УНИВЕРСАЛЬНЫЙ УЧАСТОК РЕЗКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПОДЛОЖЕК И ПЛАСТИН

А.Чабанов / *micro@ostec-group.ru*

Участок резки полупроводниковых подложек и пластин в современном микросборочном процессе на первый взгляд достаточно прост. Он включает системы дисковой резки, монтажа пластин на пленочный носитель, их отмывки. Однако чтобы сделать такой участок универсальным, важно знать, какие опции существуют. Это требует прояснения ряда вопросов, в том числе, какую площадь он будет занимать и из чего состоять.

Существует различное оборудование, которое может облегчить решение производственных задач и снизить процент брака на этапе резки. Совокупность систем резки с правильно подобранным периферийным оборудованием, в том числе с соответствующими режущими дисками, – законченное техническое решение, которое позволит решать многие задачи.

Такой участок на примере оборудования компании Advanced Dicing Technologies – ADT (Израиль) должен состоять из системы дисковой резки и связанного с ней вспомогательного оборудования (рис.1).

Рис.1. Система дисковой резки и связанное с ней периферийное оборудование

Ключевую роль в производственном процессе играет правильный подбор необходимого оборудования. Известно, что качество реза зависит от множества параметров, наиболее важный среди которых – биение, передаваемое от шпинделя на режущий диск. В отличие от вариантов резки других известных производителей ADT использует в системе дисковой резки собственную разработку – переднее закрепление шпинделя (рис.2). Это решение позволяет значительно минимизировать передаваемые на диск вибрации и, как следствие, значительно улучшить качество реза.

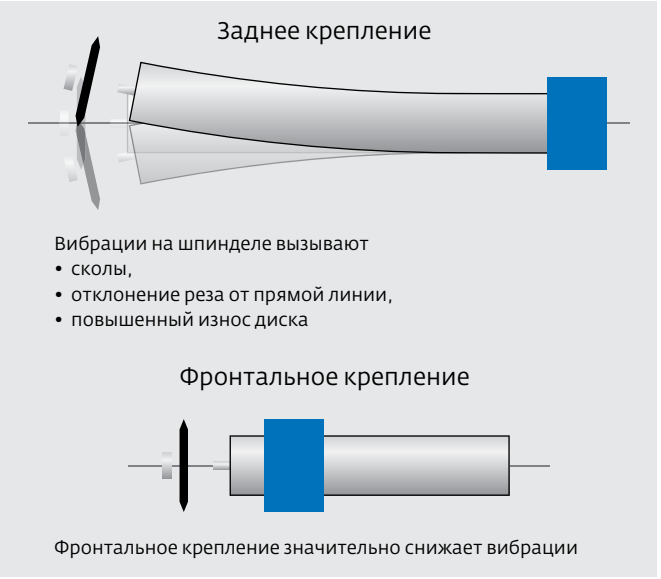

Рис.2. Типы крепления шпинделя в системах ADT для дисковой резки пластин и подложек

Машины ADT обладают рядом полезных опций:

- системами технического зрения с регулируемым уровнем увеличения;
- возможностью работы с подложками и пластинами различной формы и размеров, вплоть до 300 мм;
- дружественным интерфейсом на русском языке;
- резкой подложек под различными углами к поверхности рабочего стола (оборудование оснащается специальным наклонным шпинделем, что важно при создании оптоэлектронных компонентов).

Рис.3. Системы дисковой резки ADT: а – ADT 7100 (полуавтоматические); б – ADT 7200 (автоматические); в – ADT 7900 (высокопроизводительные, с двумя шпинделями)

Машины имеют разный уровень автоматизации: от полуавтоматических с ручной загрузкой пластин в рабочую область до полностью автоматической загрузки и выгрузки пластин из кассеты в кассету и встроенной системой отмывки (рис.3).

При резке пластины или подложки обычно ее предварительно монтируют на специальную пленку-носитель. Для этого используется система ADT WM 966 (рис.4), обладающая возможностью работы с пленками различной ширины. Ее конструкция позволяет экономно расходовать пленку, поскольку обрезающие ножи расположены сразу за рамкой. Для специальных задач, например, монтажа тонких пластин из хрупких материалов (сапфировые пластины толщиной 50 мкм), система оснащается специальным вакуумным держателем из пористой керамики, обеспечивающим равномерный прижим пластины к поверхности рабочего стола и приклейку ее к пленке без растрескивания и воздушных пузырей. Особенность системы – возможность оснащения установки столом с воздушной подушкой, который позволяет монтировать на пленку пластины с хрупкими МЭМС (структурами без их повреждения).

