

УДК 621.52

Гребнев Максим Владимирович, инженер-конструктор АО «Плутон», студент 4-го курса кафедры МТ11 «Электроника и наноэлектроника» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Толкунова Анастасия Вадимовна, инженер-конструктор АО «Плутон», студент 1-го курса магистратуры кафедры МТ11 «Электроника и наноэлектроника» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Попов Павел Евгеньевич, инженер-конструктор АО «Плутон», студент 4-го курса кафедры МТ11 «Электроника и наноэлектроника» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Матюшин Матвей Алексеевич, инженер-конструктор АО «Плутон», студент 4-го курса кафедры МТ11 «Электроника и наноэлектроника» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ТРАВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ В ТЛЕЮЩЕМ НЧ-РАЗРЯДЕ

Аннотация. Работа посвящена ионно-плазменной очистке образцов деталей и материалов СВЧ-техники. Сконструирован и собран стенд, позволяющий реализовать ионноплазменную очистку деталей с помощью тлеющего разряда, возбуждаемого в разреженном аргоне низкочастотным электрическим полем. Установка состоит из вакуумной камеры с электродами, системы откачки и напуска рабочего газа, а также модулятора, позволяющего в широких пределах варьировать параметры процесса для подбора оптимального режима обработки.

Annotation. The work is devoted to ion plasma treatment of samples of parts and materials of microwave technology. A stand has been constructed and assembled that makes it possible to implement ion-plasma treatment of parts using a glow discharge excited in rarefied argon by a low-frequency electric field. The

installation consists of a vacuum chamber with electrodes, a pumping and discharge system for working gas, as well as a modulator that allows varying the process parameters within wide limits to select the optimal treatment mode.

Ключевые слова: ионно-плазменная обработка, поверхностная очистка, травление, плазма, удаление загрязнений.

Keywords: ion plasma treatment, surface cleaning, etching, plasma, removal of contaminants.

Введение

В настоящее время продолжают работы по совершенствованию технологии производства электровакуумных приборов, к которому может привести внедрение в нее операции ионно-плазменной обработки [1]. Современные методы обработки поверхности с использованием плазменных технологий позволяют эффективно очистить поверхность материала от загрязнений, не поддающихся удалению с помощью стандартной термохимической очистки [2]. Повышение степени чистоты внутренних поверхностей приборов способствует поддержанию необходимого уровня вакуума в процессе их эксплуатации и хранения.

Ионно-плазменная обработка позволяет также осуществлять модификацию поверхностей (активирование, изменение шероховатости, удаление микронеровностей) [3]. При этом она заменяет операции обезжиривания и жидкостного травления деталей, позволяя при этом получать хорошее предварительное обезгаживание

Описание экспериментального стенда

Нами был спроектирован и собран стенд, состоящий из вакуумной камеры с электродами, системы откачки и напуска рабочего газа, а также модулятора, позволяющего в широких пределах изменять параметры процесса

для поиска оптимальных режимов обработки. Принципиальная вакуумная схема установки представлена на рисунке 1.

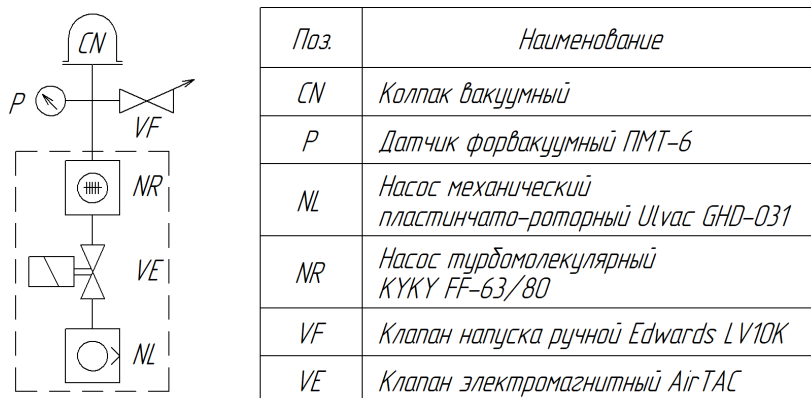


Рисунок 1 – Принципиальная вакуумная схема установки.

Параметры обработки для различных материалов необходимо подбирать экспериментально – следует учитывать напряжение, подаваемое на электроды, его частоту, давление рабочего газа в камере и время обработки [4]. От режимов зависит качество обработки поверхности. В частности, подбор оптимальных значений травления позволяет предупредить эффект внедрения бомбардирующих ионов в приповерхностный слой обрабатываемого материала. Внешний вид представлен на рисунке 2. Конструкция рабочей камеры изображена на рисунке 3.

