Передовые процессы литографии для современного микроэлектронного производства

Алексей Чабанов, старший инженер, отдел оборудования для микроэлектроники, ЗАО Предприятие ОСТЕК,
micro@ostec-smt.ru

Процесс сборки полупроводниковых компонентов становится ключевым в производстве интегральных схем и МЭМС следующего поколения. Технологии выполнения компонентов на полупроводниковых пластинах и формирование на пластине топологий с высокой плотностью получают все большее распространение. Так, технология сборки функциональных модулей на пластине, включающая нанесение золотых контактных выводов, трафаретное нанесение шариковых припойных выводов, получение различных функциональных слоев, обеспечивает высокую гибкость производства различных ИС и МЭМС и потому нашла сегодня самое широкое применение. Обычно такие приложения включают работу с толстыми пленками фоторезиста толщиной до 200 мкм или экспонирование конформных пленок на топографии пластины. Причем наилучшие результаты при работе с толстыми пленками фоторезиста и высокую производительность обеспечивает экспонирование целой пластины.

ВВЕДЕНИЕ

Формирование необходимой топологии на пластине базируется на технологиях фотолитографии, нанесения и травления покрытий и термообработки. Эти процессы включают в себя формирование на пластине металлических слоев, которые, в свою очередь, служат основанием для посадки контактных выводов. Пассивирующий слой и металлическое основание необходимы для получения высокой адгезии и электрического контакта между шариковыми контактными выводами и подложкой. В стандартный технологический процесс получения фоторезистивной структуры на пластине входят очистка подложки, нанесение фоторезиста, сушка, экспонирование, сушка после экспонирования, проявление и задубливание. Шаги данного процесса проиллюстрированы на рисунке 1. Каждый шаг обладает набором индивидуальных, свойственных только этому процессу, параметров. После завершения процессов фотолитографии выполняется нанесение припоя или золота гальваническим способом. Следующим шагом является удаление фоторезистивной маски, в результате чего на поверхности остаются контактные выступы. Окончательным шагом является термообработка пластины, при которой происходит оплавление контактных выступов и придание им сферической формы.

В отличие от стандартных процессов литографии, процессы литографии для микросборочных приложений уникальны и основываются на применении нестандартных толстых слоев фоторезиста с толщиной от 20 до 100 мкм, а также получении покрытий фоторезиста с контролируемой толщиной на наклонных плоскостях с углом до 90° (см. рис. 2).

Функциональные слои для перераспределения контактных выводов или перераспределения контактных площадок, расположенных по периметру компонента, в матрицу на плоскости производятся с использованием слоев полимера толщиной 5...10 мкм. Эти слои могут функционировать так же, как low-k-диэлектрические материалы. К примеру, широко используемым в качестве low-k-диэлектрика материалом является бензоциклобутан.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЦЕССУ СБОРКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ НА ПЛАСТИНЕ

Нанесение толстых слоев фоторезиста предполагает наличие специальных требований к исполнительным устройствам. Модули нанесения и проявления фоторезиста должны надежно работать с резистами с высокой вязкостью. Устройства совмещения должны точно и одинаково распознавать геометрию изображения независимо от толщины слоя резиста. Все это может быть выполнено при использовании принципа теневого экспонирования, когда на маску падает параллельный свет для исключения неточностей, связанных с местоположением фокальной точки излучения.

Другая важная задача — это возможность прецизионного совмещения пластины с маской, т.к. толстый слой фоторезиста не позволяет одновременно удерживать в фокусе микроскопа и системы совмещения и маску, и пластину. В число основных требований к процессу литографии с использованием совмещения с микрозазором входят:

– высокая степень равномерности излучения экспонирования по всей площади пластины;

– строго определенный диапазон длин волн, соответствующий используемому типу фоторезиста;

– субмикронные точности совмещения (даже для пластин, покрытых толстыми фоторезистивными слоями);

