

Рис.4 – Внешний вид пульсометра и демонстрация его работы

Список использованных источников:

- [1] Пульсометр с Bluetooth или устройство фотоплетизмографа. Часть 1 / Хабрахабр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/258115/> – Дата доступа: 02.05.2016.
- [2] BPV11 Datasheet – Vishay Amps [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vishay.com/docs/81504/bpv11.pdf> – Дата доступа: 19.04.2016.
- [3] ATMEGA328P-PU Datasheet – Futurlec [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.futurlec.com/Atmel/ATMEGA328P-PU.shtml> – Дата доступа: 13.05.2016.
- [4] Nokia 5110 Datasheet – Philips [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/Monochrome/Nokia5110.pdf> – Дата доступа: 13.05.2016

ПЛАЗМЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ НЕТЕРМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА БАЗЕ РАЗРЯДА С ЭФФЕКТОМ ПОЛОГО КАТОДА

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

Юник А.Д.

Бордусов С.В. – д.т.н., профессор

В настоящее время большой интерес представляет область вакуумной ионно-плазменной обработки материалов. Это связано с тем, что применение методов ионно-плазменной обработки характеризуется большими технологическими возможностями по изменению физико-химических и механических свойств поверхностей деталей и заготовок из токопроводящих и диэлектрических материалов.

Целый ряд особенностей разряда с полым катодом обуславливают его широкое применение в спектроскопии, СВЧ технике, различных ионных приборах, для сварки и плавки металлов и т. д. Сущность эффекта полого катода заключается в следующем: в случае, когда катод плоский, приближение к нему края плазмы сокращает эффективную длину, что определяет сильный рост напряжения пробоя, приводящий, в конечном счете, к переходу разряда в дуговую стадию. Положение сильно меняется, когда граница плазмы приближается к открытому концу полого катода. Вследствие искривления в этом месте пространства эквипотенциальных поверхностей электрического поля граница плазмы приобретает воронкообразный характер, и вершина плазменной воронки проникает внутрь полости. Электроны, ускоренные на каком-либо участке катодного падения, входят в этот плазменный стержень с большими скоростями, проходят его насквозь, попадают в противоположный участок катодного падения, тормозятся встречным полем, останавливаются, начинают движение в противоположном направлении, снова попадают в плазму, проходят ее и т. д. В результате, плазма прорывается внутрь катода, поле резко растет, напряжение на разрядном промежутке падает и возникает эффект полого катода, обусловленный осцилляцией внутри полости значительного количества быстрых электронов [1].

Применительно к целям изучения свойств и электрофизических характеристик плазмы тлеющего разряда с эффектом полого катода трубчатого типа и проведения комплекса работ по исследованию данных характеристик для плазмостимулированной обработки материалов была разработана специальная разрядная система, входящая в состав экспериментального стенда. Он также включает:

- генератор электрических импульсов;
- измеритель мощности;
- вакуумную камеру с системой вакуумной откачки и разгерметизации;
- датчик вакуума и вакуумметр ВТБ – 1;
- датчик величины потенциала пространства;
- блок смещения и напуска газов;
- генератор чистого азота (ГЧА–18);
- блок очистки воздуха (БОВ–1А);
- компрессор ELAND;
- осциллографы.

Указанный состав измерительных систем и устройств обеспечивает возможность проведения ряда физических и технологических экспериментов по изучению разряда с эффектом полого катода, возбуждаемого в электроде цилиндрической формы.

Для создания разряда внутри камеры используется источник электрических импульсов с частотой следования равной 50 кГц и скважностью 50 %.

Двухлучевой осциллограф используется для измерения величины тока и контроля за формой импульсов тока в разрядной системе, а также для измерения величины напряжения, формы и длительности разрядного импульса между анодом и катодом.

Разрядная система представляет собой полый цилиндрический катод, на который подается импульсное напряжение отрицательной полярности величиной не более 800 В. Ток с катода течет на анод, анодом является колпак вакуумной камеры.

Для создания необходимой степени вакуума используется откачная система. Степень вакуума в рабочей камере определяется по показаниям вакуумметра, который крепится непосредственно на вакуумном колпаке. Погрешность измерений вакуумметра составляет 10 %.

Величина вкладываемой в разряд мощности измеряется посредством измерителя мощности, погрешность измерений которого составляет 5 %.

Генератор чистого азота (ГЧА-18) служит для получения азота высшей чистоты из воздуха. Максимальная производительность по азоту составляет не менее 18 л/ч. Блок очистки (БОВ-1А) предназначен для очистки от углеводородов азота, вырабатываемого генератором чистого азота. Блок очистки вместе с генератором чистого азота и баллонами с воздухом и CF_4 подключаются к блоку смешения газов, из которого рабочий газ подается непосредственно в разрядную систему.