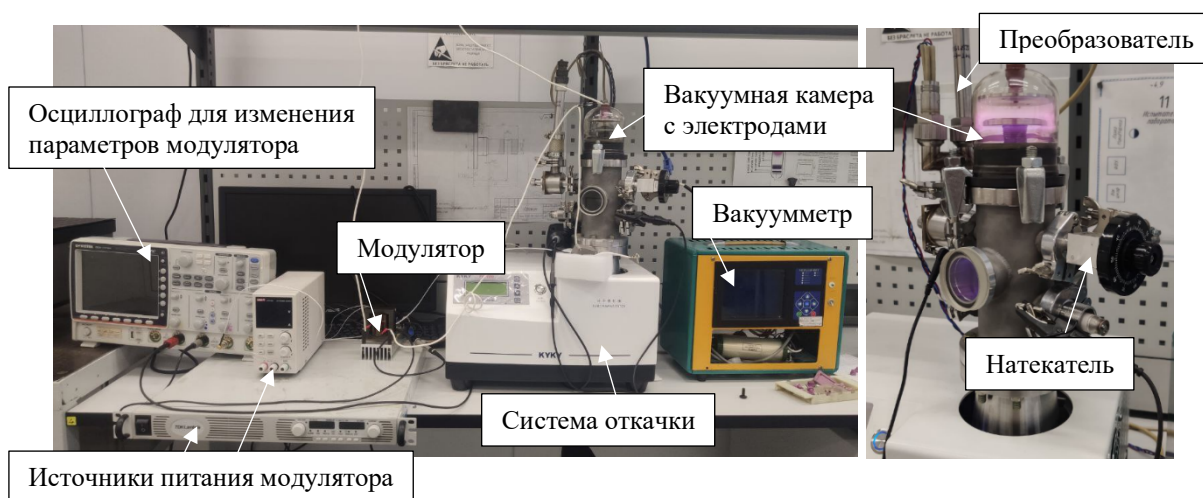


Рисунок 2 – Внешний вид экспериментальной установки.

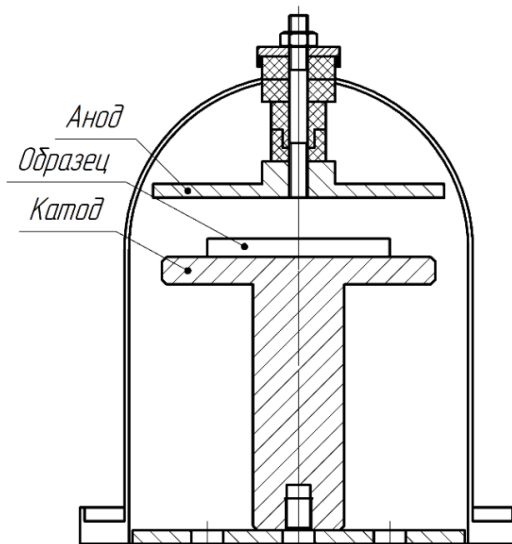


Рисунок 3 – Конструкция рабочей камеры.

Установка была собрана с соблюдением положений вакуумной гигиены, проверена на натекание и выведена на рабочий режим.

Результаты подбора параметров травления медной пластины

В качестве опытного образца для проведения операции травления нами была использована медная пластина. После проверки работоспособности стенда был осуществлен подбор режимов очистки выбранного объекта. Внешний вид обработанной пластины представлен на рисунке 4. В ходе проведения эксперимента на верхний электрод подавался положительный потенциал, на корпус – отрицательный. Давление рабочего газа Ar в камере составляло 0,8 Торр.

