

Наблюдавшееся увеличение ионов, по-видимому, можно объяснить либо недостаточностью времени разряда при $\tau \leq 10^{-8}$ с для точной ионизации атомов испаренного вещества, либо тем, что за это время атомы не успевают попадать в область повышенной плотности энергии разряда, так как скорость вылета испаренного вещества не превышает 10^5 см/с [8].

Таким образом, послойное исследование поверхности твердых тел с помощью искрового масс-спектрометра показало, что основные элементы находятся на поверхностном слое толщиной 10-12 мкм, что свидетельствует об адсорбции газов окружающей среды. Рост пробивного напряжения при прочих равных условиях эксперимента равносильно увеличению числа актов разряда. Рост длительности импульса разряда приводит к увеличению как площади, так и количества массовых пиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Калябин И.А.* Физические методы анализа в электронной технике // Технология производства и оборудование. 1979. № 16.
2. *Бедиллов М.Р., Сатыбалдыев Т.Б., Цай.Т.Г.* // Журнал аналитической химии. 1991. № 9. Т. 46. С. 1742–1745.
3. *Ковалев И.Д., Малышев К.Н., Шмонин П.А.* // Журнал аналитической химии. 1998. № 1. Т. 53. С. 38–40.
4. *Рамендик Г.И.* // Журнал аналитической химии. 1983. № 11. Т. 38. С. 2036–2039.
5. *Чупахин М.С.* Зондовые методы в искровой масс-спектрометрии. М., 1985.
6. *Чупахин М.С., Крючкова О.И., Рамендик Г.И.* Аналитические возможности искровой масс-спектрометрии. М., 1972.
7. *Борискин А.И., Брюханов А.С., Быковский Ю.А.* // Квантовая электроника. 1983. № 7. Т. 10. С. 1348–1351.
8. *Быковский Ю.А., Неволин В.Н.* Лазерная масс-спектрометрия. М., 1985.

Поступила 24.04.2000

Summary

In submitted paper detailed research of ability of the vacuum spark discharge for analysis of impurities' structure in the solid materials, its distribution on a surface and volume is carried out. Is established, that basic impurities are located within the surface layer by thickness of (10–12) micron, that points to the adsorption of gases from environment.

С.В. Бордусов

МАЛОГАБАРИТНАЯ СВЧ-ПЛАЗМЕННАЯ УСТАНОВКА С РЕЗОНАТОРОМ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220027, Республика Беларусь*

СВЧ-разряд пониженного и низкого диапазона давлений находит все более широкое применение в технологии обработки материалов и нанесения пленок и покрытий [1–3]. Это обусловлено высокой концентрацией заряженных и химически активных частиц в плазме СВЧ-разряда, отсутствием электродов, загрязняющих плазму продуктами ионного распыления и химического разрушения, относительной простотой устройств генерации СВЧ-мощности. Однако развитие микроволновой плазменной техники и технологии сдерживается отсутствием промышленных общедоступных СВЧ-плазменных установок, дефицитностью многих элементов и устройств СВЧ-генераторных приборов, модуляторов, циркуляторов, согласованных нагрузок и т.п. Кроме того, при создании СВЧ-технологического оборудования необходимо правильно конструировать и изготавливать тракты передачи СВЧ-мощности, обеспечивающие выполнение требований безопасной эксплуатации техники, использующей микроволновое излучение.

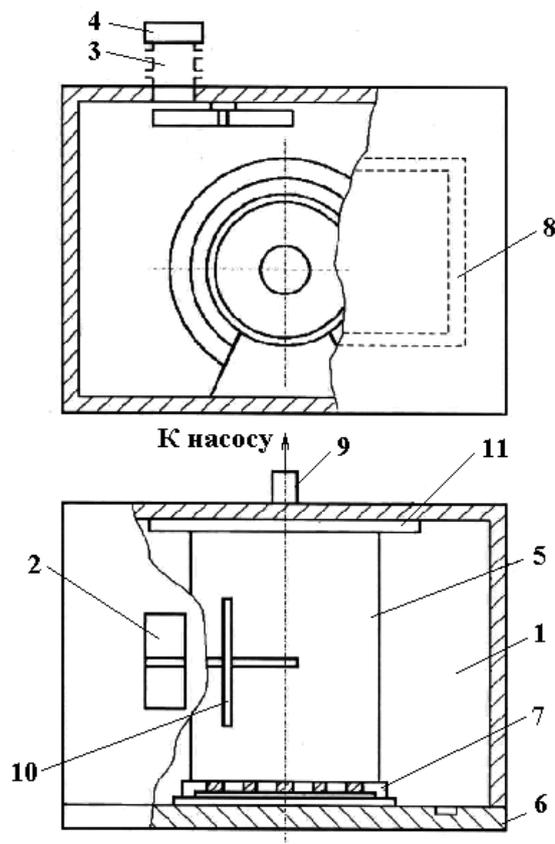
Многие проблемы при создании СВЧ-плазменных источников легко решаются, если использовать в качестве базового модуля бытовые микроволновые печи. Эти устройства представляют собой практически готовый узел генерации и транспортировки СВЧ-мощности, в котором выполнены все требования по технике безопасности. Генератором СВЧ-энергии служит магнетрон, имеющий высокую долговечность и обладающий высокой надежностью в работе. В конструкцию микроволновой печи входит также источник питания магнетрона.

