

воздуха к исполнительным элементам ВТО: клапанам вакуумным, затворам высоковакуумным и т. д. Конструктивно обеспечена возможность подключения к системе подачи сжатого воздуха. Рабочее давление на входе системы – 4–10 bar.

Система электропитания и управления обеспечивает электрическое питание узлов и систем ВТО, имеет в составе промышленный компьютер, электрическую панель, источник бесперебойного питания, блока питания техно-

логических устройств, промышленный контроллер, устройства и элементы коммутации.

Система автоматического управления обеспечивает цифровое и аналоговое управление узлами и системами ВТО (насосами, клапанами, блоками питания, технологическими устройствами, системой охлаждения, пневматической и т. д.), обеспечивает автоматический вывод ВТО на рабочий режим и работу ВТО по требуемому технологическому процессу.

УДК 621.3.049

**ВАКУУМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ СЛОЕВ Ti, Ni, Ag, Cr, Cr₂O₃**
Сапожникова К. С.^{1,2}, Наливайко О. Ю.¹, Щербакова Е. Н.²

¹ОАО «ИНТЕГРАЛ»-управляющая компания холдинга «ИНТЕРАЛ»

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Представлен основной состав технологических устройств и подложки для проведения процесса на вакуумно-напылительной установке.

Ключевые слова: вакуумно-технологическое оборудование, кремниевая подложка, стеклянные пластины, напыление.

VACUUM TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR SPUTTERING LAYERS OF Ti, Ni, Ag, Cr, Cr₂O₃
Sapozhnikova K. S.^{1,2}, Nalivaiko O. J.¹, Shcherbakova E. N.²

¹JSC INTEGRAL is the management company of the INTERAL holding

²Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The main composition of technological devices and substrates for carrying out the process on a vacuum sputtering equipment.

Key words: vacuum technological equipment, silicon substrate, glass wafers, sputtering.

Адрес для переписки: Щербакова Е. Н., ул. Я. Коласа, 22, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: scherbakova@bntu.by

Для проведения процесса физического осаждения из газовой фазы (напыление) используют пленки Ti, Ni, Ag (для изготовления интегральных схем), Cr и Cr₂O₃ (для изготовления фотошаблонов) [1].

Для напыления этих пленок используют установку SNT Sigma-400V, которая представляет собой вакуумно-технологическое оборудование (ВТО) периодического действия со шлюзовой загрузкой.

Установка оснащается сухими механическими насосами для предварительной откачки, системой высоковакуумной откачки на турбомолекулярном насосе и криопанели или крионасосе.

ВТО применяется для нанесения прецизионных оптических покрытий, металлизации и барьерных покрытий в микроэлектронике.

Модуль загрузки обеспечивает загрузку-выгрузку подложек в ручном и автоматическом режиме, позволяет оперативно сменять подложкодержатели для перехода на другой типоразмер подложек и обеспечивает возможность работы с

круглыми подложками диаметром от 100 до 200 мм и квадратными до 178×178 мм. толщиной от 100 до 625 мкм, а стеклозаготовок – до 8 мм. Основные материалы подложек – кремний, стекло, кварц.

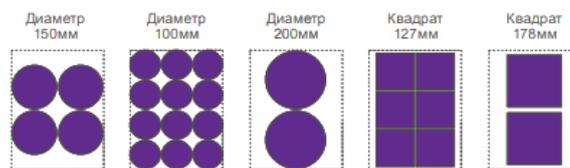


Рисунок 1 – Держатель для подложек различного диаметра

Подложки могут загружаться вручную или автоматически. Режим загрузки задается с панели управления.

Держатель подложек представляет собой металлическую пластину с фрезерованными углублениями под подложки, и полимерными (полиимид, полиэфирэфиркетон) вставками или покрытием, бес-

печивающими отсутствие контакта с планарной поверхностью подложек в зоне за пределами 3 мм от краев с обеих сторон. Для каждого типа подложек используется свой держатель подложек.

Держатель устанавливается на каретку. Каретка изначально перемещается в шлюзовую камеру, затем продвигается в технологическую камеру очистки, в окончании перемещается в технологическую камеру нанесения покрытий.

