

ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ДВУХЧАСТОТНЫХ РАЗРЯДОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

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

Хамицевич Е. Ю., Лушакова М. С.

Бордусов С. В. - д. т. н., профессор

Двухчастотная емкостно-связанная плазма интенсивно изучается как экспериментально, так и теоретически в целях применения технологии для анизотропного и селективного травления материалов с высокими скоростями.

Перспективным направлением вакуумно-плазменных технологий, способствующим повышению качества обработки поверхностей, является применение комбинированных двухчастотных разрядов. Данные разряды формируются путем воздействия двух разрядов или полей одновременно. Например, комбинированный разряд может формироваться при одновременном воздействии сверхвысокочастотного (СВЧ) и электромагнитного поля низкочастотного (НЧ) или высокочастотного (ВЧ) диапазона, путем воздействия НЧ и ВЧ полей, двух ВЧ полей разной частоты, ВЧ поля и приложенного к электроду постоянного напряжения и др. Интерес к использованию двухчастотных разрядов вызван возможностью более гибкого контроля над параметрами плазмы.

В настоящее время идет поиск плазменных систем для нового поколения реакторов травления субмикронных структур при высокой скорости, анизотропии и селективности процесса [1]. Для этого необходимо создать плазму высокой плотности (порядка 10^{11} см⁻³), а также обеспечивать возможность эффективного управления энергией ионов, воздействующих на подложку. Для функционального разделения этих процессов в последнее время стали использовать плазму, возбуждаемую ВЧ емкостными разрядами на двух сильно разнесенных частотах.

Одной из таких систем двухчастотных разрядов является ВЧ система, схема экспериментальной установки которой представлена на рисунке 1. Электроды помещены в кварцевую трубку с внутренним диаметром 100 мм. Верхний электрод снабжен водяным охлаждением. Подача газа установлена в верхнем электроде, а вывод - через нижний электрод. Нижний электрод заземлен, а радиочастотная энергия из одного одночастотного или двух двухчастотных генераторов передается на верхний электрод. В двухчастотном разряде НЧ составляет 1,76 МГц, а ВЧ – 81 МГц. Мощность обоих генераторов находится в диапазоне 5-30 Вт. Генераторы радиочастот соединены с верхним электродом, используя соответствующие сети и радиочастотные фильтры. Добавление более низкой частоты 1,76 МГц ведет к значительному увеличению энергии ионов, падающих на поверхность электродов.

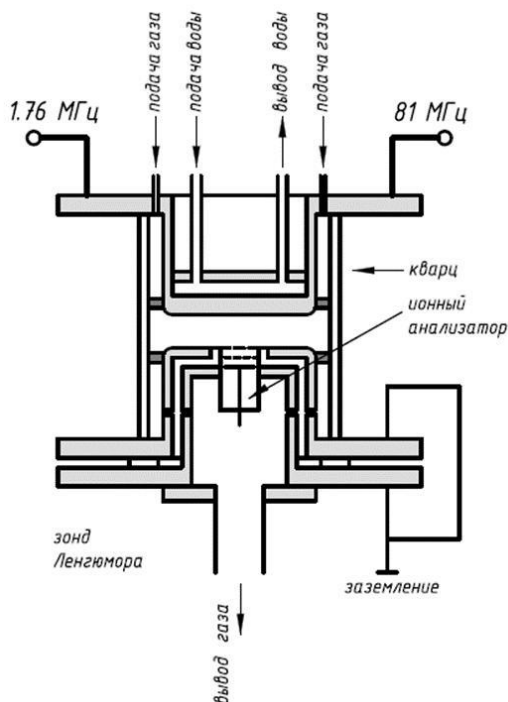


Рис. 1 – Схема ВЧ разрядной системы комбинированного типа

Развитие плазменных технологий связано с задачами получения однородной плотной плазмы в больших объемах. Способы получения такой плазмы – разряд в постоянном поле, а также в ВЧ и СВЧ полях. СВЧ-разряд – наиболее дешевый способ получения и нагрева больших объемов плазмы. При таком способе поддержания плазмы появляется возможность дополнительного управления энерговыделением в плазменный объем и энергией заряженных плазменных частиц. На базе СВЧ техники к настоящему разработано множество разновидностей устройств, позволяющих реализовывать большинство технологических процессов производства интегральных схем [2]. Разновидностью вакуумно-плазменных систем являются комбинационные системы двухчастотных СВЧ и ВЧ разрядов, а также СВЧ и НЧ разрядов, обеспечивающие возбуждение самостоятельного газового разряда. Дополнительно к получаемым при этом свойствам обоих типов разрядов, приобретает возможность независимого контроля плотности плазмы высокой частотой и энергии ионов – низкой.