Рис. 1. **Этапы фотолитографии на примере пластины с позитивным фоторезистом**

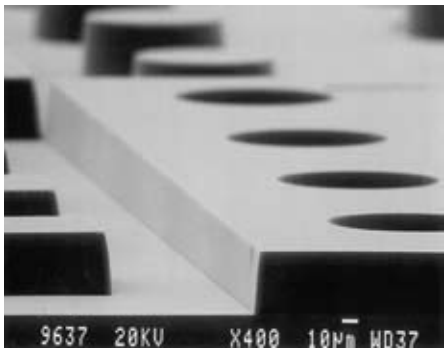

Рис. 2. **Грань рельефа пластины с углом наклона 85° для нанесения пленки фоторезиста Shipley 5740 толщиной 39 мкм для выполнения совмещения с микрозазором**

– равномерный зазор между маской и пластиной во время экспонирования.

1. Клиновая компенсация

В целях точной передачи рисунка с фотошаблона на фоторезист маска и поверхность пластины должны быть строго параллельны друг другу. Это может быть реализовано при помощи внешней измерительной станции, определяющей толщину и клиновидность пластины, или посредством полного или частичного контакта между маской и пластиной с последующей подстройкой необходимого микрозазора. При бесконтактной клиновой компенсации поверхность фоторезиста не контактирует со слоем металлизации на фотошаблоне, существенно снижая его износ и увеличивая время жизни фотошаблона. Это позволяет клиновой компенсации считаться единственным методом, пригодным для любого крупносерийного производства.

2. Прецизионная система совмещения

Для качественной передачи изображения фотошаблон должен быть точно совмещен относительно имеющейся топографии на пластине с помощью системы технического зрения.

Картинка, поступающая с камер системы технического зрения, программно обрабатывается на предмет поиска заданных меток для совмещения. В целях достижения высочайшей точности и надежности интеллектуальное программное обеспечение системы распознавания образов переводит картинку в набор векторов, которые и используются в качестве базы для совмещения. Образы для совмещения с незначительной разницей в цвете, ориентации, деформированные реперные знаки могут также использоваться для точного совмещения.

Режим совмещения с большим зазором — это усовершенствованный процесс стандартного совмещения по верхней стороне.

Данные о положении маски программно снимаются при помощи верхнего микроскопа, далее пластина точно поднимается на уровень маски. В результате пластина попадает в фокус микроскопа совмещения и сохраненные данные о положении маски служат для совмещения по ним реального рисунка пластины. По сравнению с совмещением по верхней стороне, где маска и рисунок пластины должны распознаваться одновременно, метод совмещения с большим зазором не ограничен глубиной фокуса объектива и его увеличением.

Для совмещения по обратной стороне реперные знаки нанесены на нижнюю сторону пластины или керамической подложки. Данные о положении маски сохраняются, и рисунок пластины совмещается относительно них. При использовании метода совмещения по верхней стороне возможно достигнуть точности 1 мкм при 3σ для пластин с толщиной слоя фоторезиста максимум 20 мкм. Данные ограничения не распространяются на метод совмещения с большим зазором. Этот метод позволяет получить точность <1 мкм при 3σ при совмещении пластин со слоем фоторезиста толщиной до 500 мкм. Представленные выше методы совмещения показаны на рисунке 3.