Известны работы, в которых микроволновые печи использовались как база для создания установок плазмохимической обработки [4] и ионно-плазменных источников [5].

В Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники разработана и успешно эксплуатируется в течение ряда лет малогабаритная СВЧ-плазменная установка, созданная на базе микроволновой печи "Электроника".

Конструктивно установка выполнена в виде переносного блока настольного типа.

Схематическое изображение разрядного узла установки показано на рисунке.



Плазменное разрядное устройство резонаторного типа: 1 – прямоугольный резонатор; 2 – отверстие связи; 3 – волноводный тракт; 4 – генератор электромагнитных колебаний; 5 – реактор; 6 – дверца; 7 – крышка реактора; 8 – дроссельные канавки; 9 – выходной патрубок; 10 – диссектор; 11 – фланец.

На лицевой панели установки расположены органы управления и контроля, вакуумметр 13 ВТЗ-003 и дверца 6, являющаяся стенкой резонатора 1, с размещенным на нем магнетроном 4 типа М-105 и установленным перпендикулярно дверце реактором 5, выполненным из кварцевой трубы $\varnothing 200$ мм и длиной 350 мм. В верхней стенке резонатора имеется отверстие связи 2 для ввода в него электромагнитной энергии. С целью получения достаточно равномерного распределения электромагнитного поля по объему резонатора напротив окна связи установлен диссектор 10, представляющий собой вращающуюся крыльчатку с определенным профилем лопастей. Задняя часть реактора закрыта фланцем 11, соединяемым через патрубок 9 с вакуумным насосом. В выходном патрубке вмонтировано крепление для установки теплового манометрического преобразователя ПМТ-6-3 вакуумметра. Во фланце предусмотрено отверстие для крепления вращающегося барабана – подложкодержателя.

Дверца б имеет хороший электрический контакт с корпусом резонатора за счет использования гибких контактных элементов.

Внутри установки размещено также электрооборудование с системой управления и защиты, предназначенное для обеспечения работы магнетрона и устранения возможности облучения при неправильной эксплуатации.

Установка может использоваться на операциях очистки подложек, удаления фоторезистивных покрытий, лаков и мастик, плазмохимического осаждения пленок, модификации поверхности материалов, деталей и узлов сложной формы.

Основные технические характеристики:

– количество одновременно обрабатываемых пластин $\varnothing 100$ мм – 20 штук, $\varnothing 150$ мм – 15 штук, 60×48 мм² – 25 штук;

– производительность на операции удаления фоторезиста для пластин $\varnothing 100$ мм – не менее 80 пластин/ч;

– диапазон рабочих давлений 10–1000 Па;

– рабочая частота $f=2,45$ ГГц;

– количество газовых магистралей – 2;

– потребляемая мощность – не более 1500 Вт.

Габаритные размеры установки (60×48×58) см³.

Установка может работать в двух вариантах:

1. С системой перемещения подложек в процессе обработки.

2. С установкой подложек в неподвижные кварцевые кассеты.

За счет высокого коэффициента преобразования СВЧ-энергии в газовом разряде энергоемкость обработки в пересчете на одну пластину $\varnothing 100$ мм в 3 раза меньше, при одновременном повышении скорости удаления фоторезистивных маскирующих слоев в 2–3 раза по сравнению с промышленной установкой “Плазма-600Т”.

Эксплуатационные характеристики – простота и надежность работы установки, легкость управления – позволяют работать на установке обслуживающему персоналу низкой квалификации.

Социально-экономический эффект от ее использования состоит в организации высокоэффективных, неэнергоемких, ресурсосберегающих процессов, обеспечивающих повышение производительности труда, экономию электроэнергии, уменьшение площадей под оборудование и улучшение качества обработки изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилин Б.С., Киров В.Ю. Применение низкотемпературной плазмы для травления и очистки материалов. М., 1987.
2. Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок. М., 1989.
3. Гуляев Ю.В., Яфаров В.К. Микроволновое ЭЦР вакуумно-плазменное воздействие на конденсированные среды в микроэлектронике (физика процессов, оборудование, технология) // Зарубежн. электрон. техн. 1997. № 1. С. 77–120.
4. Патент № 4804431 США, МКИ⁴ C23F1/02. СВЧ-установка плазменного травления и способ травления.
5. Кузьмичев А.И. Ионно-плазменные источники на базе микроволновых печей // Приборы и техника эксперимента. 1994. № 5. С. 176–180.

Поступила 16.08.2000

Summary

Constructive peculiarities and technical characteristics of multifunctional small-dimensional plasma unit for material treatment are given. The unit is intended for rough plasmachemical treatment of microelectronic, electronic, optic, etc. devices. For example, the unit provides threefold energy reduce while photoresist removing in relation to one $\varnothing 100$ mm silicon wafer with simultaneous treatment acceleration 2–3 folds in comparison with industrial unit “Plasma-600T”.