

Конспект открытого урока-конференции «Современное оборудование для производства интегральных микросхем»

Преподаватель ГБПОУ Калужской области
«Калужский техникум электронных приборов»
Комаров В.И.

Вид урока: урок – конференция

Предварительная работа: За две недели до проведения конференции, группа делится на подгруппы, каждая из которых готовит доклад по выбранной теме. Преподаватель помогает в подборе материала, даёт консультации. Через неделю подготовки объявляются темы выбранных докладов, план конференции и последовательность выступлений.

Цель урока: Познакомить студентов с новинками технологического оборудования для производства микросхем, выпускаемого в России и их зарубежными аналогами.

Задачи урока:

образовательные:

- формирование у студентов представлений об основных образцах современного технологического оборудования ИМС и их применении в производстве;
- формирование научных представлений о единой, реальной картине мира; понимание актуальности практического применения полученных знаний в повседневной жизни;

воспитательные:

- повышение активности учащихся на уроке;
- формирование у учащихся познавательной потребности, интереса к предмету, за счет использования нетрадиционной формы урока;
- формирование чувства коллективизма и здорового соперничества.

развивающие:

- развитие навыков самостоятельной работы;
- развитие коммуникативной компетенции;
- формирование навыков само- и взаимооценки.

Средства обучения:

технические средства обучения: ПК, мультимедийный проектор;

программное обеспечение: ОС Windows, программа-презентатор Microsoft PowerPoint

раздаточные материалы: лист участника конференции <Приложение 1>

Метод обучения: объяснительно-иллюстративный.

Формы учебной работы:

- командная работа;
- индивидуальная работа.

Обоснование метода обучения и формы:

Перечисленные выше метод обучения и формы работы:

- помогают активизировать внимание учащихся;
- создают обстановку сотрудничества и ответственности перед одноклассниками;
- воспитывают дух здорового соперничества;
- служат формированию у учащихся творческого подхода, четкости и организованности;

- способствуют развитию коммуникативной компетенции учащихся.

План урока

1. Организационный момент – 2 минуты
2. Вступительное слово преподавателя и просмотр вводных видео-презентаций – 28 минут
3. Сообщения студентов – 50 минут
4. Подведение итогов конференции – 10 минут

Ход урока

1. Обеспечение готовности учащихся к уроку: готовности рабочего места и необходимого для урока оборудования.

2. Вступительное слово преподавателя и просмотр вводных видео-презентаций.

В последние годы к стадии возможности использования в коммерческом производстве подошел целый ряд технологий, позволяющих заметно увеличить скорость работы транзисторов, либо столько же заметно уменьшить размер чипа без перехода на более тонкий технологический процесс. Некоторые из этих технологий уже начали применяться в течение последних лет, их названия все чаще упоминаются в новостях, относящихся к микросхемам.

Первая интегральная схема, где соединения между транзисторами сделаны прямо на подложке, была сделана пол века назад. За это время технология их производства претерпела ряд больших и малых улучшений, пройдя от первой схемы Джека Килби до сегодняшних центральных процессоров, состоящих из десятков миллионов транзисторов, хотя для серверных процессоров в пору уже говорить о сотнях миллионов.

Сегодня речь пойдет о некоторых последних технологиях в этой области, таких, как медные проводники в чипах, SiGe, SOI, перовскиты. Но сначала необходимо в общих чертах затронуть традиционный процесс производства чипов из кремниевых пластин. Нет необходимости описывать процесс превращения песка в пластины, поскольку все эти технологии не имеют к столь базовым шагам никакого отношения, поэтому начнем с того, что мы уже имеем кремниевую пластину, диаметр которой на большинстве сегодняшних фабрик, использующих современные технологии, составляет 30 – 45 см. Ближайшим шагом на ее превращении в чипы становится процесс окисления ее поверхности, покрытия ее пленкой окислов — SiO₂, являющейся прекрасным изолятором и защитой поверхности пластины при литографии.

Дальше на пластину наносится еще один защитный слой, на этот раз — светочувствительный, и происходит одна из ключевых операций — удаление в определенных местах ненужных участков его и пленки окислов с поверхности пластины, до обнажения чистого кремния, с помощью фотолитографии.

На первом этапе пластину с нанесенной на её поверхность плёнкой светочувствительного слоя помещают в установку экспонирования, которая по сути работает как фотоувеличитель. В качестве негатива здесь используется прецизионная маска — квадратная пластина кварцевого стекла покрытая плёнкой хрома там, где требуется. Хромированные и открытые участки образуют изображение одного слоя одного чипа в масштабе 1:5. По специальным знакам, заранее сформированным на поверхности пластины, установка автоматически выравнивает пластину, настраивает фокус и засвечивает светочувствительный слой через маску и систему линз с уменьшением так, что на пластине получается изображение кристалла в масштабе 1:1. Затем пластина сдвигается, экспонируется следующий кристалл и так далее, пока не обработаются все чипы на пластине. Сама маска тоже формируется фотохимическим способом, только засвечивание светочувствительного слоя при формировании маски

происходит по программе электронным лучом примерно также, как в телевизионном кинескопе.

В результате засвечивания химический состав тех участков светочувствительного слоя, которые попали под прозрачные области фотомаски, меняется. Что дает возможность удалить их с помощью соответствующих химикатов или других методов, вроде плазмы или рентгеновских лучей.

После чего аналогичной процедуре (уже с использованием других веществ, разумеется) подвергается и слой окислов на поверхности пластины. И снова, опять же, уже новыми химикатами, снимается светочувствительный слой:

Потом накладывается следующая маска, уже с другим шаблоном, потом еще одна, еще, и еще... Именно этот этап производства чипа является критическим в плане ошибок: любая пылинка или микроскопический сдвиг в сторону при наложении очередной маски, и чип уже может отправиться на свалку. После того, как сформирована структура чипа, пришло время для изменения атомной структуры кремния в необходимых участках путем добавления различных примесей. Это требуется для того, чтобы получить области кремния с различными электрическими свойствами — р-типа и n-типа, то есть, как раз то, что требуется для создания транзистора. Для формирования р-областей используются бор, галлий, алюминий, для создания n-областей — сурьма, мышьяк, фосфор.

Поверхность пластины тщательно очищается, чтобы вместе с примесями в кремний не попали лишние вещества, после чего она попадает в камеру для высокотемпературной обработки и на нее, в том или ином агрегатном состоянии, с использованием ионизации или без, наносится небольшое количество требуемых примесей. После чего, при температуре порядка от 700 до 1400 градусов, происходит процесс диффузии, проникновения требуемых элементов в кремний на его открытых в процессе литографии участках. В результате на поверхности пластины получаются участки с нужными свойствами. И в конце этого этапа на их поверхность наносится все та же защитная пленка из окисла кремния, толщиной порядка одного микрона.

Все. Осталось только проложить по поверхности чипа металлические соединения (сегодня для этой роли обычно используется алюминий, а соединения сегодня обычно расположены в 6 слоев), и дело сделано. В общих чертах, так в результате и получается, к примеру, классический МОП транзистор: при наличии напряжения на затворе начинается перемещение электронов между измененными областями кремния.

Сейчас мы посмотрим две видео-презентации по организации современного производства интегральных микросхем в США, на фирме Техас Инструментс, а затем у нас, в России, на заводе Микрон:

1. Производство интегральных микросхем ТИ 9 минут. mp4

2. Производство микрочипов в России! 12 минут. mp4

Теперь, вспомнив процесс создания чипов, можно перейти к обзору современного оборудования, которое сегодня поставляется на рынок и, на котором, вы будете работать.