3. УФ-экспонирование

После совмещения пластины с маской проводится процесс экспонирования. В качестве источников излучения используются ртутные лампы высокого давления (для фоторезистов, чувствительных к ближнему УФ, диапазон длин волн 280...450 нм) или ртутные/ксеноновые лампы мощностью 350...5000 Вт (для фоторезистов, чувствительных к дальнему УФ, диапазон длин волн 200...280 нм). Область спектральной сенсибилизации для стандартных толстопленочных фоторезистов находится в пределах 350...450 нм, куда входят источники излучения Hg-i-line (~365 нм), Hg-h-line (~405 нм) и Hg-g-line (~435 нм). Для подбора различных диапазонов длин волн для фоторезистов различной чувствительности (I, h-line, I, h, g-line, g, h-line) используются наборы специальных фильтров. Устройство совмещения должно автоматически отслеживать и компенсировать постоянное уменьшение интенсивности экспонирующего излучения, вызванное старением ламп. Для достижения уровня производительности в 60—110 пластин в час при работе с 200 мм и 300 мм пластинами требуется использование источника излучения мощностью 5000 Вт. В целях достижения равномерного облучения пластины однородность излучения должна составлять ±3—5% по всей области пластины. Основным требованием, предъявляемым к оборудованию для сборки компонентов, является легкая переналадка между различными приложениями (различными типами и толщинами слоев фоторезиста, различными зазорами между пластиной и маской), которая не должна включать сложную замену или переналадку оптической системы в целом. Настройка источника излучения должна обеспечивать получение боковых стенок рельефа с углами до 90° в 100 мкм слое фоторезиста и высокую четкость в тонких (до 0,5 мкм) слоях фоторезиста, независимо от настроек.

4. Применение в различных областях

Требования многих современных производств к оборудованию заключаются в его гибкости и быстрой переналадке. Все это в полной мере относится к оборудованию для сборки полупроводниковых компонентов, поэтому переналадка между различными размерами пластин (50 мм, 75 мм, 100 мм, 150 мм, 200 мм, 300 мм) или подложками нестандартных форм (прямоугольные подложки, отдельные компоненты и т.д.), осуществляемая в течение нескольких минут, во многих случаях является очень важным фактором. Другие параметры подложек, такие как толщина (тонкие и сверхтонкие подложки), изогнутость (до 2000 мкм), деформированные или хрупкие пластины требуют сложных держателей с вакуумной фиксацией, системой клиновой компенсации и отличной передачей изображения при экспонировании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология сборки функциональных модулей на пластине требует использования слоев фоторезиста с толщинами до 500 мкм. Для работы с такими толщинами фоторезистивных слоев применяется специальное оборудование для нанесения и контакт-

