

## **Новое вакуумно-плазменное оборудование для микроэлектроники**

*Представлена новая разработка ОАО «НИИ точного машиностроения» – установка реактивного ионного травления алюминиевой металлизации в плазме хлорсодержащих газов «Плазма ТМ 8». Рассмотрено ее устройство и принцип работы. На установке проводились процессы сухого травления алюминия в вакууме на кремниевых пластинах диаметром 100 и 150 мм при различных технологических режимах.*

**Ключевые слова:** реактивное ионное травление, травление алюминия.

Алюминий остается основным материалом при производстве интегральных схем. Плазмохимическое травление алюминия осуществляется в плазмообразующей смеси  $BCl_3+Cl_2$ . При этом чистый хлор обеспечивает удаление оксида алюминия, который всегда содержится на поверхности пленки алюминия, а также по границам кристаллических зерен.

Обычно процесс травления проводится в две стадии:

-Первые 60 секунд процесса (индукционный период) происходят при более высокой мощности. Это обуславливает увеличение ионной составляющей плазмы и дополнительное травление поверхности пленки физическим распылением, характеризующимся малой селективностью травления Al по отношению к  $Al_2O_3$ .

- Вторая стадия (травление слоя) проводится с уменьшенной мощностью для более высокой селективности процесса.

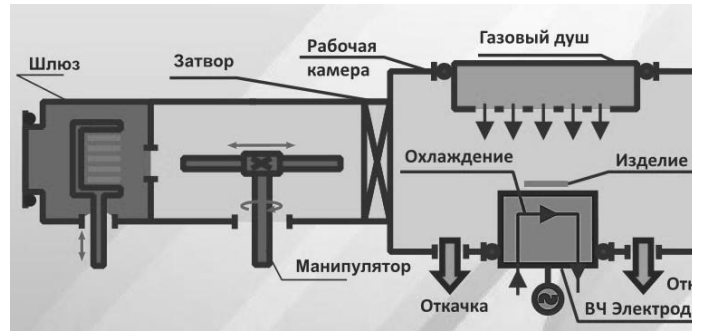
Важной задачей является создание отечественного надежного специального технологического оборудования (СТО), которое могло бы удовлетворить основным требованиям процесса вакуумного травления алюминиевой металлизации, работать в автоматическом режиме с контролем всех параметров технологического процесса на всех стадиях.

В настоящей статье приведены основные сведения о конструкции и технологических возможностях новой отечественной установки «Плазма ТМ 8», предназначенной для проведения процессов реактивного ионного травления алюминиевой металлизации в хлорсодержащей плазме. Так же установка может быть использована для процессов сухого травления тонких металлических слоев (Au, Pt, Ti, и др.), диэлектрических слоев ( $SiO_2$ , SiN и др.), кремниевых слоев (Si, a-Si, поли-Si), материалов группы АЗВ5 (GaAs, InP, GaN, и др.). Важно отметить, что процессы травления алюминия и кремния необходимо проводить в отдельных реакторах, либо между этими процессами реактор надо чистить.

На рис. 1 представлены (а) внешний вид установки «Плазма ТМ 8», (б) принципиальная схема. В состав установки входит технологический модуль, а также стойка питания и управления.



а



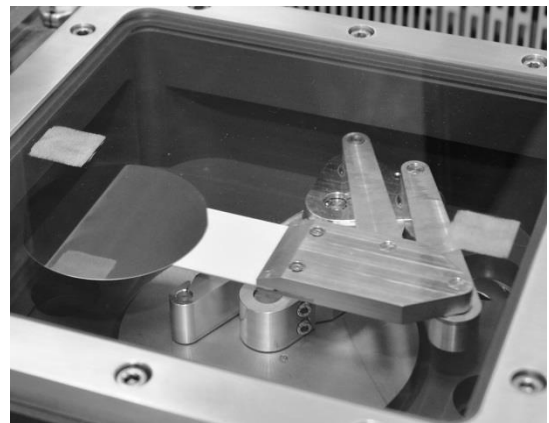
б

Рис.1. Внешний вид установки «Плазма ТМ 8» (а) и ее принципиальная схем (б).