У вас на руках листы участника конференции. По ходу выступлений вы можете записать на них вопросы докладчикам, а по окончанию проставить оценку. При подведении итогов нашей конференции, мы, на основании ваших оценок доступности изложения материала, выберем лучшую группу докладчиков.

3. Сообщения студентов

1 подгруппа студентов: Резка слитка на пластины.

В полупроводниковом производстве для изготовления подложек слитков материала (буля), прошедший предварительную механическую обработку, режут на тонкие пластины (около миллиметра). Как правило, резка булей происходит по всей длине слитка одновременно, за исключением лабораторных исследований, в которых используются слитки малых диаметров и часто резка используется для отделения от слитка одной пластины.

Среди основных способов резки слитков на пластины следующие:

1. Резка диском с алмазной внутренней кромкой. Режущим инструментом является металлический диск толщиной 0,1-0,15 мм с внутренней режущей кромкой, армированный искусственными или природными алмазами. Чаще всего, такая установка дисковой резки применяется для лабораторных исследований.

2. Резка проволокой с применением абразива. Резка слитка на пластины происходит в процессе перемотки проволоки (как правило, изготовленной из вольфрама, стали, никеля или нихрома) диаметром 0,1-0,15 мм с одного вала на другой. При этом над слитком по всей длине натянуты параллельные нити проволоки, которые прорезают слиток снизу вверх или сверху вниз, в зависимости от используемого оборудования. На проволоку непрерывно подается суспензия с частицами абразива на основе алмазного порошка. Метод широко используется в полупроводниковой промышленности. К недостаткам метода относятся: низкая скорость резки, высокая стоимость алмазного порошка, загрязнение пластин суспензией, сложности с использованием для малых объемов производства (высокая стоимость эксплуатации оборудования при малой загрузке).

3. Резка алмазной проволокой. Процесс резки алмазной проволокой является наиболее современным и постепенно приходит на смену процессу резки суспензией. Процесс резки полностью аналогичен резке суспензией, однако в данном случае сама проволока покрыта алмазным порошком, а вместо суспензии используется жидкость на основе воды. Благодаря алмазной проволоке, скорость резки может быть увеличена в 5 и более раз, по сравнению с резкой суспензией (в зависимости от материала и размера слитка). Используемый водный агент не загрязняет подложки в процессе резки. Алмазную проволоку возможно останавливать в процессе резки и возобновлять процесс без порчи слитка, как это происходит в случае с резкой суспензией. Возможность многократного использования алмазной проволоки в итоге позволяет сделать резку слитка дешевле, чем в случае с суспензией.

Применение:

- Изготовление подложек различных материалов (кремний, сапфир, арсенид галлия, карбид кремния и мн. др.)

ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

Компания Logitech Ltd основана в 1965 году и в настоящее время является общепризнанным экспертом в технологиях обработки полупроводниковых материалов и финишной обработки поверхностей.

Установка Logitech Model 15 идеально подходит для прецизионной нарезки на пластины и разделения пластин на кристаллы широкого спектра материалов, начиная с хрупких кристаллов и заканчивая твердыми керамическими материалами. Особенностью установки является возможность легкой замены отрезной головки алмазной проволоки на алмазные диски.

Отрезная головка режущей алмазной проволоки используется в тех случаях, когда требуется проведение резки с минимальными повреждениями поверхностных и приповерхностных слоев. Это наиболее «мягкий» из возможных методов резки, он прекрасно подходит для резки с небольшой скоростью хрупких и чувствительных образцов. Потеря материала при этом зависит от диаметра проволоки, но обычно составляет 0,25 мм (0,009").

Резка алмазным диском применяется для твердых материалов, когда сохранение приповерхностного слоя без повреждений не так важно. Процесс резки алмазным диском высокоэффективен для твердых керамических и оптоэлектронных материалов, а также крепких полупроводниковых материалов. Потеря материала при резке обычно составляет 0,5 мм (0,02"), но при этом достигается более высокая геометрическая точность, чем при резке алмазной проволокой.

Также установка позволяет использовать в качестве режущего инструмента абразивный диск, состоящий из гибкой полимерной основы, пропитанной абразивной смесью – карбидом кремния. Данная модификация пилы позволяет резать материалы с твердостью до 8 баллов по шкале Мооса.

Абразивно-проволочная пила Logitech AWS одинаково хорошо подходит для резки полупроводниковых и оптоэлектронных материалов, например, таких как GaAs, Si. Пила AWS позволяет резать хрупкие и сложные для обработки материалы или пластины без повреждений. При обработке используется технология чистовой притирки и резки для достижения минимальной потери материала и минимального повреждения образца.

Регулируемая скорость проволоки и нагрузки при резании позволяет использовать её для широкого спектра материалов, включая такие дорогостоящие материалы, как лазерные стержни. Простая процедура загрузки и дружелюбный интерфейс панели управления позволяют минимизировать вмешательство оператора в процесс резки. Абразивный материал при резке подается из вращающегося цилиндра автоматической системой подачи.

Компактная настольная проволочная пила AWS позволяет нарезать материалы диаметром до 100 мм (4") с максимальным размером слитка в длину до 100 мм (4").

Установка Logitech APD2 представляет собой прецизионную пилу с алмазным диском с возможностью резки внутренней и внешней кромкой. Эта надежная система является универсальной для резки полупроводниковых слитков на пластины или для разделения пластин на кристаллы. Установка дает возможность проведения резки с высокой точностью, повторяемостью и минимальной потерей материала. Данная модель прекрасно подходит как для исследовательских работ, так и для производственных целей.

Устройство установки позволяет регулировать такие параметры, как глубину резания, толщину среза, и число отрезанных кусков. Также имеется возможность проведения запрограммированного автоматического нарезания с заданной толщиной и диаметром без участия оператора.

При использовании пилы APD2 с внутренней режущей кромкой можно проводить прецизионную нарезку образца на тонкие пластины с минимальным повреждением поверхности и потерей материала, нарезать полупроводниковые слитки до 78 мм в диаметре.

Пила APD2 с внешней режущей кромкой позволяет резать образцы размером 152 x 152 мм (6 x 6"), при этом добиваясь прецизионной точности нарезания кристаллов с размерами вплоть до 1 x 2 мм.

Установка Logitech APD1 используется для нарезки пластин, кристаллов или полупроводниковых компонентов до 55 мм в диаметре с минимальной потерей материала при резке, а также для прецизионной резки пластин до 100 мм (4") в диаметре на кристаллы. Отличительной особенностью установки является объединение в одном модуле дисковой пилы с внутренней и внешней режущей кромкой. Данная особенность позволяет в одном модуле проводить нарезку кристаллических слитков на полупроводниковые пластины и далее проводить их нарезку на подложки.

Установка APD1 позволяет нарезать образец на тонкие пластины с высокой точностью при минимальном повреждении поверхности и с наименьшей потерей материала при резке. Устройство установки позволяет регулировать такие параметры, как глубина резания, толщина среза, и число отрезанных кусков. Также имеется возможность проведения запрограммированного автоматического нарезания с заданной толщиной и диаметром без участия оператора.

Установка является эффективным инструментом для отрезания и распиловки кристаллов, изготовления срезов электронных компонентов, резки полупроводниковых компонентов, прорезания канавок. Имеется возможность работы с широким спектром материалов, в том числе стёкол, керамических изделий, образцов горной породы и электрооптических материалов.

2 подгруппа студентов: Шлифовка и полировка.

Шлифовка.