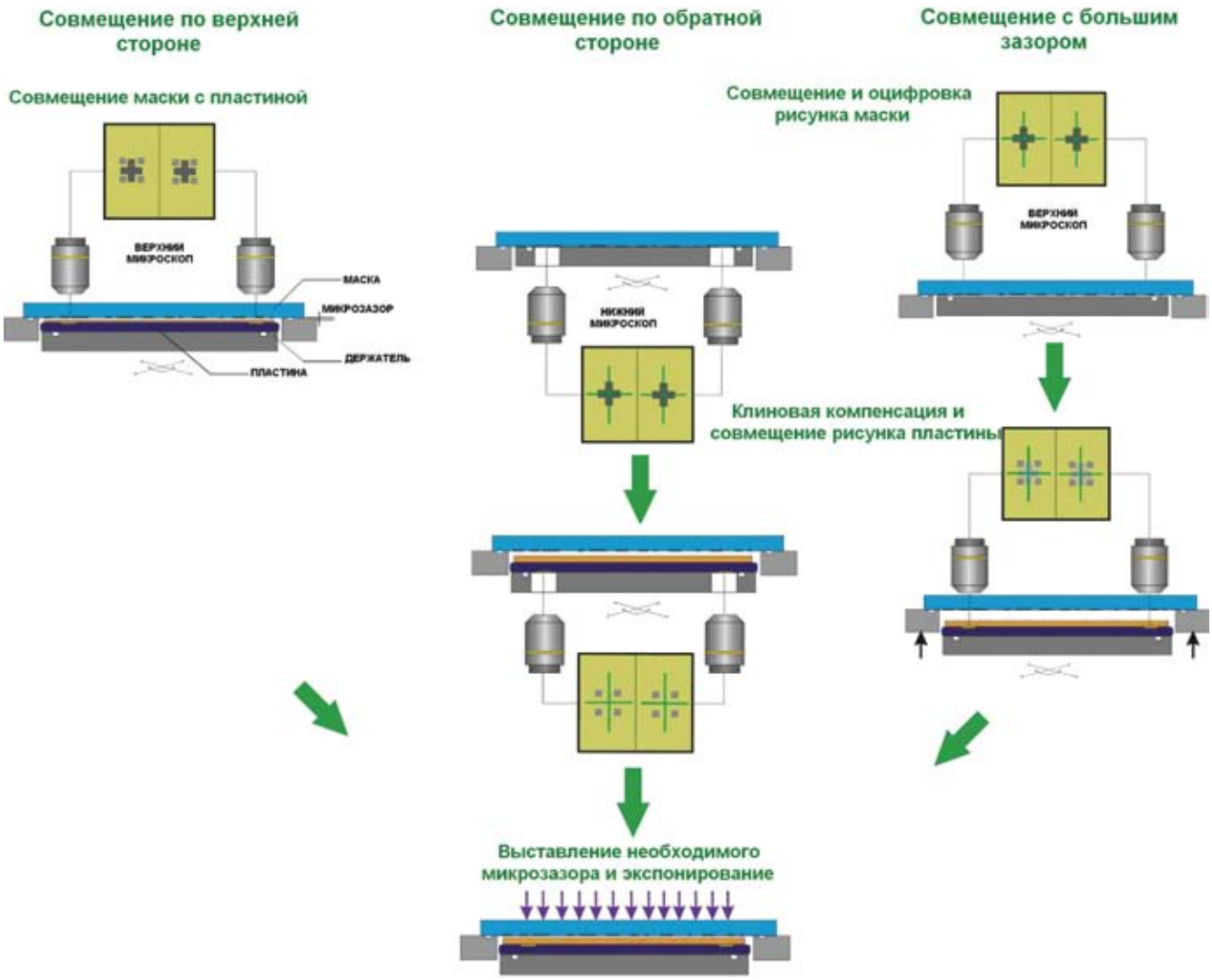

Рис. 3. **Метод оптического совмещения по верхней стороне для пластин с тонким слоем фоторезиста и методы совмещения с большим зазором и совмещения по нижней стороне для пластин с толстым слоем фоторезиста**

ного или бесконтактного совмещения. Всем этим условиям полностью соответствуют системы австрийской компании EV Group — мирового лидера в области производства систем для чистки полупроводниковых пластин и подложек, нанесению и проявлению фоторезиста, одностороннего/двухстороннего совмещения и экспонирования, сварки пластин и наноимпринтной литографии. В номенклатуре производимого компанией EV Group оборудования имеются системы для работы с подложками любых форм и с пластинами диаметром до 300 мм, с различной степенью автоматизации и производительностью от опытно-конструкторского до крупносерийного производства. На рисунке 4 представлены автоматическая установка совмещения и экспонирования EVG IQ Aligner в комплектации для крупносерийного производства (см. рис. 4а), а также установка одностороннего/двухстороннего совмещения и экспонирования с роботизированным модулем загрузки/выгрузки пластин EVG620 для опытно-конструкторского производства (см. рис. 4б). Представителем компании EV Group в России и странах СНГ является ЗАО Предприятие Остек, которое осуществляет поставку, технологическую поддержку и сервисное обслуживание полного спектра оборудования, производимого этой компанией.

а) б)

Рис. 4. **Передовая автоматическая установка совмещения и экспонирования для пластин диаметром до 300 мм EVG IQ Aligner** (а) **для крупносерийного производства и** (б) **ручная установка одностороннего/двухстороннего совмещения и экспонирования с роботизированным модулем загрузки/выгрузки пластин EVG620**

НОВОСТИ РЫНКА

Мировой рынок печатных плат в 2007 г – рост 9%

По данным немецкой ассоциации ZVEI (German Electrical and Electronic Manufacturers Association) и Ассоциации производителей печатных плат VdL (Association of the Circuit Board Industry in Germany) в 2007 году в мире было продано печатных палат на сумму $51,5 млрд., что на 8,7% больше по сравнению с предыдущим годом. Аналитики считают, что этот тренд сохранится и в нынешнем году.