На результаты процесса существенное влияние оказывает степень очистки подаваемой в зону резки воды. Важно отметить, что при резке большинства материалов остро стоит проблема утилизации воды, поскольку ее, загрязненную такими материалами, нельзя сливать в общую канализацию. Использование проточной воды проблематично, так как это приводит к ее значительному расходу и необходимости наличия емкостей для утилизации. Для решения возникающих проблем предлагается система циркуляции и очистки воды, подаваемой в зону реза, – ADT CLF 921 (рис.5).

Рис.4. Система монтажа пластин на пленочный носитель ADT WM 966

Рис.5. Система очистки и рециркуляции воды ADT CLF 921

Система способна работать одновременно с двумя машинами дисковой резки. Она обеспечивает:

- циркуляцию по замкнутому контуру подаваемой в зону реза воды;
- двухступенчатую очистку воды от продуктов резания благодаря наличию различных фильтров;
- поддержание температуры воды с точностью до ±10°C;
- прецизионное сохранение концентрации различных присадок;
- постоянный контроль уровня pH.

Для снижения уровня дефектов, связанных с повышенной адгезией частиц к поверхности полупроводниковых пластин и повреждения компонентов электростатическим напряжением, используется система ADT 947, позволяющая подачей в деионизованную воду диоксида углерода удерживать оптимальный заданный уровень удельного сопротивления воды в диапазоне от 0,5 до 2 МОм·см.

Существует еще один очень важный плюс при переднем закреплении шпинделя. Он заключается в том, что такая конструкция помимо вибраций позволяет минимизировать погрешность позиционирования диска, вызванную изменением температуры шпинделя. При длине шпинделя примерно в 20 см изменение его температуры на 1°C приводит к его продольному удлинению на 2 мкм, что существенно влияет на рез и его положение. Если продольная скорость подачи достаточно низкая, и за один проход температура охлаждающей шпиндель воды несколько раз изменилась в пределах 3°C, на выходе вместо ровного реза получится волнистый, вносящий дополнительную погрешность в 6 мкм. В ряде случаев такая погрешность становится критической и приводит к отбраковке изделий. Схематично механизм возникновения погрешности, вызванной термическим расширением шпинделя, представлен на рис.6.

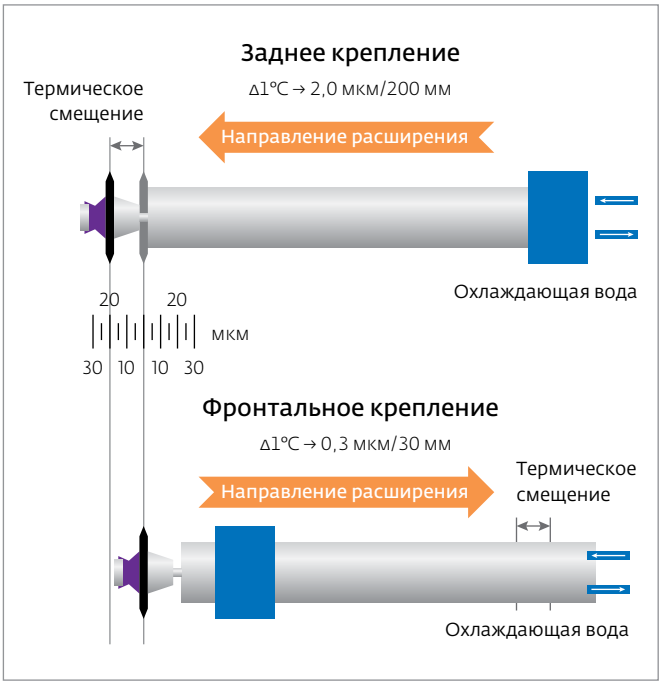

Рис.6. Погрешность позиционирования режущего диска, вызванная термическим расширением шпинделя при разных вариантах его закрепления

Эту погрешность можно минимизировать конструкцией шпинделя и точным поддержанием температуры воды в контуре охлаждения. Возможно подключение к охлаждающему контуру системы резки ADT 937 внешнего модуля-чиллера, обеспечивающего стабильность заданной температуры. Это очень компактный блок, который может подключаться одновременно к двум системам дисковой резки или к одной двухшпиндельной системе. Он обеспечивает значительное снижение расхода воды за счет ее циркуляции по замкнутому контуру и поддерживает заданную температуру с точностью ±0,1°C (рис.7).