Под процессом шлифовки понимают обработку полупроводниковых пластин на твердых шлифовальных дисках абразивными микропорошками. По технологическим признакам шлифовку подразделяют на предварительную (с более крупным порошком) и окончательную (с более мелким порошком). Предварительная шлифовка проводится для того, чтобы быстро выровнять плоскости пластин и удалить припуск. Окончательную шлифовку проводят для дальнейшего улучшения геометрических параметров и качества поверхности обрабатываемых пластин. Утонение пластин также производится шлифовкой.

Полировка пластин.

Для улучшения качества поверхности полупроводниковых пластин и уменьшения глубины механически нарушенного слоя проводят процесс полировки. Процесс полировки проводят при помощи полировальных дисков, обтянутых мягким материалом. В качестве абразива используют микропорошки синтетического алмаза, оксида алюминия, оксида хрома, диоксида кремния.

Применение:

Придание поверхности пластин необходимой плоскостности и шероховатости

Установка РМ6 фирмы Логитеч является настольной установкой шлифовки и полировки для исследовательского производства, способной обрабатывать пластины размером до 4" с небольшой производительностью. Установка позволяет обрабатывать образцы с высочайшим качеством и уровнем обработки поверхности. Опции прецизионной настройки плиты в сочетании с интуитивной системой управления позволяет легко достигать результатов с высоким уровнем точности.

Высокое качество процесса достигается вне зависимости от применения, для которого происходит обработка: для полупроводниковой индустрии, опто-электроники, оптических и геологических применений. Типичными применениями являются: утонение пластин, подготовка геологических образцов, оптика, полировка лазерных рабочих тел, устройств МЭМС и пр.

Установка РМ6 предполагает увеличенные возможности за счет сочетания инновационного дизайна, интуитивного управления, объединение возможностей установки шлифовки и полировки в одной модели. Дополнительно имеется возможность установки прибора контроля плоскостности с управлением по Bluetooth. Весь процесс управления основными функциями установки осуществляется через сенсорный графический экран. Интерфейс позволяет легко создавать многостадийные процессы и обеспечивает высокую повторяемость процесса. Сбор данных о проводимой операции возможен в режиме реального времени с возможностью отображения в табличном или графическом виде, или передаваться на внешнее устройство (например, через USB порт). Также, управление скоростью вращения плиты (5-100 об/мин) и управление креплениями образца осуществляется через интерфейс пользователя.

При получении обратной связи от микрометра через Bluetooth о достижении требуемой толщины образца, двигатель, вращающий плиту, автоматически останавливает процесс. Затем оператор может выбрать, продолжить ли ему процесс или нет и возобновить вращение плиты. При изменении, настройки процесса могут быть установлены таким образом, что остановка плиты не произойдет. Это необходимо в случаях, когда мгновенная остановка без участия оператора может привести к повреждению образца. Предупреждающий звуковой сигнал звучит в любом из двух случаев.

Дополнительно, интерфейс Bluetooth может быть использован с датчиком контроля плоскостности плиты или с индикатором на держателях образца серии РР.

Установка РМ6 позволяет использовать расширенные настройки привода перемещения манипулятора подложкодержателя для улучшения управления процессом, скорости шлифовки и полировки материала, точности выполнения процесса и воспроизводимости результата. Для улучшения обслуживания РМ6 может быть оснащена насосом с вакуумной ловушкой.

Производитель GRINDEX является заводом-изготовителем круглошлифовальных станков с ЧПУ и с ручным управлением, для наружной и внутренней шлифовок. Предприятие создано в результате приватизации, выделением из холдинга Livnica Kikinda, занимавшегося на протяжении многих лет производством шлифовальных станков, и продавшим на всех континентах 8000 единиц за 40-летний период. Предприятие формально прошло приватизацию и изменение названия в 2003 году.

Установка Logitech Tribo CMP - идеальное решение для научно-исследовательских лабораторий и мелкосерийных производств, она позволяет обрабатывать поверхность материала с нанометровой точностью. Данная система способна полировать отдельный кристалл либо целую пластину диаметром до 200мм/4". Logitech Tribo это решение, подходящее для широкой разновидности материалов пластин/подложек, используемых в современном производстве.

Tribo обеспечивает производственные стандарты в управлении процессом и обработке образцов, создает поверхности лазерного качества с улучшенной топографией.

Установка является универсальной и может адаптироваться под разные нужды за счет использования различных приводных головок, полировочных шаблонов, модулей жидкостной химической обработки или автоматическим детектированием конца обработки.

Logitech Tribo позволяет собирать данные о множестве параметров с помощью нескольких датчиков, в целях выявления и анализа различных факторов, влияющих на образцы обрабатываемых материалов. Интегрированное программное обеспечение для анализа в реальном времени, позволяет конвертировать полученные данные в практичный вид. Собранные данные могут легко экспортироваться для работы со стандартными программными пакетами такими как Microsoft Excel.

Данная установка применяется для обработки полупроводниковых материалов, широко используемых в различных устройствах, таких как полевые транзисторы, ИС, БИС, СБИС, инфракрасные детекторы.

Вне зависимости от применения и материала, каждая полупроводниковая пластина проходит несколько общих этапов при производстве, которые включают в себя резку слитка на отдельные пластины, подготовка поверхности перед началом производственного цикла и утонение устройства после окончания изготовления, все это осуществляется с помощью операций шлифовки и полировки.

Logitech предоставляет комплексное решение, включая расходные материалы, для прецизионного утонения таких полупроводников как АЗВ5, полупроводников для инфракрасной оптики и других. Установка химико-механической полировки Logitech Tribo CMP также легко адаптируется под технологии производства МЭМС (микро электро-механических систем); упаковки, монтажа и производства Опто-МЭМС и Био-МЭМС.

Основные преимущества:

- Обработка как мягких, так и твердых материалов;
- Широкий диапазон размеров обрабатываемых пластин;
- Настройка обратного давления для улучшения результатов обработки;
- Контроль окончания процесса в реальном времени.

Logitech Orbis - это идеальное решение для научно-исследовательской среды и пилотных производств. В установке доступен большой рабочий объем для двух образцов размером до 200мм, также есть возможность загружать данные для анализа параметров обработки. Небольшие габариты отлично подходят для лабораторий. Установка сочетает

прецизионную обработку поверхности, отличные аналитические возможности и увеличенную производительность.

Обычно, возможность проводить тестовые производства требует дорогостоящих систем, но Orbis помогает реализовать экономически эффективное пилотное производство. Установка отличается улучшенным функционалом и высокотехнологичными решениями, что позволяет ей достигнуть превосходных результатов обработки, в отличие от подобных установок такого же размера.

Данная установка применяется для обработки полупроводниковых материалов, широко используемых в различных устройствах, таких как полевые транзисторы, ИС, БИС, СБИС, инфракрасные детекторы.

Вне зависимости от применения и материала, каждая полупроводниковая пластина проходит несколько общих этапов при производстве, которые включают в себя резку слитка на отдельные пластины, подготовка поверхности перед началом производственного цикла и утонение устройства после окончания изготовления, все это осуществляется с помощью операций шлифовки и полировки.

Logitech предоставляет комплексное решение, включая расходные материалы, для прецизионного утонения таких полупроводников как АЗВ5, полупроводников для инфракрасной оптики и других.

Установка также используется в оптике и оптоэлектронике. Установка химико-механической полировки Logitech Orbis также легко адаптируется под технологии производства МЭМС(MEMS), Опто-МЭМС и Био-МЭМС.

3 подгруппа студентов: Травление.

