

УДК 621.7.029

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СВЧ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ

Кудина А. В.<sup>1</sup>, Франко Е. П.<sup>1</sup>, Барковская К. Н.<sup>1</sup>, Есьман Г. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Плазменные технологии в силу наличия большого количества достоинств широко применяются в производстве устройств электронной техники. В данной статье речь пойдет о технологии плазмохимического травления при использовании СВЧ разряда, выборе фоторезиста и оборудования для выполнения следующего технологического процесса.

**Ключевые слова:** СВЧ плазма, травление, фоторезист, плазмохимические технологии, плазмотрон.

## TECHNOLOGICAL PROCESS OF MICROWAVE PLASMOCHEMICAL ETCHING

Kudina A.<sup>1</sup>, Franko E.<sup>1</sup>, Barkovskaya K.<sup>1</sup>, Esman G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>BelaRussian Federation State University of Informatics and Radioelectronics

<sup>2</sup>Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** Plasma technology is widely used in the production of electronic devices due to its many advantages. This article has information about plasma chemical etching technology using microwave discharge, the choice of photoresist and equipment for the following technological process.

**Key words:** microwave plasma, etching, photoresist, plasmochemical technologies, plasmatron.

Адрес для переписки: Барковская К. Н., ул. П. Бровки, 6, г. Минск 220089, Республика Беларусь  
e-mail: k.barkovskaia@bsuir.by

Плазменные технологии в последнее время являются важным инструментом в производстве микроэлектронных устройств. По мере развития плазменных технологий различные методы обработки поверхностей с помощью плазмы стали использоваться и в других отраслях, включая автомобилестроение, медицинское оборудование, текстиль и авиакосмическая отрасль.

Сегодня плазменная технология регулярно используется для: очистки и обработки поверхностей внутренних и внешних деталей автомобиля, для улучшения адгезии краски и других покрывающих материалов, для придания отталкивающих свойств текстильным материалам, для очистки и обработки фильтров, игл шприцов, катетеров для ангиопластики, контактных линз, высоковольтных разъемов питания и многое другое.

Выбирая правильные параметры обработки, можно сделать: плазменную очистку, плазменную активацию поверхности, плазменное осаждение, плазменное травление.

Плазменные технологии обладают следующими достоинствами:

- возможность обрабатывать сложные 3D-объекты и микроканалы;
- экологически чистая технология, без отходов химикатов;
- гибкая настройка процесса для придания поверхности специфических свойств;
- способность обрабатывать чувствительные к температуре материалы;
- возможность обрабатывать проводники, полупроводники и изоляторы и пр.;
- низкая стоимость обработки;

– возможность производить продукцию с высокой добавленной стоимостью по отношению к продукту и др. [1].

Плазменное травление заключается в снятии материала с поверхностей с использованием плазменных процессов. Его называют также сухим травлением – в контрасте с традиционными мокрыми процессами травления, в которых используются агрессивные кислоты. Плазма технологических газов преобразовывает протравливаемый материал из твердого в газообразное агрегатное состояние, а вакуумный насос отсасывает газообразные продукты. Метод маскирования позволяет выполнять травление лишь отдельных участков или структур. Плазменное травление выполняется только в плазме низкого давления. Это обусловлено тем, что заметный эффект травления достигается путем длительной обработки, и все травящие газы могут использовать только в плазме низкого давления [2].

Существует 3 метода выполнения плазменного травления:

1. Ионное травление. Удаление поверхностных слоев материала происходит под воздействием ускоренных ионов.
2. Ионно-химическое травление. Для удаления поверхностных слоев материала используют как бомбардировку ускоренными ионами, так химическое взаимодействие с компонентами плазменного разряда.
3. Плазмохимическое травление. Удаление поверхностных слоев материала осуществляется за счет их взаимодействия с радикалами, образованными в плазменном разряде [3].

**Особенности СВЧ плазмы.** СВЧ разряд по-является в результате возникновения пробивного напряжения и лавинной ионизации плазмообразующего газа (воздух, пар, инертные газы, водород, кислород и др.), а также в результате формирования плазменного сгустка.