Система регистрации потенциала, выполненная на базе датчика величины потенциала пространства, воспринимает, преобразует его и выдает электрический сигнал, который подается на вход осциллографа.

Общий вид конструкции разрядной системы показан на рисунке 1:

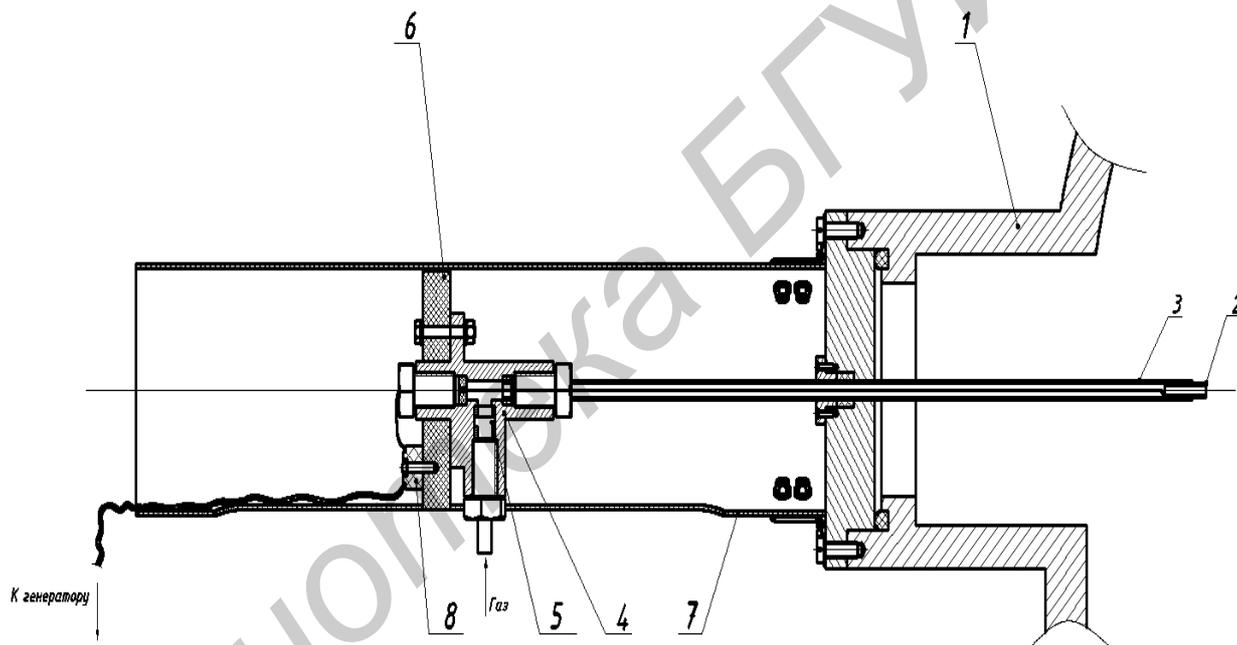


Рис. 1 – Разрядная система плазменного технологического модуля на базе разряда с эффектом полого катода

Для возможности поддержания необходимого для проведения экспериментов рабочего вакуума разработанная разрядная система закрепляется на вакуумной камере вакуумного поста УРМ-3.279.029, позиция 1. Полый катод 2 представляет собой цилиндр из коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т, который помещен в один из концов длинной кварцевой стеклянной трубки 3. Этот конец находится непосредственно в вакуумной камере. Другой же конец трубки закреплен в специальном тройнике 4. Данный тройник выполняет сразу несколько функций: с одной стороны с его помощью осуществляется подвод проволоки из коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т через трубку непосредственно к катоду; с другой, через штуцер 5 подводится необходимый рабочий газ. Далее вся эта конструкция крепится на специальном опорном круге 6 и помещается в диэлектрический защитный кожух 7, который закреплен на вакуумной камере. Подвод необходимого отрицательного потенциала от импульсного источника питания осуществляется электрическим соединением токопровода и проволоки на клеммной колодке 8, которая также закреплена на опорном круге [2,3].

Такой вид конструкции разрядной системы имеет ряд конструктивных особенностей, позволяющих проводить различные эксперименты по исследованию электрофизических характеристик возбуждения разряда с эффектом полого катода в трубчатом электроде [4,5]:

- 1) возможность изменять положение катода в камере простым перемещением опорного круга, на котором закреплена разрядная система;
- 2) возможность изменять положение катода в самой кварцевой трубке;
- 3) возможность использования трубчатых катодов различной длины и диаметра;
- 4) возможность предионизации рабочего газа;

- в 5) одновременная подача по кварцевой трубке и рабочего газа и необходимой мощности, что значительной мере сказывается на чистоте проведения экспериментов.

Список использованных источников:

1. Москалев Б.И. Разряд с полым катодом / Б.И. Москалев. – М.: Энергия, 1969. – 246 с.
2. Бордусов С.В. Исследование процесса плазменного модифицирования полипропиленовой нити тлеющим разрядом с эффектом полого катода / С.В. Бордусов, Н.В. Козак, А.И. Божко // Современные средства связи: материалы XX Междунар. науч.-техн. конф., Минск – Нарочь, 15 – 16 октября 2013 г. / Белорусский гос. ун-т информатики и радиоэлектроники; редкол.: Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2013. – С. 120-121.
3. Исследование влияния режимов электропитания на температуру поверхности цилиндрического электрода-катода / А.И. Божко, А.Д. Юник // Физика конденсированного состояния (ФКС – XXIV): материалы XXIV международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Гродно, 21 апреля 2016 г. / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: В.Г. Барсуков [и др.]. – Гродно, 2016. – С. 144-145.
4. Бордусов С.В. Плазменный модуль тлеющего разряда импульсного тока / С.В. Бордусов, А.Д. Юник // Современные средства связи: материалы XXI международной научно-технической конференции, Минск, 2016 г. – Минск: УО ВГКС, 2016.
5. Плазменный модуль тлеющего разряда импульсного тока / А.Д. Юник, С.В. Бордусов // Проблемы взаимодействия излучения с веществом [Электронный ресурс] : IV Республиканская научная конференция, посвященная 90-летию со дня рождения Б. В. Бокутя (Гомель, 9–11 ноября 2016 г.) : материалы : в 2 ч. Ч. 2. – Электрон. дан. – Гомель: ГТУ им. Ф. Скорины, 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: IBM-совместимый компьютер; Windows XP; ОЗУ 512 Mb; CD-ROM 8-х и выше. – Загл. с этикетки диска. – С. 202-204.

РАЗРЯДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИОННО-ЛУЧЕВОГО ИСТОЧНИКА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПЛЕНОК ОКСИДА НИКЕЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

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

Е.С. Ярмашук

С.М.Завадский – доцент

Исследование разрядных характеристик проводилось на исследовательской вакуумной установке, оснащенной ионно-лучевым источником и необходимыми источниками питания. Были исследованы зависимость тока разряда, тока мишени ионно-лучевого источника и скорости формирования пленки оксида никеля в зависимости от содержания кислорода в рабочей смеси газов (аргон и кислород) при распылении мишени из металлического никеля.

Эксперименты проводились на вакуумной установке, на базе вакуумного поста ВУ-2МП, оборудованной ионно-лучевым источником. Камера вакуумной установки откачивалась до остаточного давления 10^{-3} Па. Распыление мишени из никеля осуществлялось в среде Ar с различным содержанием реактивного газа (O_2). Для поддержания заданного расхода газов использовались автоматические регуляторы расхода газа РРГ-1. При этом поток рабочего газа во всех экспериментах оставался постоянным на уровне 25 мл/мин. Поток реактивного газа изменялся от 3 до 20 мл/мин. Ток разряда ионного источника во всех экспериментах поддерживался постоянным ($I_p=150$ мА, $U_p=4,5$ кВ) при давлении в камере 4.0×10^{-2} Па.

Установлено, что скорость формирования пленки оксида никеля монотонно снижается при увеличении содержания кислорода в рабочей смеси газов. Это согласуется с литературными данными [1], согласно которым скорость распыления должна уменьшаться за счет нескольких факторов. Основным является уменьшение средней массы бомбардирующих мишень ионов (аргон 40, кислород 16), что приводит к уменьшению коэффициента распыления материала мишени (никеля) (рисунок 1а). Также с увеличением количества кислорода в смеси рабочих газов на мишени увеличивается вероятность образования соединения (оксида никеля), которое обычно обладает меньшим коэффициентом распыления и соответственно тоже уменьшает скорость распыления.

На рисунке 1б приводятся зависимости изменения отношения тока мишени к току разряда в зависимости от изменения содержания кислорода в смеси рабочих газов.

Установлено, что при увеличении содержания кислорода происходит монотонное и пропорциональное увеличение как тока мишени, так и отношения тока мишени к току разряда при постоянном токе разряда. Это объясняется эффектом вторичной ион-электронной эмиссии [1], что и приводит к увеличению тока мишени.