В начале нашего выступления предлагаю посмотреть видео-презентацию про ионно-плазменное травление:

Ионно-плазменное травление 6 минут.mp4

Жидкостное травление — процесс травления в жидкой фазе активным химическим раствором. Представляет собой процесс удаления вещества с использованием жидких химических реагентов. Для применения жидкостного травления область, которая не будет подвержена травлению, покрывается маской. Остальная (открытая) область будет подвержена травлению. Затем материал погружается в реактивный раствор. Процессы травления классифицируют на изотропный, который не зависит от кристаллической структуры материала, и анизотропный, который зависит от нее. При изотропном травлении вытравливание происходит во всех направлениях с одинаковой скоростью на немаскированных участках на поверхности, формируя, таким образом, круглую форму поперечного сечения. При анизотропном травлении скорость травления различна в разных кристаллографических направлениях материала. Жидкостное травление применяют в тех случаях, когда не важна высокая степень анизотропии (например, при травлении металлической разводки). К недостаткам этого метода можно отнести невозможность травления некоторых соединений — таких например как карбид кремния (SiC) и нитрид галлия (GaN). Для травления этих материалов используют «сухое» плазмохимическое травление.

Применение:

- Получения необходимого рельефа поверхности
- Формирования изолирующих или проводящих областей.

Производитель Голландская компания Semiconductor Production Systems (SPS) является одним из ведущих дистрибьюторов инструментов, мелкого оборудования и расходных материалов для производства полупроводниковых материалов, МЭМС-устройств, а также биотехнологических производств. Около 25 лет компания выполняет поставки и оказывает сопутствующие услуги по всей Европе. Продукция, поставляемая компанией SPS, охватывает такие этапы производства, как фотолитография, нанесение

тонких пленок, хранение и транспортировка пластин, жидкостная обработка пластин и многие другие.

Установка предназначена для нанесения, проявления покрытия, травления, отмывки, сушки пластин и фотошаблонов.

Установка выполнена из материала, обладающего высокой химической стойкостью — фторопласт. Возможно задание 50 программ из 99 пунктов каждая. Каждый пункт задает время выполнения, скорость вращения двигателя центрифуги (0-10000 об/мин), его ускорение (0-3000 об/мин*с), включение присоса. Подача рабочих веществ осуществляется через отверстия или дозаторы на куполообразной крышке, изготовленной из прозрачного полимера. Возможна опция автоматического открытия/закрытия вертикальной крышки.

Хранение и контроль подачи рабочего вещества в центрифугу происходит с помощью сосуда из фторопласта, содержащего трубки для подвода вещества, азота или чистого воздуха к центрифуге. Поддерживается опция нагрева жидкости. Выход избытка фоторезиста или продуктов смыва осуществляется через слив, расположенный на дне центрифуги.

Производитель Компания Ace Dragon основана в 1991 году в Тайване. Ace Dragon работает в сфере разработки и производства оборудования, необходимого для хранения электронных устройств и компонентов в микроэлектронике. Одним из основных направлений развития компании является создание сушильных шкафов с низкими показателями влажности. Продукция Ace Dragon выпускается под торговой маркой Dr. Storage.

Данная серия шкафов предназначена для хранения электронных компонентов и микросхем в среде инертного газа. При выставлении необходимой относительной влажности, происходит напуск азота. При достижении заданной величины влажности, подача газа прекращается.

В данных сушильных шкафах есть возможность подключения ПК для получения и хранения истории данных. Историю колебаний относительной влажности и температуры можно увидеть на графике.

При задании величины относительной влажности или температуры больше, чем предусмотрено производителем, срабатывает оповещение.

Плазменное травление — метод травления материалов под действием компонентов газоразрядной плазмы. Преимуществом данного метода по сравнению с жидкостным травлением является высокая анизотропия процесса и отсутствие необходимости проведения дополнительных операций для удаления с поверхности продуктов реакции и сторонних примесей, содержащихся в исходных реагентах.

Существует несколько разновидностей плазменного травления:

- ионное травление, использующее в основном физический механизм воздействия ионов плазмы на обрабатываемую поверхность;
- плазмохимическое травление, при котором поверхностные слои удаляются в результате химических реакций;
- и совместное воздействие обоих механизмов — реактивно ионное травление (в том числе реактивное ионное травление с источником индуктивно связанной плазмы — ИСП / ICP).

Например, плазменное травление кремния основано на использовании молекулярных газов, содержащих атомы галогенов в своих молекулах. Образующие ими в плазме элементы реагируют с материалом, который подвергается травлению, образуя летучие соединения. Для каждого материала подбирается свой технологический газ (например, для глубокого кремния чаще всего используется фторсодержащая плазма). Сухое плазменное травление широко используется в производственном цикле изготовления полупроводниковых приборов для травления межприборной изоляции, травления металлизации, травления обратной стороны подложек, формирования

вертикальных межсоединений многослойных полупроводниковых устройств. Помимо этого, широко распространено глубокое ионное травление для создания канавок и отверстий с аспектным отношением 20:1 и больше (в том числе для изделий МЭМС / MEMS и DRAM ячеек памяти).

Применение:

- Плазменное травление диэлектриков
- Плазменное травление полупроводниковых материалов типа АШВ

Травление кремния для создания MEMS структур (в частности, глубокое травление кремния).

- Травление металлов.
- Травление алмазоподобного углерода.

Производитель Компания Diener electronic (Германия) — известный производитель оборудования для плазменных процессов основана в 1993 году и специализируется на производстве систем для очистки и обработки поверхности в атмосферной плазме и плазме низкого давления, высокочастотных генераторов плазмы и атмосферной плазмы.

Установки плазменной очистки поверхности Diener серии NANO предназначены для очистки и активации поверхности изделий из полупроводниковых, кварцевых, стеклянных и прочих диэлектрических материалов в вакууме. Для очистки от органических соединений чаще всего применяется плазма с ионами кислорода и аргона. Установки Diener NANO являются решением для небольших производств и лабораторий, рассчитанных на мелко- и среднесерийное производство и исследовательские задачи. Установки успешно применяются в крупнейших мировых и российских предприятиях в цикле изготовления микроэлектронных компонентов, интегральных микросхем и подобных устройств микроэлектронной промышленности.

Установка снабжена системой вакуумной откачки, включающей вакуумный насос. Камера изготовлена из нержавеющей стали.

Управление процессом, в зависимости от конфигурации установки, может осуществляться вручную или с помощью встроенной ЭВМ.

Особенности установок:

- Небольшие габариты
- Практичность и простота в использовании
- Минимальная подготовка для ввода в эксплуатацию
- Большой выбор комплектующих и опций позволяет сконфигурировать

установку без больших затрат

- Поддерживается работа с пластинами различных размеров и формы
- Минимальные требования к изменению оснастки при изменении машины
- Простота настройки
- Ручное, полуавтоматическое или автоматическое управление
- Высокая воспроизводимость процесса
- Надежность и долговечность эксплуатации

Производитель Компания Plasma-Therm (США) уже более 35 лет производит оборудование для плазмохимических процессов и занимает лидирующие позиции на многих мировых технологических рынках, таких как производство устройств беспроводной связи, светодиодов, устройств MEMS, устройств для хранения информации, фотомасок. Особое внимание компания уделяет направлению R&D в области микро- и нанoeлектроники. На данный момент компания Plasma-Therm имеет 24 патента на устройства и технологические процессы в области плазменных технологий.

Технологическая платформа Versaline компании Plasma-Therm — это полноценное производственное решение, которое также можно использовать на стадии R&D и пилотного производства для достижения высокой повторяемости результатов.