СВЧ плазма – это комбинация СВЧ разрядов, генерируемых электромагнитными волнами, значение частоты которых превышает значение 300 МГц [4].

Достоинствами СВЧ разряда являются простота получения плазмы, высокий уровень значения энергии плазмы и широкий диапазон значений давления воздуха [5]. Плазма используется во множестве процессов производства полупроводниковых устройств. Значимую роль играет тот факт, что плазма не нагревается. Поэтому полупроводниковые пластины, которые уже металлизированы, могут быть обработаны с помощью плазмы [6].

СВЧ-плазма с ее ярко выраженным химическим характером воздействия на материал обеспечивает «мягкое» травление и идеально подходит для производства изделий с субмикронной структурой.

Также еще одна полезная особенность СВЧ-плазмы – ее способность проникать в узкие полости, что широко используется в производстве МЭМС [7].

**Выбор фоторезиста.** Под термином фоторезист понимается светочувствительная полимерная пленка, которая под воздействием света меняет свои физико-химические свойства и обладает устойчивостью к химическому или механическому воздействию [8].

Во время травления фоторезист подвергается воздействию следующих факторов: химическим реакциям, физическому распылению, УФ-излучению и температуре.

Все эти факторы действуют одновременно и оказывают влияние на маску из любого фоторезиста в процессе травления. Их влияние тем сильнее, чем длительней процесс плазмохимического травления. Если глубина травления невелика, то время процесса в большинстве случаев будет небольшим, т. е. воздействие плазмы на фоторезист будет минимальным.

В таких случаях для процесса подойдут практически любые фоторезисты на основе нафтохинондиазида. Для этих процессов стоит выбирать особый тип резиста только в том случае, если требуется высокая стабильность маски при нагреве

(отсутствие оплавления). Такая необходимость возникает, если отвод тепла от подложки в реакторе недостаточен [8].

**Оборудование.** Для выполнения плазмохимического травления в промышленности используются установки, позволяющие выполнять одиночную и групповую обработку пластин. Большинство систем отличаются компактными размерами, укомплектованы вакуумным шлюзом и удобными креплениями для пластин [9]. Наличие программного обеспечения позволяет автоматизировать процесс. Основные технические характеристики установок: характеристики электрода, тип загрузки пластин, тип плазмы, характеристики генератора, тип вакуумной камеры, тип системы откачки и давление воздуха в камере, электропитание и габариты [9].

#### Литература

1. Плазменные технологии для обработки поверхности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://sernia.ru/training/plazmennye\\_tekhnologii\\_dlya\\_obrabotki\\_poverkhnosti](https://sernia.ru/training/plazmennye_tekhnologii_dlya_obrabotki_poverkhnosti).
2. Плазменное травление: Снятие оксидных слоев, фоторезиста [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.plasma.com/ru/travlenie-plazmoi>.
3. Плазменное травление (RIE, RIE-ICP, DRIE) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minateh.ru/equipment/technological/plasma-etching>.
4. The Operating Principle of the Microwave Plasma Technology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://plasma-dynamics.it/operating-principle-of-the-microwave-plasma-technology/#>.
5. Shibkov, V. M. Microwave Discharges and Their Application I. Surface Microwave Discharge / V. M. Shibkov // Moscow University Physics Bulletin. – 2019. – 74, № 5. – P. 421–437.
6. Deposition: Plasma, the fourth aggregation state of a material [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.halbleiter.org/en/deposition/plasma>.
7. Симонов, О. Использование микроволновой плазмы для удаления фоторезиста при групповой обработке полупроводниковых пластин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://eurointech.ru/products/PVA/PVA\\_Electronica\\_NTB\\_2\\_2017.pdf](https://eurointech.ru/products/PVA/PVA_Electronica_NTB_2_2017.pdf).
8. Фоторезист как пользоваться, как выбрать, как хранить и работать с ним [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://frast.ru/fotoresists.html>.
9. Фоторезисты для плазмохимического травления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ostec-group.ru/group-ostec/pressroom/articles/ekhnologii/fotorezisty-dlya-plazmokhimicheskogo-travleniya>.