

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 533.9.08

Моисеев
Андрей Александрович

Устройство генерации низкочастотного разряда

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени магистра
по специальности 1-39 80 03 «Электронные системы и технологии»

Научный руководитель
Мадвейко Сергей Игоревич
заведующий кафедры ЭТТ,
доцент, канд. техн. наук

Минск, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Плазменная обработка материалов широко применяется в промышленности, включая упаковочную, электронную, аэрокосмическую и автомобильную отрасли, биомедицину. Её популярность обусловлена уникальными возможностями плазмы по генерации химически активных ионов при низкой температуре газа и одинаково высокой скорости реакции на относительно большой площади. Ранее плазменная обработка проводилась под низким давлением только в вакуумной камере, требовавшей сложных вакуумных систем. Применение же плазмы при нормальном атмосферном давлении дало важнейшее преимущество — дорогое оборудование стало ненужным.

Электрические разряды, такие как дуговой, диэлектрический барьерный, коронный, а также прямой пьезоэлектрический разряд ионизируют газы при атмосферном давлении создавая плазму. При контакте с обрабатываемой поверхностью, химически активная холодная плазма вызывает большое количество физических и химических процессов. Низкочастотная плазма дугового разряда находит применение в микро- и нанoeлектронике для очистки поверхностей, их модификаций, повышении адгезии. Плазма при ее использовании в качестве обеззараживающего средства, является способом внесения энергии в обрабатываемые объекты, то есть в микроорганизмы.

Обработка материалов и изделий электронной техники с использованием низкочастотной плазмы широко используется в технологии производства микро- и нанoeлектроники. Использование малогабаритного низкочастотного генератора позволит упростить и удешевить процесс обработки.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Обработка материалов и изделий электронной техники с использованием низкочастотной плазмы широко используется в технологии производства микро- и нанoeлектроники. Поэтому отработка режимов работы малогабаритного низкочастотного генератора дугового разряда применительно к технологии модификации поверхностей в технологиях сборки электронных устройств позволит упростить и удешевить процесс обработки.

Цель и задачи исследования

Целью работы является исследование влияния низкочастотной плазмы дугового разряда на поверхности различных материалов.

Объектом исследования является низкочастотный разряд.

Предметом исследования являются электрические характеристики низкочастотного разряда.

Область исследования Плазменная техника и плазменные технологии применительно к процессу обработки материалов электронной техники.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров. Магистерская диссертация выполнена самостоятельно, проверена в системе «Антиплагиат». Процент оригинальности составил 75,93%. Заимствования и цитирования обозначены ссылками на публикации, указанные в «Списке литературы».

Научная новизна заключается в экспериментальном обосновании эффективности использования малогабаритного низкочастотного генератора дугового разряда для обработки поверхностей различных материалов применительно к технологическим процессам сборки изделий электронной техники.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

1. Экспериментально показана возможность эффективной модификации поверхностей различных кристаллических материалов электронной техники с использованием малогабаритного низкочастотного генератора.

2. При обработке материалов (сталь, стекло, кремний) низкочастотной плазмой дугового разряда до 10 секунд угол смачивания поверхности материалов уменьшается до 3-4 раз. Обработка плазмой поверхности материалов более 10 секунд не приводит к существенному уменьшению угла смачивания.

3. Усилие на разрыв склеенных пластин после обработки низкочастотной плазмой практически в 2 раза превышает усилие, которое нужно приложить для разрыва склеенных пластин без обработки.

Теоретическая значимость работы заключается в исследовании процесса обработки низкочастотной плазмой различных материалов, установление зависимостей характеристик пластин (угол смачивания, адгезия) от времени обработки. Экспериментально установлено, что после обработки поверхностей материалов низкочастотной плазмой дугового разряда уменьшается угол их смачивания до 3-4 раз, а усилие на разрыв увеличивается в 2 раза.

Практическая значимость Установленные зависимости могут быть использованы при модернизации существующего и разработке нового плазменного оборудования, разработке технических процессов плазменной обработки материалов изделий электронной техники.

Апробация диссертации и информации об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 56-й и 57-й научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов БГУИР.

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 3 печатные работы в материалах научных конференций, в том числе 3 доклада.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В главе 1 приведен литературный обзор конструктивно-технических решений генераторов низкочастотной плазмы, а также приведена наиболее простая схема, применительно к задаче возбуждения низкочастотной плазмы дугового разряда. Также рассмотрено влияние воздействия плазмы на поверхности различных материалов.

В главе 2 приведена схема малогабаритного генератора низкочастотной плазмы и диагностическое оборудование.