Установка Versaline конфигурируется для следующих процессов:

- RIE (реактивное ионное травление)

- ICP (травление с источником ИСП)
- DRIE (глубокое реактивное ионное травление)
- DSE (глубокое травление кремния для МЭМС / MEMS)
- PECVD (плазмохимическое осаждение)
- HD PECVD (плазмохимическое осаждение с источником ИСП)
- LA PECVD (плазмохимическое осаждение большой производительности —

из кассеты в кассету с роботом)

Все варианты установки, за исключением LA PECVD, могут быть сконфигурированы в следующих вариантах загрузки пластин:

- вакуумный загрузочный шлюз (R&D)
- станция для работы с кассетами (R&D, пилотное производство)
- кластер (пилотное и серийное производство)

Платформа в варианте RIE-ICP позволяет проводить технологические операции создания межприборной изоляции; глубокого анизотропного травления (в том числе кремния); травления «сложных» материалов (карбиды, нитриды); сквозного травления обратной стороны (back-etch, via), травления металлизации; и многих других.

Установка Versaline RIE-ICP оснащена цилиндрической ICP катушкой, которая дает возможность отдельно управлять плотностью плазмы и потоком ионов, падающих на поверхность подложки. Мощность ICP катушки до 3.5кВт позволяет уверенно работать как при точном медленном травлении материалов, так и при глубоком сквозном травлении «сложных» материалов (GaN, SiC). Установка ориентирована на производственный цикл использования и демонстрирует постоянный результат по скорости и однородности травления даже при круглосуточном режиме работы. Установка может работать с пластинами до 200мм. Для производственных задач установка оснащается кассетным загрузчиком или формируется в кластер.

Платформа Versaline комплектуется собственным ПО Plasma-Therm для контроля окончания процессов травления и осаждения, которое использует оптические спектрометр, интерферометр или лазерный интерферометр.

В настоящий момент в мире установлено более 850 установок Versaline. Каждая установка поставляется с базовым технологическим процессом, параметры которого гарантируются производителем.

Пуско-наладочные работы, гарантийное и постгарантийное обслуживание всего модельного ряда установок Plasma-Therm производит компания ЗАО «ЭлТех СПб» на правах представителя компании Plasma-Therm в России.

Дополнительно установка может быть укомплектована системами инженерного обеспечения, газоподачи, утилизации газов.

4 подгруппа студентов: Газофазная эпитаксия.

Метод химического осаждения из газовой фазы (ГФЭ/CVD) - газофазная эпитаксия заключается в том, что компоненты получаемой пленки транспортируют в виде паров их летучих соединений в реактор, где на подложке происходит разложение паров и образование пленки требуемого состава. Химическое осаждение позволяет получать высокочистые твердые материалы.

Одной из распространенных разновидностей ГФЭ / CVD является химическое осаждение из газовой фазы с использованием металлоорганических соединений (МОГФЭ / МОСVD) — метод получения материалов путём термического разложения металлоорганических соединений, содержащих необходимые для осаждения химические элементы. В зависимости от давления в реакторе, метод делится на осаждение из газовой фазы при атмосферном давлении (APCVD), пониженном давлении (LPCVD) и низком давлении $< 10^{-6}$ Па (UHVCVD). Пониженное давление снижает вероятность нежелательных реакций в газовой фазе и способствует более равномерному осаждению пленки на подложку при более низких температурах (низкотемпературное осаждение).

Химическое осаждение позволяет получать различные морфологические типы материалов: тонкие и толстые пленки, пленочные гетероструктуры, монокристаллы, стекла. Дает возможность получения нитевидных кристаллов и колончатых структур, эпитаксиальных пленок. Позволяет наносить покрытия на детали сложной формы, практически любой конфигурации и размера. В настоящее время метод CVD широко применяется в производстве полупроводников, оптоэлектроники, режущих инструментов, огнеупорных волокон, фильтров, и т. д.

Применение:

- Эпитаксия нитридов, арсенидов, карбидов и других полупроводниковых и диэлектрических материалов (GaAs, InGaAs, SiO₂, Si₃N₄).
- Формирование слоёв металлов (W, Cu, Ni, Mo, Ta, Ti).
- Нанесение износостойких, антикоррозионных, тугоплавких, металлизированных покрытий.
- Синтез углеродных материалов (нанотрубок, графена, волокон, алмазов).

Производитель компания Structured Materials Industries (SMI), основанная с 1992 году, специализируется на разработке систем для формирования покрытий методами MOCVD, CVD, ALD. Системы, произведенные компанией SMI, отличаются простотой управления, гибкостью конфигурации и расширенными технологическими возможностями

Установка FB-CVD компании SMI предназначена для нанесения однородных покрытий методом химического осаждения из газовой фазы (CVD) на материалы в виде порошков или мелких частиц. Однородность наносимых покрытий достигается за счет использования в технологии CVD-реактора псевдосжиженного (кипящего) слоя. Данная система позволяет наносить на порошки покрытия, защищающие их от окисления и коррозии, подходит для создания композитных материалов и подготовки катализаторов. Данная технология используется, в том числе, для нанесения на частицы оптических покрытий, позволяющих использовать их в качестве сферических световозвращающих отражателей, применяемых в оптоэлектронике.

Система FB-CVD включает в себя кварцевый реактор с фланцем-основанием и металлическим выхлопным патрубком. Реактор оснащен внешним нагревателем. На выходе из реактора установлен ротаметр. Для поддержки порошка во время проведения процесса в системе предусмотрена продуваемая кювета с удержателем частиц. Установка оснащена манометрами для измерения давления, а также дифференциальным манометром и системой блокировки при избыточном давлении. Каркас системы FB-CVD имеет панели для установки пневматической системы и газовых магистралей.

Установка имеет четыре газовые линии с цифровыми массовыми контролерами расхода газа, пневматическими клапанами и фитингами. Опционально две линии могут быть снабжены устройствами барботирования для подачи жидких компонентов с помощью газа-носителя. При этом конструкция газовой линии оснащается двумя пневматическими клапанами.

Система управления установкой Smart CVD включает в себя персональный компьютер с монитором, контроллер системы управления установкой. Помимо этого Smart CVD имеет интерфейсную систему, состоящую из интерактивной схемы управления установкой с обозначением всех элементов; систему редактирования заданных программ проведения процессов; окно статуса выполнения программы; простейший анализ трендов.

Дополнительно установка может быть оснащена следующими опциями: вакуумной системой, системой фильтрации выхлопа перед насосом, системой барботирования жидкостей.

Все установки SMI поставляются с базовым техническим процессом, заявленным заказчиком. Для всех установок предусматривается возможность доработки конструкции установки и дооснащение дополнительными узлами по техническому заданию заказчика.

Система Nano V CVD от компании SMI предназначена для проведения процессов химического осаждения из газовой фазы (CVD) широкого спектра материалов, таких как кремний, карбиды, халькогениды, нитриды, оксиды, материалы типа АПВВ(фосфиды, антимоениды), а также таких углеродных материалов, как нанотрубки и графен.

В отличие от системы Nano H CVD, данная система оснащена реактором вертикального типа. Преимуществом данной конструкции системы является более равномерное осаждение материала, а также возможность оснащения держателя подложки механизмом вращения для более равномерного нагрева.

При использовании внешнего нагрева (реактор с горячими стенками), система оснащается одной зоной контроля температуры. Опционально реактор может быть увеличен для обработки более крупных подложек и оснащен тремя зонами нагрева вместо одной (нагрев каждой зоны контролируется отдельно). Установка имеет универсальный подложкодержатель с регулируемым положением, установленный на линейно перемещающийся фланец. На газовом душе установлены внутренние датчики отслеживания температуры. Для контроля давления в камере и отслеживания давления в линии выхлопа установлен барометр MKS Baratron. На каждой линии расположен регулятор расхода газа, дистанционно управляемый пневматический запорный клапан и порт детектора утечки.