73% мирового рынка занимают китайские, японские и южно-азиатские фирмы. Американский рынок PCB вырос на 3,3% и составил $6,3 млрд. В прошлом году европейцы впервые опередили американцев, реализовав печатных плат $6,4 млрд. при росте на 14,3% и заняв 12,4% мирового рынка.

Наибольший рост 31% в 2007 г. показал в Европе сегмент промышленной электроники. Сегмент медицинской электроники вырос на 12%, военной электроники – на 9%.

На рынке печатных плат в Европе лидирует Германия, которая произвела в прошлом году более 40% всех плат. Всего в отрасли функционирует 80 предприятий, на которых занято 9220 работников и которые произвели в прошлом году печатных плат на сумму 1,04 млрд. евро. Общая емкость рынка печатных плат составляет 1,445 млрд. евро.

По словам д-ра Вольфганга Бохтлера, председателя VdL, компании продолжат выпуск гибких и нестандартных печатных плат по специальным заказам. Для таких фирм фактором успеха являются близость к заказчикам и отлаженная логистика.

www.russianelectronics.ru

НОВОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ

Печатные платы 3D-конфигурации от Oki Electric Cable

Компания Oki Electric Cable представила технологию изготовления трехмерных печатных плат 3D FPC (Three-dimensional Flexible Printed Circuit Cable Board).

При изготовлении плат используется новый материал, отличный от того, который обычно применяют при изготовлении гибких плат. Новый полимер позволяет придавать ленте любую форму, сворачивать ее в спираль, укладывать вдоль криволинейных поверхностей при любых узлах.

Используя новый материал, можно изготавливать печатные платы размером до 500 × 230 мм, толщиной 110 мкм и с медными проводниками шириной до 50 мкм. Платы имеют достаточную жесткость и способны выдерживать нагрузку до 500 мН.

Разработка выполнена при участии компании NOF, предложившей полимер, обеспечивающий плате необходимые электрические и механические свойства. Малая индуктивность плат (диэлектрическая постоянная 2,5 и тангенс угла потерь 0,001) позволяет использовать их в высокочастотных схемах.

Это не единственная технология создания 3D печатных плат. Недавно компания LPKF Laser & Electronics AG предложила свое решение этой проблемы.

www.russianelectronics.ru

НОВОСТИ РЫНКА

Мировой рынок печатных плат в 2007 г – рост 9%

По данным немецкой ассоциации ZVEI (German Electrical and Electronic Manufacturers Association) и Ассоциации производителей печатных плат VdL (Association of the Circuit Board Industry in Germany) в 2007 году в мире было продано печатных палат на сумму $51,5 млрд., что на 8,7% больше по сравнению с предыдущим годом. Аналитики считают, что этот тренд сохранится и в нынешнем году.

73% мирового рынка занимают китайские, японские и южно-азиатские фирмы. Американский рынок PCB вырос на 3,3% и составил $6,3 млрд. В прошлом году европейцы впервые опередили американцев, реализовав печатных плат $6,4 млрд. при росте на 14,3% и заняв 12,4% мирового рынка.

Наибольший рост 31% в 2007 г. показал в Европе сегмент промышленной электроники. Сегмент медицинской электроники вырос на 12%, военной электроники – на 9%.

На рынке печатных плат в Европе лидирует Германия, которая произвела в прошлом году более 40% всех плат. Всего в отрасли функционирует 80 предприятий, на которых занято 9220 работников и которые произвели в прошлом году печатных плат на сумму 1,04 млрд. евро. Общая емкость рынка печатных плат составляет 1,445 млрд. евро.

По словам д-ра Вольфганга Бохтлера, председателя VdL, компании продолжат выпуск гибких и нестандартных печатных плат по специальным заказам. Для таких фирм фактором успеха являются близость к заказчикам и отлаженная логистика.

www.russianelectronics.ru