Система автоматической загрузки построена на базе 6-координатного робота-манипулятора, и обеспечивает работу с подложками разного размера, подаваемыми в стандартных кассетах. Система обеспечивает безопасную и стабильную работу с утоненными пластинами (до 100 мкм) с коэффициентом боя не более 0,1 %. При необходимости может быть использована ручная загрузка. В режиме ручной загрузки, каретка выезжает на стол ручной загрузки-выгрузки, где может быть произведена замена держателя подложки и/или загрузка-выгрузка подложек.

Шлюзовая камера оснащена системой откачки, напуска. Камера отсекается от атмосферы и от технологической камеры очистки щелевыми затворами.

Технологическая камера очистки предназначена для подготовки подложек к нанесению покрытия.

Технологическая камера нанесения покрытий изготовлена из нержавеющей стали, внутренняя поверхность электрохимически полированная. Стенки камеры снабжены каналами водяного охлаждения.

Напыление тонкопленочных структур производится в режиме сканирования подложек перед магнетроном, с последовательным включением магнетрона с требуемым материалом.

Пост вакуумный обеспечивает размещение узлов и систем ВТО, целостность конструкции, возможность перемещения и транспортировки ВТО без потери работоспособности.

Система откачки обеспечивает создание разрежения в камере шлюзовой (низкий вакуум), в технологической камере очистки (высокий вакуум) и в технологической камере нанесения покрытий (низкий вакуум), необходимого для проведения технологического процесса.

Транспортная система предназначена для перемещения кареток с загруженными на них подложками с позиции модуля ручной или автоматической загрузки/выгрузки в вакуумный пост и обратно.

Нижняя направляющая каретки контактирует с профилированными роликами транспортной системы, верхняя удерживается блоками бесконтактной магнитной опоры. Это обеспечивает низкий процент привносимых дефектов на подложки.

Система магнетронного распыления обеспечивает нанесение покрытий (до 5 материалов) путем распыления соответствующих мишеней (Ti, Ni, Ag, Cr, Cr₂O₃ и др.). Состоит из 5 источников

магнетронного распыления, расположенных сбоку от подложек. Имеет систему учета износа мишени по времени и мощности напыления. Обеспечивает следующие скорости напыления:

- Al : > 700 Å/мин;
- Ti : > 400 Å/мин;
- Ni : > 350 Å/мин.

Разброс значений измеряемого параметра (не более):

- ±5 % по подложке;
- ±5 % по подложкодержателю.

Перед процессом напыления может производиться очистка подложек ВЧ источником. ВЧ источник обеспечивает финишную очистку поверхности подложек от молекулярных частиц, адсорбированных газов, органических и неорганических загрязнений, а также для активации поверхностных связей подложки непосредственно перед нанесением тонких пленок.

Система нагрева обеспечивает разогрев подложек до температуры 350 °С с точностью не хуже ±5 % (разброс температура по кас-сете/точность установки температуры).

Система нагрева реализована на основе ИК-нагревателей с предусмотренной защитой нагревателей от запыления кварцевыми съемными экранами. Равномерность нагрева обеспечивается расположением и направлением нагревателей. Мощность нагрева регулируется системой управления по показаниям термодпары, расположенной в зоне держателя подложек.

Система охлаждения обеспечивает охлаждение технологических камер, высоковакуумных насосов, магнетронов, ВЧ источника для поддержания рабочего температурного режима последних. Снабжена датчиком давления воды, реле протока и датчиком температуры. Реле протока служит для аварийного отключения ВТО в случае нарушений в системе циркуляции воды. Подача воды к потребителям осуществляется автоматически. Подключается к сети охлаждения или замкнутой рециркуляции.

Система газовая обеспечивает подачу технологических газов непосредственно в техно-логическую камеру и ВЧ источник очистки. Система подачи технологических газов построена на регуляторах расхода газов, и позволяет подавать до 4-х различных газов (аргон, азот, кислород и др.). Потоки газа из газовой магистрали подаются на входные порты с фильтрующими элементами. Через входной порт газ по металлическим трубопроводам через клапан поступает на регулятор давления, на котором задается необходимое рабочее давление. Далее технологический газ поступает на исполнительные элементы системы подачи газов.