Возможно комплектация системы Nano V CVD плазменным источником, что позволяет значительно увеличить эффективность и скорость осаждения материалов при относительно небольших температурах.

Помимо всего перечисленного, система может быть оснащена следующими опциями: съёмным сублимационным источником, перемещаемым инжектором, перемещаемым держателем образца, трубкой из Al₂O₃ с двойными стенками (для работы при высокой температуре). Также на каждой из линий могут быть установлены регуляторы давления, коллектор очистки с байпасным клапаном, ручные запорные клапаны.

Все установки SMI поставляются с базовым техническим процессом, заявленным заказчиком. Для всех установок предусматривается возможность доработки конструкции установки и дооснащение дополнительными узлами по техническому заданию заказчика.

Система Nano H CVD от компании SMI предназначена для проведения процессов химического осаждения из газовой фазы (CVD) широкого спектра материалов, таких как кремний, карбиды, халькогениды, нитриды, оксиды, гетероструктурные полупроводники, а также таких углеродных материалов, как нанотрубки и графен. Возможно получение комбинированных материалов, например, структуры «кремний-оксид-нитрид-оксид-кремний» (SONOS), которая применяется при создании энергонезависимых запоминающих устройств.

Особенностью системы Nano H CVD является наличие реактора горизонтального типа с внешним диаметром около 4" для работы с подложками диаметром 3", оснащенного одной зоной контроля температуры. Нагреватель может перемещаться, что позволяет отвести его в сторону для быстрого охлаждения держателя подложки. Опционально реактор может быть увеличен для обработки более крупных подложек размером 4" и оснащен тремя зонами нагрева вместо одной (нагрев каждой зоны контролируется отдельно).

Установка имеет универсальный подложкодержатель с регулируемым положением, установленный на линейно перемещающийся фланец. На газовом душе установлены внутренние датчики отслеживания температуры. Для контроля давления в камере и отслеживания давления в линии выхлопа установлен барометр MKS Baratron. На каждой линии расположен регулятор расхода газа, дистанционно управляемый пневматический запорный клапан и порт детектора утечки.

Помимо всего перечисленного, система может быть оснащена следующими опциями: комплектация плазменным источником, съёмным сублимационным источником,

перемещаемым инжектором, перемещаемым держателем образца, трубкой из Al₂O₃ с двойными стенками (для работы при высокой температуре). Также на каждой из линий могут быть установлены регуляторы давления, коллектор очистки с байпасным клапаном, ручные запорные клапаны.

Все установки SMI поставляются с базовым техническим процессом, заявленным заказчиком. Для всех установок предусматривается возможность доработки конструкции установки и дооснащение дополнительными узлами по техническому заданию заказчика.

Установка GaNomite компании SMI является высотехнологичной системой газофазного осаждения, оптимизированной для роста нитридов с традиционным и хлоридным процессом MOCVD. Для наиболее эффективного расхода реагентов и получения максимальной однородности пленок GaNomite оснащена современным реактором SpinCVD с водоохлаждаемыми стенками и управляемым газораспределением.

Особенности реактора SpinCVD:

- Подходит как для лабораторного, так и для мелкосерийного применения
- Разные типы и размеры держателя подложек (от 8x5 до 20x5 см в стандартном исполнении)
- Высокая скорость вращения держателя подложки и расположение газового входа позволяет оптимизировать поток газов
- Полная автоматизация (Smart CVD система под ПК или программируемый контроллер)
- Работа в CVD (ГФЭ) и ALD (АСО) режимах
- Совместимость с активацией ультрафиолетом и плазмой
- Контроль параметров в реальном времени (температура, скорость осаждения и др.)
- Ручная или автоматическая загрузка
- Автоматическое поддержание состава и радиального распределения реагентов для максимальной однородности, а также защита от опустошения источников реагента
- Изолирование потоков реагентов до достижения зоны смешивания для предотвращения нежелательных реакций
- Исполнение всех металлических узлов и конструкций для высоковакуумного использования
- Высококачественные компоненты и материалы

В GaNomite используются запатентованные SMI системы душевого газонапуска и многозонного нагрева образцов до 1600 °С. Конструкция зоны реакции предоставляет широкие возможности оптического контроля процесса. Одной из отличительных особенностей установки является наличие встроенной системы газоочистки и системы первичной утилизации вредного процессного выхлопа.

Система GaNomite, как и большинство установок SMI, может быть легко модернизирована для работы с другими материалами (алмаз, GeSi, A3B5, A2B6).

Все установки SMI поставляются с базовым техническим процессом, заявленным заказчиком. Для всех установок предусматривается возможность доработки конструкции установки и оснащение дополнительными узлами по техническому заданию заказчика.

5 подгруппа студентов: Молекулярно-пучковая эпитаксия.

В начале нашего выступления предлагаем посмотреть видео-презентацию:

базовые операции по технологии 4 минуты.тр4

Молекулярно-пучковая эпитаксия (МЛЭ / МВЕ) — метод эпитаксиального выращивания тонких пленок в условиях сверхвысокого вакуума (до 10⁻⁸ Па), при котором молекулярные или атомарные пучки направляются на монокристаллическую нагретую подложку. Молекулярные пучки формируются в эффузионных ячейках. В одной ростовой камере располагается несколько ячеек, в каждой из которых размещены основные компоненты пленок и материалы легирующих примесей. Эпитаксиальный рост

происходит на нагретой подложке. Подобное устройство источников материалов роста дает возможность получения сверхтонких слоев с контролируемой концентрацией составляющих материалов и толщиной (сверхрешеток), структур со сложным составом и со сложным профилем легирования. Высокий уровень вакуума обеспечивает чистоту получаемых слоев.

Большим преимуществом эпитаксии МВЕ является возможность использования ряда прецизионных методов контроля роста материала (масс-спектрометр, оже-спектрометр, дифрактометр быстрых и медленных отраженных электронов и т.д.). Молекулярно-пучковая эпитаксия МВЕ характеризуется малой скоростью роста и относительно низкой температурой роста. К достоинствам этого метода МВЕ следует отнести возможность резкого прерывания и последующего возобновления поступления на поверхность подложки молекулярных пучков различных материалов, что наиболее важно для формирования многослойных структур с резкими границами между слоями.

Применение молекулярно-пучковой эпитаксии:

- Формирование пленок полупроводников (Si, Ge, GaAs, InAs, SiGe).
- Формирование полупроводниковых гетероструктур из тройных растворов, основанных на элементах АІІВV (AlGaAs, InGaAs).
- Формирование слоев для структур типа «полупроводник на диэлектрике».
- Эпитаксия арсенидов.

Производитель Компания Veeco Instruments ведет свою историю с основанной в 1945 году в США компании Vacuum Electronic Equipment Company. Главным фокусом деятельности компания является создание оборудования для роста, осаждения и травления тонких пленок материалов.

Система GENXplor выпущена компанией Veeco в 2013 году для проведения исследований в области смешанных полупроводников и других перспективных материалов. Данная установка отличается ценовой доступностью, небольшой занимаемой площадью, а также легкостью в использовании и обслуживании. За счет высокой степени интеграции электронного и вакуумного оборудования достигается значительная экономия пространства лаборатории (до 40% по сравнению с решениями других производителей) и значительно сокращается время запуска установки в эксплуатацию. Система GENXplor разработана на основе установки GEN10, при этом в системе сохранена геометрия ростовой камеры и механизм перемещения образцов, что позволяет создавать качественные эпитаксиальные слои на подложках размером до 3" (75 мм). Программное обеспечение Molly для МВЕ установок компании Veeco позволяет легко создавать рецепты и проводить полноценную запись данных процесса, а также обеспечивает автоматический контроль роста слоев.