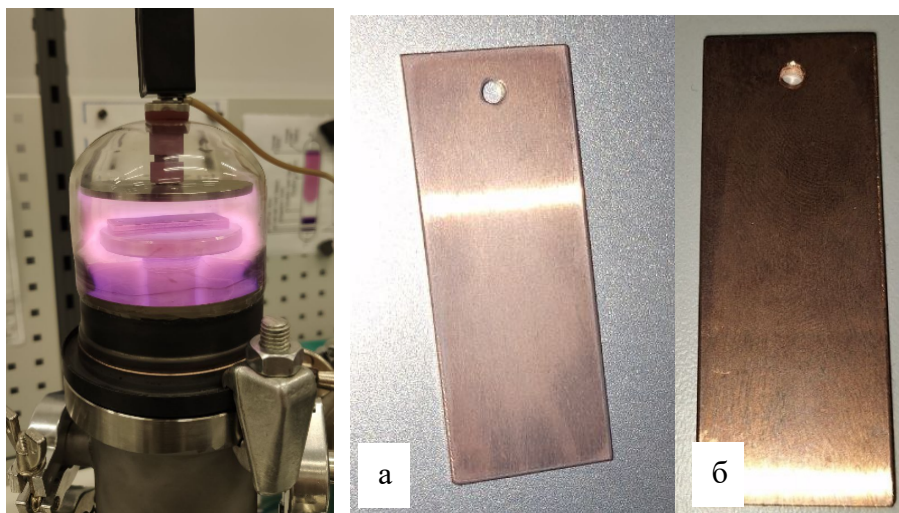


Рисунок 3 – процесс и результат обработки меди (а). Необработанная пластина (б).

Операция осуществлялась следующим образом: после откачки системы до давления 10^{-6} Торр производилось отключение высоковакуумного насоса, затем в вакуумную камеру напускался стационарный поток рабочего газа до установления в камере давления $0,5 \dots 2$ Торр в зависимости от выбранного режима. Использование модулятора и диодного моста позволяет получить заполненный короткими импульсами прямоугольный сигнал частотой порядка 40 кГц и напряжением, изменяющимся от нуля до амплитудного значения. Параметры модулируемого сигнала достаточны для образования самостоятельного электрического разряда в камере, в отличие от постоянного, требующего гораздо большего напряжения. Таким образом, после включения источника в межэлектродном пространстве создавалось электрическое поле, под воздействием которого происходила эмиссия электронов с поверхности катода, вызывающая ионизацию атомов рабочего газа, и зажигался тлеющий разряд [5]. Положительные ионы аргона, стремящиеся к катоду с расположенным на нем образцом, осуществляли бомбардировку его поверхности и производилась очистка образца, при этом продукты распыления откачивались форвакуумным насосом, давление внутри

камеры измерялось с помощью терморезисторного манометрического преобразователя.

Заключение

В рамках работы была спроектирована, собрана и испытана экспериментальная установка, позволяющая осуществлять обработку деталей в плазме тлеющего разряда. Последующие исследования включают в себя подбор режимов травления различных материалов СВЧ-техники в средах аргона, азота, водорода и кислорода. Для травления деталей цилиндрической формы планируются разработка и изготовление другой конфигурации электродов. Используемая в установке система электропитания может применяться также для очистки различных узлов специального технологического оборудования (рабочие камеры и трубопроводы вакуумных систем).

Список литературы

1. Лемякин А.А. Гнездовая откачка электровакуумных приборов с ионно-плазменной очисткой и герметизацией диффузионной сваркой // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2008. – №2. – С. 32.
2. Ивановский Г.Ф., Петров В.И. Ионно-плазменная обработка материалов // М.: Радио и связь. – 1986. – 232 с.
3. Галперин В.А., Данилкин Е.В., Мочалов А.И. под ред. С.П. Тимошенкова. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях – 3-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 286 с.
4. Князев Б.А. Низкотемпературная плазма и газовый разряд: Учебное пособие // Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2003. – с. 154-157.
5. Адамсон А. Физическая химия поверхностей – 3-е изд. // Department of Chemistry, University of Southern California, Los Angeles, California. С

англ. Абидора И.Г. под ред. Зорина З.М., Муллера В.М. // Изд. «Мир», Москва, 1979. – 568 с.

References

1. Lemyakin A.A. Nest pumping of electro–vacuum devices with ion-plasma cleaning and sealing by diffusion welding // Bulletin of the Saratov State Technical University. - 2008. – No. 2. – p. 32.
2. Ivanovskiy G.F., Petrov V.I. Ion-plasma processing of materials // Moscow: Radio and Communications, 1986, 232 p.
3. Galperin V.A., Danilkin E.V., Mochalov A.I. edited by S.P. Timoshenko. Plasma etching processes in micro- and nanotechnology– 3rd ed.– Moscow: BINOM. Laboratory of Knowledge, 2015. – 286 p.
4. Knyazev B.A. Low-temperature plasma and gas discharge: A textbook // Novosibirsk State University. Novosibirsk, 2003. pp. 154-157.
5. Adamson A. Physical Chemistry of surfaces – 3rd ed. // Department of Chemistry, University of Southern California, Los Angeles, California. From English by Abidor I.G. ed. Zorina Z.M., Mullera V.M. // Publishing house "Mir", Moscow, 1979. – 568 p.