Система пневматическая обеспечивает регулирование входного давления и подачу сжатого воздуха к исполнительным элементам: клапанам вакуумным, затворам высоковакуумным и т. д.

Система электропитания и управления обеспечивает электрическое питание узлов и систем ВТО.

Система автоматического управления обеспечивает цифровое и аналоговое управление узлами и системами ВТО (насосами, клапанами, блоками питания, технологическими устройствами, системой охлаждения, пневматической и т. д.), обеспечивает автоматический вывод ВТО на рабочий

режим и работу ВТО по требуемому технологическому процессу.

Литература

1. Мартынов, В. В. Технология сверхбольших интегральных схем и оптико-механическое оборудование для микро- и нанoeлектроники / В. В. Мартынов, Я. И. Точицкий. – Мн: Беларуская навука, 2018. – 467 с.

УДК 621.3.049

ВАКУУМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ: НАЗНАЧЕНИЕ, ОСОБЕННОСТИ, УПРАВЛЕНИЕ

Сапожникова К. С.^{1,2}, Наливайко О. Ю.¹, Щербакова Е. Н.²

¹ОАО «ИНТЕГРАЛ»-управляющая компания холдинга «ИНТЕРАЛ»

²Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Рассмотрены назначение, особенности, управление и программное обеспечение вакуумно-технологического оборудования.

Ключевые слова: вакуумно-технологическое оборудование, напыление, автоматический режим, полуавтоматический режим, ручной режим, скорость напыления.

VACUUM TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR METAL SPRAYING. PURPOSE, FEATURES, MANAGEMENT

Sapozhnikova K. S.^{1,2}, Nalivaiko O. J., Shcherbakova E. N.²

¹JSC INTEGRAL is the management company of the INTERAL holding

²Belarusian National Technical University

Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The purpose, features, management and software of vacuum technological equipment are considered.

Key words: vacuum technological equipment, sputtering, automatic mode, semi-automatic mode, manual mode, deposition rate.

Адрес для переписки: Щербакова Е. Н., ул. Я. Коласа, 22, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: scherbakova@bntu.by

Вакуумное технологическое оборудование (ВТО) SNT Sigma-400V разработано на базе технических решений и компонентов типового производственного оборудования магнетронного распыления для обработки широкоформатных подложек в области микроэлектроники [1].

Оборудование с шлюзовой загрузкой, вертикальным расположением подложек, функциями ВЧ очистки, нагрева подложек до 350 °С перед напылением, магнетронного распыления до 5 материалов в одном процессе, предназначена для нанесения проводящих и оптических покрытий на стандартные и тонкие (до 100 мкм) кремниевые пластины диаметром 100 мм, 150 мм и 200 мм, а также стеклопластины для шаблонных заготовок размером 102×102 мм, 127×127 мм и 153×153 мм.

ВТО SNT Sigma-400V обеспечивает высокую эффективность и гибкость производства, быстрый переход с одного размера подложки на другой, возможность автоматической и ручной загрузки подложек. Предназначено для применения в серийном и мелкосерийном производстве.

К особенностям установки следует отнести следующее:

- простота загрузки-выгрузки подложек;
- сменные держатели подложек под разные размеры;
- система перемещения с бесконтактной верхней опорой обеспечивает низкую дефектность;
- загрузка подложек на атмосфере, с последующим перемещением держателя подложек без дополнительного механического воздействия на подложки;
- обеспечение высокой равномерности на широкоформатных подложках;
- программируемый профиль движения;
- до 5 материалов слоев в одном цикле напыления;
- 3 стандартных катода + 2 катода для магнитных материалов;
- коэффициент использования мишени 25–35% против обычных 8–15%;
- возможность ручной и автоматической загрузки-выгрузки подложек;
- высокая надежность установки;
- возможность работы в автоматическом, полуавтоматическом и ручном режимах.