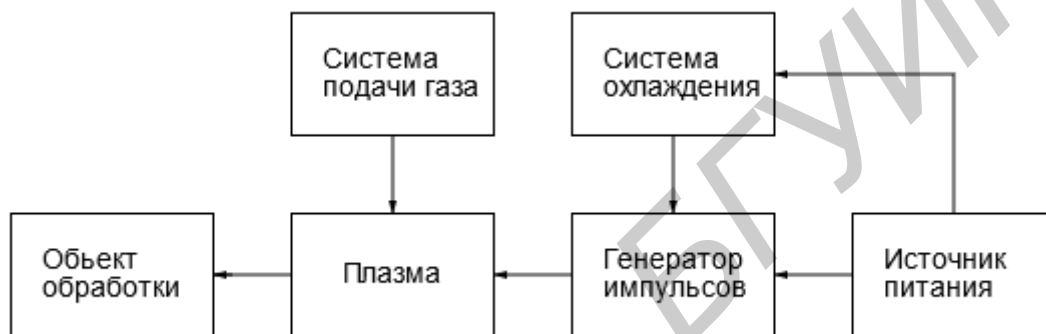


Рисунок 1 – Структурная схема малогабаритного генератора низкочастотной плазмы

Генератор представляет собой плату, помещенную в корпус. Над корпусом закреплен вентилятор, который служит для охлаждения платы. Так же в нижней части корпуса закреплена трубка, по которой подается воздух для образования плазмы. Электроды, между которыми образуется дуговой разряд выведены к трубке и расположены на расстоянии 10мм.

В главе 3 предложены результаты исследований влияния низкочастотной плазмы дугового разряда на угол смачивания поверхности различных материалов (сталь, кремний, стекло).

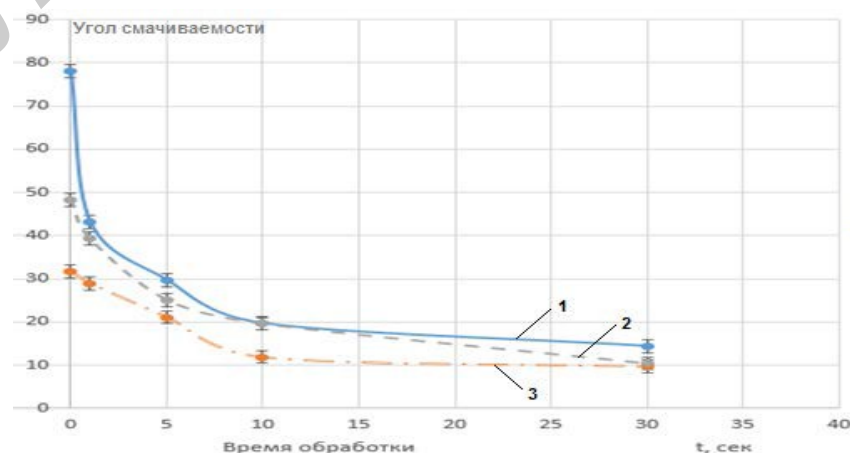


Рисунок 2 - Зависимость угла смачивания поверхности пластин от времени обработки низкочастотной плазмой дугового разряда (1 – стекло; 2 – кремниевая пластина; 3 – сталь)

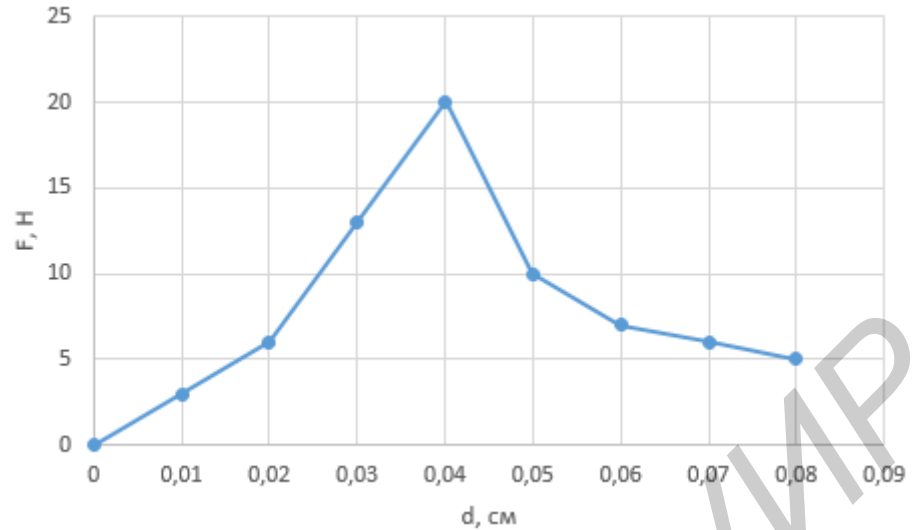


Рисунок 3– Зависимость усилия, необходимого для разрыва необработанных пластин от расстояния