Рабочая камера, расположенная в технологическом модуле, представляет собой реактор с параллельно расположенными электродами. Внутренний диаметр камеры 300 мм, диаметр электрода 180 мм, расстояние между электродами 75 мм. Для работы в хлорсодержащей плазме внутренние стенки реактора анодированы, а на нижнем электроде установлена керамическая накладка. Для создания ВЧ разряда пониженного давления на подложкодержатель подается мощность от ВЧ генератора в диапазоне 100 – 600 Вт при давлении 10-25 Па. Для защиты реактора от загрязнений его стенки прогреваются до 50-70 °С.



а



б

Рис.2. Шлюзовая камера (а) и распределительный модуль (б) установки «Плазма ТМ 8».

Транспортная система (рис.2), состоящая из шлюзовой камеры (а) и распределительного модуля (б), предусматривает шлюзование кассеты и поштучную загрузку/выгрузку пластин из кассеты в рабочую камеру с использованием манипулятора. Ложемент манипулятора, на котором непосредственно находится пластина, выполнен из керамики.

Вакуумная система выполнена из сухого химически стойкого форвакуумного насоса для работы с хлором, дроссельной заслонки и вакуумных клапанов. Для контроля давления при откачке в рабочей камере применяется термомпарный датчик, отсекаемый во время процесса, а для контроля рабочего давления - мембранный. Давление в шлюзовой

камере и распределительном модуле измеряется отдельным термопарным датчиком. Для создания рабочего давления во время процесса травления применяется дроссельная заслонка.

Система подачи сжатого воздуха представлена в виде пневмопанели и имеет блок подготовки воздуха или осушитель, манометр для контроля входного давления, а также распределительное электронное устройство для подачи сжатого воздуха на исполнительные элементы.

Система подачи хладагента представлена гидропанелью, в состав которой входят датчик для контроля входного давления и электронное устройство для контроля расхода воды и ее температуры на выходе каждого канала.

Газовая система установки снабжена четырьмя газовыми каналами с регуляторами расхода на каждом из них. Два канала выполнены для работы с хлором. Для контроля утечки хлора газовая система снабжена газоанализатором. Продувка газовых каналов происходит азотом с помощью дополнительного канала.

Стойка управления и питания включает в себя контроллер, ВЧ генератор, блок управления нагревом и источник бесперебойного питания, а также различные коммутационные элементы. Управление установкой осуществляется через программный интерфейс, который позволяет проводить процесс как в автоматическом, так и в наладочном режимах. Наладочный режим позволяет подобрать необходимые параметры технологического процесса, автоматический режим провести процесс по заранее подобранным параметрам для указанной партии пластин в кассете. Так же возможна запись новых и чтение параметров процесса в библиотеку параметров.

На установке проводились процессы реактивного ионного травления слоя алюминия толщиной 1 мкм на кремниевой пластине диаметром 100 и 150 мм. Режимы травления представлены в таблице 1.

*Таблица 1. Режимы реактивного ионного травления*

Расход Cl <sub>2</sub> , л/ч	0,6
Расход BCl <sub>3</sub> , л/ч	1,8
Рабочее давление, Па	24
Подаваемая ВЧ мощность, Вт	200

Скорость травления алюминиевого слоя составила 0,5 мкм/мин, равномерность по пластине диаметром 100 мм составила ± 3,5 %, а по пластине диаметром 150 мм ± 5%.

Рассмотренная установка позволяет проводить процессы сухого травления алюминия в вакууме, необходимые при производстве интегральных схем. Загрузка/выгрузка пластин из кассеты в кассету повышает производительность установки травления, а ее конструкция разработана с возможностью встраивания в «чистую» комнату, что обеспечивает использование установки как при мелкосерийном, так и серийном производстве в полупроводниковой промышленности. Автоматизированная система управления контролирует все параметры процесса и поддерживает их стабильность согласно установленным значениям, обеспечивая хорошую воспроизводимость процесса травления.

#### Библиографический список:

1. Гуцин О.П., Валева А.С., Чамов А.А., Мицын Н.Г., Долгополов В.М., Одинокоев В.В., Немировский В.Э., Иракин П.А. Разработка оборудования и исследование технологии глубокого травления кремния // Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника. 2015. Вып.3 (159). С. 50 – 54.
2. Данила А.В., Долгополов В.М., Иракин П.А., Немировский В.Э., Одинокоев В.В., Павлов Г.Я. // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. 2015. Вып. 5 (239). С. 42 – 48.
3. Одинокоев В.В., Панфилов Ю.П. Выбор типа вакуумного нанотехнологического оборудования по критерию заданной производительности // Наноинженерия. 2011. №11. С. 7 – 18.