Для создания опытного производства и дальнейшего его расширения предусмотрена возможность прямого наращивания производительности до уровня систем GEN20 – GEN2000.

Производитель Компания DCA Instruments, основанная в 1989 году в Финляндии, специализируется на разработке и производстве установок молекулярно-пучковой эпитаксии и систем напыления тонких пленок в сверхвысоком вакууме.

Система DCA M600 является многопрофильной установкой молекулярно пучковой эпитаксии для выращивания пленок и материалов на основе оксидов металлов. Установка M600 доступна в двух вариантах исполнения:

- с 8 портами для эффузионных ячеек и 2 портами для электронно-лучевого испарения материалов;
- с 6 портами для эффузионных ячеек и 4 портами для электронно-лучевого испарения материалов.

В процессе эпитаксиального роста оксидов металлов используются различные виды кислородных источников: молекулярный кислород, атомарный кислород и озон. Параметры системы могут изменяться в зависимости от конфигурации молекулярного

источника, размера подложки и способа ее загрузки. Линейная конфигурация системы буферных камер подразумевает возможность дальнейшего расширения установки: подсоединения дополнительных камер роста, анализа и других сегментов системы.

Особенности установки:

- Одна или несколько электронных пушек;
- Быстродействующие заслонки;
- Максимальный размер подложки 4" (100 мм);
- Опционально устанавливаются источники ионного испарения (ВЧ источники или источники Кауфмана);
- Шлюз для загрузки одной пластины (опционально шлюз для загрузки кассет).

Метод атомно-слоевого осаждения (АСО / ALD) получил широкое распространение как технологический процесс, обеспечивающий рост тонких пленок высокого качества на подложках больших размеров. Особенностью метода является формирование молекулярного или атомарного монослоя без образования трехмерных зародышей. Суть метода заключается в раздельной попеременной подаче газообразных реагентов к подложке так, что химические реакции, приводящие к росту пленок, протекают только в хемосорбированных слоях, то есть с исключением реакций в газовой фазе. Цикл выращивания пленки состоит из кратковременных подач исходного материала (прекурсора) с последующими продувками инертным газом. Цикл двухкомпонентного процесса осаждения атомных слоев состоит из кратковременной подачи первого прекурсора, продувки инертным газом, затем кратковременной подачи второго прекурсора и последующей продувки. Толщина плёнки легко и очень точно задаётся и контролируется по количеству циклов осаждения.

Использование реакций только в хемосорбированных слоях приводит к уникальным результатам по воспроизводимости формируемых слоев, однородности по толщине и плотности, количеству дефектов, стехиометричности состава. Благодаря послойному механизму осаждения возможно формирование беспористых тонкопленочных покрытий при создании объектов сложной формы. Покрытие объекта сложной формы при этом происходит со всех сторон. Применение в процессе источника индуктивно связанной плазмы позволяет проводить плазменно стимулированное атомно-слоевое осаждение, благодаря чему значительно расширяется спектр используемых реагентов. В настоящее время метод атомно-слоевого осаждения применяется в технологии КМОП / CMOS при осаждении высококачественных диэлектриков для устранения туннельного эффекта при уменьшении размеров подзатворного диэлектрика до 1 нм и меньше. Благодаря возможности создания высококонформных слоёв, ALD является единственным методом, используемым при создании DRAM ячеек памяти с характерными размерами менее 100 нм. Помимо этого, метод ALD широко используется для создания диффузионно-барьерных слоёв межсоединений (в основном используются металлы и нитриды).

Применение атомно-слоевого осаждения:

- Формирование оксидных слоев.
- Формирование нитридных слоев.
- Формирование слоев металлов.
- Получение высокоточных многослойных систем, нанокompозитов.

Производитель Компания Veeco является производителем оборудования с применением технологии атомно-слоевого осаждения и аэрозольной технологии. С момента основания в 2005 году Veeco прошла инновационный путь от проектной компании до одного из ведущих поставщиков тонкопленочного оборудования и электролюминесцентных дисплеев. Так, уже в 2010 году Veeco получает награду Nanotech Finland Award (Нанотехнологии Финляндии) за лучший потенциал в бизнесе в области экологически чистых технологий. Бизнес-стратегия Veeco заключается в определении

потребностей заказчика, ясного понимания задачи и разработки ее решения, для чего созданы разные варианты тонкопленочного оборудования.

Установка TFS 600 компании Veneq является встраиваемой в производственную линию системой атомно-слоевого осаждения (ALD), предназначенной для инкапсуляции органических светоизлучающих диодов (OLED). Система обеспечивает превосходное качество тонкопленочных покрытий, высокую производительность и надежность. Установка TFS 600 имеет оптимизированную конструкцию реакционной камеры, модульную конструкцию, испытанные компоненты управления и эксплуатации, а также встроенную систему безопасности. Установка обеспечивает полностью автоматизированную загрузку материала.

Устройство установки позволяет использовать её в чистых комнатах. Все компоненты расположены в вентилируемых областях, обеспечивающих безопасность при эксплуатации. Установка TFS 600 имеет эргономичный дизайн, повышающий эффективность операций загрузки подложек и замены прекурсора, и значительно облегчающий доступ к вакуумной камере при её обслуживании. Система управления легко интегрируется в линию и совместима с GEM/SECS оборудованием.

Впервые за все время существования технологии ALD, непрерывный рулонный ALD процесс стал доступен для исследовательских целей и коммерческого производства. Система WCS 500 позволяет покрывать гибкие рулонные материалы с шириной полотна до 500мм.

Veneq WCS 500 была разработана как исследовательская платформа, что означает большую гибкость при выборе как материала и толщины подложки, так и самого покрытия. Как результат, WCS 500 может удовлетворять потребности клиентов из разных научных областей. С производственной мощностью равной 40000 м²/год, WCS 500 легко превращается из исследовательской системы в аппарат для пилотного производства, например, газобарьерных покрытий для гибкой органической электроники или буферных слоев для солнечных элементов.

6 подгруппа студентов: Испытания.

Виброиспытания

Испытание на вибрационное воздействие изделий проводятся для определения параметров виброустойчивости, вибропрочности в соответствии с ГОСТ, инерционно-жесткостных характеристик изделий, областей и параметров резонансов и антирезонансов, для определения метрологических характеристик различных типов вибропреобразователей и виброизмерительных приборов.

Важнейшими компонентами вибрационной испытательной системы являются: вибростенд (включает в себя вибратор и усилитель мощности), контроллер вибраций и вибродатчики. Вибростенд представляет собой вибрационную испытательную машину, к рабочей платформе которой прикрепляются изделия для вибрационных испытаний. Назначение усилителя — подвести необходимую мощность к подвижной катушке вибратора в виде напряжения и тока. Назначение контроллера вибрации — следить за тем, чтобы сигнал, получаемый с акселерометра, соответствовал сигналу, запрограммированному в контроллере. Измерение параметров вибрации производится с помощью специальных вибродатчиков. Наибольшее применение находят датчики виброускорения — акселерометры. Акселерометры с помощью специальных кабелей соединяются с виброизмерительными приборами. Как правило, процесс испытаний автоматизирован при помощи специального программного обеспечения.

Применение:

- на ослабление, усталостное разрушение, обрыв соединений, разрушение от гармонических вынуждающих воздействий, возникновение посторонних звуков, ненормальной вибрации, трещинообразование, выявление механических дефектов.