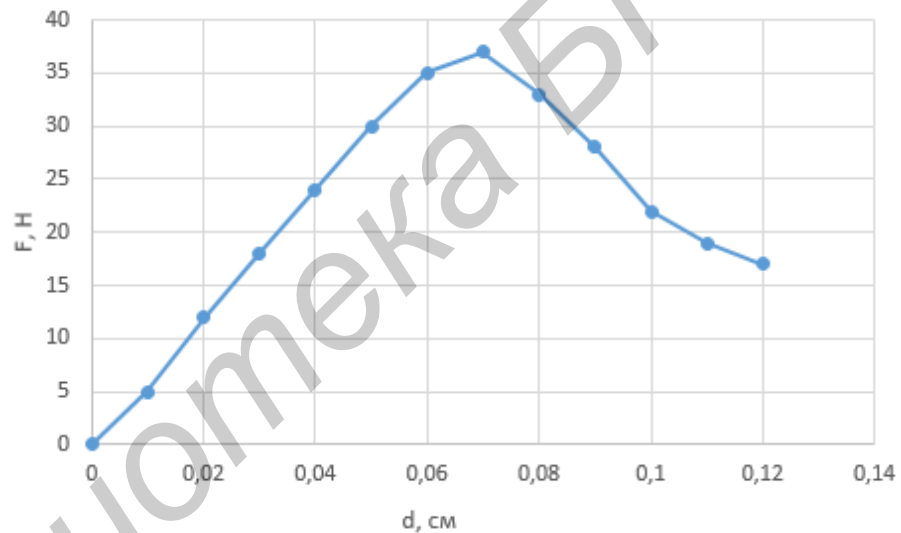


Рисунок 4 – Зависимость усилия, необходимого для разрыва необработанных пластин от расстояния

После обработки плазмой поверхности стальных пластин, усилие, которое потребовалось на разрыв обработанных пластин, практически в 2 раза превышает усилие, которое потребовалось на разрыв необработанных плазмой пластин. Из этого можно сделать вывод, что обработка низкочастотной плазмой дугового разряда приводит к улучшению адгезии поверхностей материалов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы в теоретической части были рассмотрены конструктивно-технические особенности генераторов низкочастотной плазмы, виды плазмы и широту ее применения в технологии производства изделий микро- и нанoeлектроники, в свою очередь обуславливающую актуальность данной работы.

Также были представлены структура малогабаритного низкочастотного генератора плазмы и различные методики исследования влияния низкочастотной плазмы дугового разряда на поверхности материалов. Экспериментально показана возможность эффективной модификации поверхностей различных кристаллических материалов электронной техники с использованием малогабаритного низкочастотного генератора. При обработке материалов (сталь, стекло, кремний) низкочастотной плазмой дугового разряда до 10 секунд угол смачивания поверхности материалов уменьшается до 3-4 раз. Обработка плазмой поверхности материалов более 10 секунд не приводит к существенному уменьшению угла смачивания. Усилие на разрыв склеенных пластин после обработки низкочастотной плазмой практически в 2 раза превышает усилие, которое нужно приложить для разрыва склеенных пластин без обработки.

Результаты исследований показывают эффективность использования малогабаритного, маломощного генератора низкочастотной плазмы дугового разряда для обработки поверхностей металлов, пластика, стекла. Разработанное устройство позволяет эффективно использовать его для увеличения адгезии в различных условиях за счет своей простоты, малых размеров и низкого энергопотребления.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1. Моисеев А.А., АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО РАЗРЯДА // 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования БГУИР: материалы, Минск, 18–20 мая 2020 г. / БГУИР – Минск, 2020. –с. 356-357.

2. Моисеев А.А., АНАЛИЗ РАБОТЫ НИЗКОЧАСТОТНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО РАЗРЯДА // 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования БГУИР: материалы, Минск, 18–20 мая 2020 г. / БГУИР – Минск, 2020. –с. 358.

3. Солдатенко А.В., КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПЛАЗМЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ / Моисеев А.А./ 55-я Юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования БГУИР: материалы, Минск, 22–26 апреля 2019 г. / БГУИР – Минск, 2019. –с. 367.

4. Моисеев А.А., ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛА СМАЧИВАЕМОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАСТИН ИЗ СТАЛИ, СТЕКЛА И КРЕМНИЯ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ПЛАЗМОЙ ДУГОВОГО РАЗРЯДА / Барахоев А.Л./ 57-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования БГУИР: материалы, Минск, 19–23 апреля 2021 г. / БГУИР – Минск, 2021. –с. 222-223.