Для обеспечения заданного качества полупроводниковых пластин и подложек важно поддерживать чистоту в зоне резки промывкой ее деионизованной водой. Высокие обороты режущего диска приводят к образованию в рабочей камере водяного тумана с взвесью легких частиц обрабатываемого материала, которые впоследствии оседают на поверхности пластины или подложки,

Рис.7. Система охлаждения шпинделя (модель ADT 937)

а) б)

Рис.8. Системы удаления и фильтрации водяного тумана из рабочей камеры: а – модель ADT 913; б – модель ADT 914

а) б)

Рис.9. Система ADT 977 для отмывки пластин и подложек после резки (а), рабочая камера (б)

затрудняя работу систем технического зрения, и могут привести к различным дефектам.

Для решения этой проблемы рекомендуются системы ADT 913 (может работать одновременно с двумя машинами дисковой резки и имеет производительность до 12,6 м^3/мин) и ADT 914 с производительностью 8,4 м^3/мин (рис.8а,б). Модели обеспечивают двухступенчатую фильтрацию откачиваемого из рабочей камеры воздуха до 99,99%.

После завершения резки рекомендуется проводить отмывку разрезанной пластины. Для этого существует система ADT 977 (рис.9), оснащенная центрифугой с держателем пластин или подложек и манипулятором для подачи очищающей жидкости (обычно деионизованной воды). Манипулятор может оснащаться соплами для распыления или для подачи жидкости под высоким давлением, что обеспечивает эффективную высококачественную отмывку широкого спектра различных пластин и подложек. Установка ADT 977 может хранить в памяти до восьми различных рабочих программ. Понятное управление позволяет оператору задавать желаемую последовательность цикла отмывки, скорость вращения центрифуги, продолжительность обработки, прочие параметры с наглядным их отображением. Система может оснащаться модулем CO_2-реионизации, а также функцией определения удельного сопротивления используемой воды.

После отмывки разрезанной пластины кристаллы снимаются с пленки-носителя и раскладываются по лоткам или, в зависимости от технологии, пластина на рамке может быть загружена в систему монтажа кристаллов, где они снимаются при помощи специального выталкивателя прямо с пленки. Очень важны подбор пленки носителя, ее типа, адгезии, толщины и других параметров. Правильно подобранная пленка обеспечивает отсутствие остатков адгезивного слоя на обратной стороне кристалла, надежно удерживает компоненты на пленке во время резки и после нее и в то же время позволяет легко отделять кристаллы без их повреждения после снижения адгезии УФ-облучением. Это актуально для УФ чувствительных типов пленок. Стандартные же пленки должны обеспечивать постоянный уровень адгезии до, во время и после резки, но использовать такие пленки при работе с тонкими и хрупкими

Рис.10. Система ADT 977 для УФ-облучения пластин, смонтированных для снижения адгезии на пленке-носителе

Рис.11. Возможная планировка универсального участка дисковой резки

пластинами и подложками нежелательно. Система ADT UV 955 как раз предназначена для решения подобных задач (рис.10).

Возможная планировка универсального участка дисковой резки, состоящего из рассмотренного выше оборудования, приведена на рис. 11.

Производительность такого участка оценить достаточно сложно, поскольку согласно заданной программе она в основном зависит от времени разрезания одной пластины или подложки. Это время зависит от размера пластины, подложки или компонентов, режимов резания. Все названные параметры связаны с поставленными задачами и используемыми материалами.

Допустим, работа ведется с пластинами диаметром 200 мм и осуществляется их резка на кристаллы 5×5 мм за один проход при ориентировочной скорости реза 1 мм/с. Достаточно приближенные подсчеты, позволяющие оценить потенциал участка, показывают, что время, затрачиваемое на одну пластину, приблизительно равно 50 мин. За 8-часовую рабочую смену на таком участке можно обработать 19 пластин. При изменении скорости всего на 1 мм/с число пластин в смену вырастет до 38. Как видно, такой участок очень компактен даже при двух полуавтоматических системах дисковой резки и полном спектре периферийных вспомогательных систем, делающих это решение полностью законченным, эффективным и универсальным. ■