- Определение степени годности испытываемых образцов к воздействию вибраций заданной степени жесткости.
- Метрологическая аттестация виброизмерительных трактов, датчиков, приборов.

Испытательные климатические камеры тепло-холод

Из всех климатических факторов на электронные приборы в наибольшей степени влияют повышенная влажность в сочетании с повышенной температурой и высокая концентрация коррозионно-активных химических веществ в окружающей среде. Воздействие климатических дестабилизирующих факторов проявляется в нарушении внешнего вида изделия (коррозионные процессы), внутренней структуры комплектующих изделий (растрескивание кристалла микросхемы), потере герметичности корпусных деталей, механических повреждениях (из-за различного коэффициента линейного расширения), электрических дефектах (повреждение изоляции).

Наиболее распространенным видом климатических испытаний являются температурные испытания. Существует несколько разновидностей температурных испытаний: воздействие пониженной температуры (определение пригодности изделий к эксплуатации, транспортированию или хранению при воздействии пониженной температуры); выдержка при повышенных температурах; проведение испытаний при совмещенной тепловой и электрической нагрузке (испытывают под номинальной или максимально допустимой для данных изделий электрической нагрузкой); циклические (определения способности изделия противостоять быстрой смене температуры); испытание термическим ударом (быстрое изменение температуры от очень высокой до очень низкой). Все испытания проводятся в специальных климатических камерах. При проверке температурного воздействия используются камеры тепло-холод.

Также проверяется устойчивость к воздействию влаги, которые предназначены для определения способности изделий сохранять свои параметры в условиях длительного воздействия влажности и после прекращения этого воздействия. Кроме того, проводится выдержка при постоянных значениях влажности и температуры и циклический режим, который характеризуется воздействием повышенной влажности при циклическом изменении температуры воздуха в испытательной климатической камере. Для проверки изделий на воздействие температур, влажности и измерение этих изменений в процессе испытаний применяются испытательные климатические камеры. Одним из наиболее распространенных видов являются камеры тепла-холода-влаги (ТХВ).

Достаточно распространенным видом климатических испытаний является испытание в солевом тумане. Проверку на устойчивость к воздействию соляного тумана изделий проводят для определения их коррозионной стойкости в атмосфере, насыщенной водными растворами солей.

Применение:

- Контроль качества выпускаемой продукции при воздействии температуры, влаги, соляного тумана.

Производитель Компания Advanced Vacuum была основана в Швеции в 1993 году. Основной деятельностью компании было проведение сервисных работ: обслуживание и ремонт вакуумного оборудования. Основной специализацией компании были установки плазмохимического травления и осаждения. Со временем, компания Advanced Vacuum стала представителем на территории Скандинавии крупнейших производителей комплектующих, таких как VOC Edwards и других.

С тех пор как операция соединения пластин (бондинга) стала неотъемлемой частью многих современных технологических процессов (например, при производстве МЭМС), возникла и необходимость контроля качества этих соединений. Установка BONDTESTER компании Advanced Vacuum позволяет проверять качество наклеивания пластин на носитель и соединения пластин друг с другом перед тем, как они будут использованы в таких важных технологических операциях, как травление или осаждение. Эта недорогая

автономная установка позволяет избежать в процессе производства использование пластин с дефектами соединений, что значительно оптимизирует сложные технологические этапы.

Установка BONDTESTER оснащена встроенным насосом, при этом имеет небольшие габариты и легко перемещается при помощи колес. Установка просто монтируется, имеет интуитивно понятный интерфейс и полностью автоматический цикл работы. Все это делает установку мобильной и позволяет легко встраивать её в производственную линию.

Термовакuumная камера TVC 225 является полностью программируемой и автоматизированной системой, способной с высокой точностью контролировать температуру и вакуум в камере для испытаний больших объемов электронных компонентов и сборок. Независимые температурные зоны с собственными датчиками температуры обеспечивают высокую эффективность работы при низких энергозатратах. Точность поддержания температуры и стабильность скорости нагрева позволяют наряду с высокой производительностью получать точные и надежные результаты испытаний.

Термовакuumная камера TVC 025 представляет собой полностью автоматизированную программируемую систему для испытаний электронных компонентов и микросборок. Система дает возможность с высокой точностью контролировать температуру и уровень вакуума в камере. Благодаря большому количеству портов TVC 025 позволяет снимать электрические параметры в критических условиях с компонентов и микросборок различных видов. Данная система идеально подходит для проведения стресс-тестов.

Полуавтоматическая зондовая станция Micromanipulator P300A

Высокоточная, стабильная и легкая в управлении зондовая станция P300A представляет собой наиболее эффективное решение для аналитического тестирования полупроводниковых устройств на пластинах до 300 мм. Станция позволяет проводить измерения малых токов и имеет субмикронную точность позиционирования. Модель P300A имеет объединенную точку заземления, укомплектована встроенной камерой для проведения измерений в темной сухой среде, а также встроенными каналами нагрева рабочего столика с возможностью подключения внешней термосистемы.

Управление станцией осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения netProbe™, разработанного компанией Micromanipulator. Программное обеспечение включает графическую среду Navigator, Wafer Map и Memoгу, а также функцию распознавания образца Pattern:

- Среда Navigator обеспечивает полный интерактивный контроль перемещений столешницы, микроскопа, столика, в том числе и по оси поворота.

- Среда Wafer Map позволяет построить карту пластины, с помощью которой достигается высокая точность пошагового перемещения от чипа к чипу и повторяемость контакта.

- Среда Memoгу позволяет сохранять координаты контактных площадок в памяти и увеличить тем самым скорость последующих измерений.

- Функция распознавания образца (Pattern) позволяет выравнивать систему по заданному объекту на пластине после каждого запрограммированного перемещения.

Моторизированные рычаги ручного управления располагаются на передней панели и позволяют легко управлять станцией, когда программирование перемещений не требуется. Кроме того, станция оснащена джойстиком, с помощью которого оператор управляет перемещением рабочего столика и микроскопа, а также подъемом столешницы по оси Z. Программирование перемещений P300A может осуществляться без персонального компьютера непосредственно через дисплей с сенсорным управлением.

Преподаватель: Сейчас мы слушаем рассказ нашей студентки 4 курса, которая готовит дипломный проект и уже работает на современном производстве ИМС:

Выступление студентки 4 курса

4. Подведение итогов конференции.

Итак, ребята! Мы с вами познакомились с современным оборудованием для производства ИМС, многие ваши одноклассники подготовили интересные доклады. Те, кто заинтересовался этой темой могут продолжить ее изучение самостоятельно. По результатам проведенной конференции давайте определимся: кто из докладчиков, по вашему мнению, лучше подготовил материал? Почему? Чего не хватило в материалах других докладчиков?

Использованные материалы и Интернет-ресурсы

1. <http://equip.eltech.com/catalog> - сайт технологическое оборудование для микроэлектроники
2. <http://tech-e.ru/contract-electronics-manufacture.php> - сайт технологии в электронный промышленности
3. <http://www.nanonewsnet.ru/> - сайт о нанотехнологиях №1 в России

**Лист участника конференции
«Современное оборудование для производства интегральных микросхем»**

№ участника	Тема выступления	Вопросы докладчику	Понятное и доступное изложение материала
1	Резка слитка на пластины.		
2	Шлифовка и полировка.		
3	Травление		
4	Газофазная эпитаксия.		
5	Молекулярно-пучковая эпитаксия.		
6	Испытания.		

Итоги конференции:
