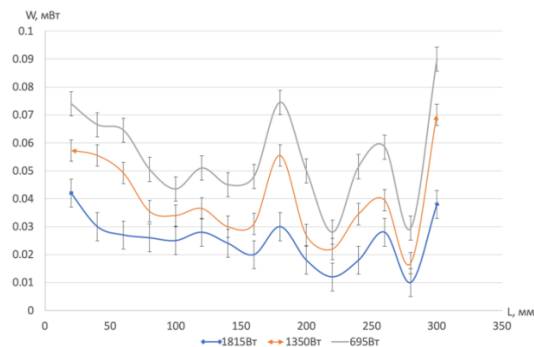


Рисунок 2 – Распределение уровня СВЧ энергии в объеме плазмы СВЧ разряда по оси вакуумной камеры в зависимости от мощности, потребляемой источником питания от сети

**Заключение.** Согласно полученным данным при увеличении подводимой мощности на магнетрон М-105 наблюдается уменьшение мощности СВЧ разряда в объеме СВЧ плазмы. Средние значения мощности для 695 Вт, 1350 Вт, 1815 Вт равны соответственно 0,055 мВт, 0,0396 мВт, 0,0251 мВт. При увеличении поглощаемой мощности с 695 Вт до 1350 Вт (на 50%), наблюдается уменьшение средней мощности на 0,0153 мВт (28%); при увеличении поглощаемой мощности с 1350 Вт до 1815 Вт (на 26%); наблюдается уменьшение средней мощности на 0,0145 мВт (37%).

Можно сделать вывод, что изменение емкости никак не влияет на характер распределения плазмы в камере. Увеличение емкости, а соответственно и поглощаемой мощности, ведет к уменьшению мощности СВЧ разряда в объеме СВЧ плазмы.

### Список литературы

1. Бочкарев, А.О. СВЧ плазменные устройства для плазменной микрообработки пластин большого диаметра в микроэлектронике / А.О. Бочкарев, М.В. Давидович, Р.К. Яфаров // Вестник СГТУ. – 2012. – № 2. – С. 40-49.
2. Мадвейко, С.И. Регулирование величины мгновенной выходной мощности магнетрона непрерывного режима генерации (типа М-105, М-112) в составе плазменной технологической установки / С.И. Мадвейко, С.В. Бордусов // Вестник БНТУ. – 2010. – № 4. – С. 42-45.
3. Сабодаш О.А. Исследование влияния кремниевых подложек на распределение мощности в СВЧ плазматроне резонаторного типа: диплом. работа. / О.А. Сабодаш. – Минск, 2019. – 89л.

UDC 533.9.082.5

## STUDY OF THE INFLUENCE OF ELECTRIC POWER SUPPLY MODES OF A MICROWAVE MAGNETRON ON THE DISTRIBUTION OF MICROWAVE ENERGY IN A MICROWAVE DISCHARGE PLASMA

Sabodash O.A., Tikhon O.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belaru

Madveiko S.I. – PhD, associate professor

**Annotation.** The research results of the influence of power supplied to the microwave magnetron on the distribution of microwave energy in the microwave discharge plasma are presented. The studies have shown that the value of electric power supplied to the microwave magnetron is inversely proportional to the value of the microwave power in the central region of the microwave discharge.

**Keywords.** Microwave discharge, plasma, resonator