Технологический модуль с малогабаритным СВЧ генератором представлен на рисунке 2. Резонаторная камера представляет собой согнутый в кольцо прямоугольный волновод, имеющий щелевые излучатели на внутренней поверхности. Внутренняя поверхность волновода совместно с торцевыми стенками образует резонирующую область. НЧ разрядная система представляет собой цилиндрическую кварцевую трубу, в нижнем торце которой располагается заземленный электрод-подложкодержатель, а на верхнем торце – потенциальный электрод. Малогабаритный СВЧ генератор собран на базе серийно выпускаемого магнетрона М-112 и соединяется с цилиндрическим резонатором в месте ввода СВЧ энергии при помощи волноводной секции. Рабочие частоты НЧ поля лежат в диапазоне 10 – 30 кГц, частота СВЧ поля – 2,45 ГГц. Используемый диапазон давлений 10 – 260 Па обеспечивает минимальные значения напряженности составляющей электромагнитного поля, в качестве плазмообразующих газов используются воздух, O_2 , CF_4 [3].

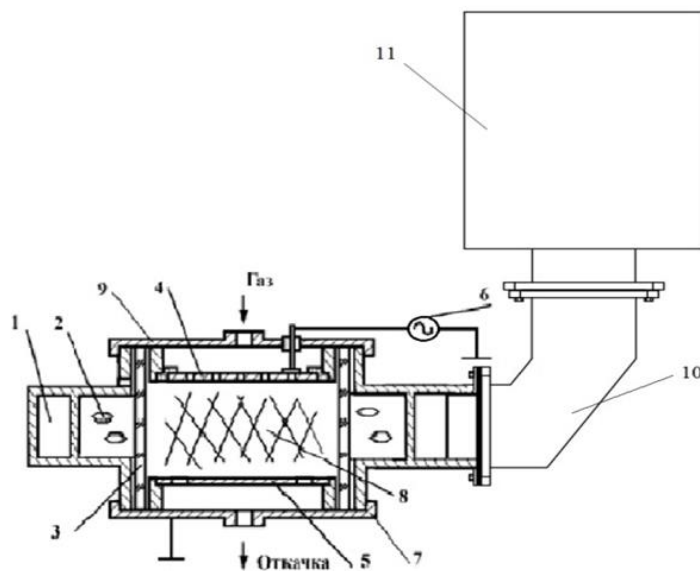


Рис.2 –Схема комбинированного разрядного устройства:

- 1 – волновод; 2 – отверстия связи; 3 – кварцевая камера; 4 – потенциальный электрод; 5 – заземленный электрод;
 6 – НЧ генератор; 7 – нижняя крышка; 8 – плазма; 9 – съёмная верхняя крышка; 10 – волноводная секция;
 11 – малогабаритный СВЧ генератор на базе магнетрона М-112

Использование устройств возбуждения двухчастотных разрядов в вакуумно-плазменных системах предоставляет возможность независимого управления параметрами потока и энергии заряженных частиц, играющих важную роль в прикладных задачах, таких как нанесение тонких плёнок, травление и обработка поверхностей.

Список использованных источников:

1. Lieberman M. A., Lichtenberg A. J. Principles of Plasma Discharges and Material Processing. New York: Wiley, 1994.
2. Бордусов С.В. Плазменные СВЧ технологии в производстве изделий электронной техники: Монография / Под ред. А.П. Достанко. – Мн.: Бестпринт, 2002. – 452 с.
3. Тихон О.И., Двухчастотный плазменный лабораторный модуль // 52-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – 2016.