

ТЕХНОЛОГИИ

РАСШИРЯЯ ГРАНИЦЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ БЕЗМАСКОВОЙ ЛИТОГРАФИИ: ТЕХНОЛОГИЯ EVG MLE™



Текст: Дмитрий Суханов



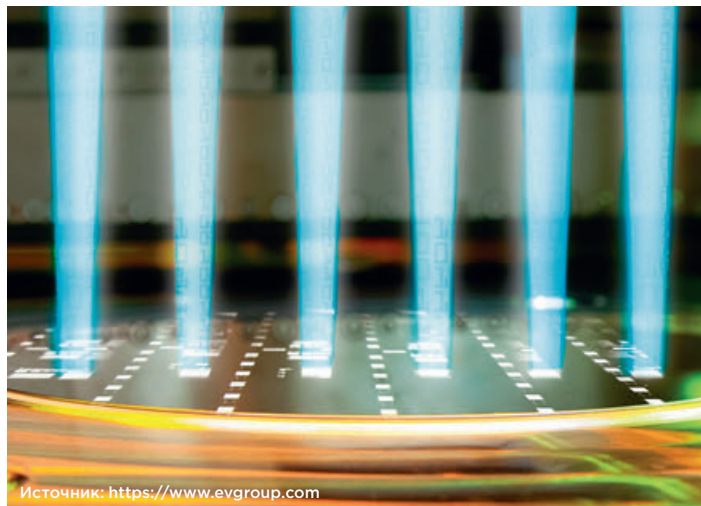
Что же такое новая технология безмаскового экспонирования MLE™ (Maskless Exposure) компании EV Group? Это переход от технологии, основанной на использовании фотошаблонов, к технологии цифровой литографии.

Какие требования предъявляет современное крупносерийное производство микроэлектроники к литографическим системам?

Попробуем разобраться в этом. Новые требования к производительности и гибкости электронных устройств ставят задачи по модификации серийного производства от традиционной контактной фотолитографии с использованием масок-фотошаблонов к цифровой литографии – безмасковой, которая особенно необходима для процессов гетерогенной интеграции и «продвинутой упаковки» (advance packaging). Тип микроэлектронного изделия – системы на кристалле (СнК) (system-on-chip) сегодня переходит от решений, использующих монокристаллические интегральные схемы (МИС), к модульным системам в упаковке – чипсетам и функциональным блокам. Следовательно, растет спрос на масштабируемую и универсальную фотолитографию, которая позволит обеспечить возможности системной интеграции, «продвинутой упаковки» и сложных межсоединений. Чтобы соответствовать этому новому веянию микроэлектронной отрасли, современные системы для крупносерийного производства должны уметь быстро интегрировать новые функциональные элементы в системы с «продвинутой упаковкой». Промышленность с большими объемами производства должна выходить за рамки консервативного проектирования изделий (кристаллов, МИС, сборок и т.д.) и войти в новую эру технологий цифровой литографии.

Компания EV Group¹ разработала новую технологию безмаскового экспонирования MLE™ (Maskless Exposure). Технология позволит удовлетворить поставленные требования к гибкости проектирования новых изделий с минимальным циклом разработки и использовать ее в микроэлектронном мире крупносерийного производства. MLE™ должна устранить все трудности и сократить затраты, связанные с использованием маски – фотошаблона, устранить разрыв между универсальностью машин (медленное производство) и быстрым производством (не гибкое производство). MLE™ обеспечит решение, которое может быть масштабируемым и одновременно позволит проектировать на уровне кристалла и пластины, поддерживая как традиционные, так и новые материалы, а также обеспечит высокую скорость адаптации и высокую надежность с многоуровневым резервированием для повышения доходности и снижения стоимости владения.

Новая технология отвечает всем критическим требованиям процессов фотолитографии не только в процессах «продвинутой упаковки», но также для МЭМС-технологий, биомедицины и производства печатных плат.



Источник: <https://www.evgroup.com>

1

Технология EVG MLE™

С какими новыми проблемами столкнется литографический процесс для «продвинутой упаковки» и гетерогенной интеграции?

Поскольку гетерогенная интеграция становится растущей движущей силой в разработке и внедрении полупроводниковой промышленности, рынки «продвинутой упаковки», МЭМС и печатных плат серьезно ужесточают требования к процессам фотолитографии.

Требования минимального разрешения для слоев перераспределения (RDL) и межсоединений (interposers) в «продвинутой упаковке», с масштабированием размеров и постоянным уплотнением структур – линия/пробел (Line/Space), становятся все более строгими. В некоторых случаях они приближаются или превышают два микрона, при этом изменение положения кристалла на подложке/пластине и использование экономически эффективных органических подложек требуют все большей гибкости при их структурировании. Требования растут и к более высокой точности совмещения и наложения слоев, а также к высокой глубине фокуса в вертикальной структуре с боковыми стенками.

Новые требования, такие как минимизация искажения рисунка, минимизация сдвига (смещения) кристалла из-за искривления пластины (если речь идет об упаковке на уровне пластины (WLP)), поддержка толстых и тонких фоторезистов – это лишь некоторые из критериев для существующих и будущих передовых систем литографии. В **Т 1** приведены основные требования к литографии для различных сфер микроэлектроники.

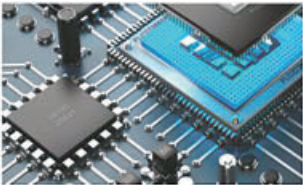
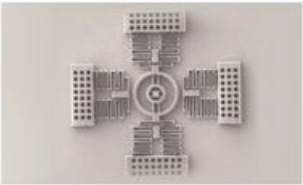


Немного об основных принципах экспонирования и ключевых аспектах безмасковой литографии

Фундаментальные принципы различных видов экспонирования представлены в **Т 2**.

¹ EV Group, Австрия – партнер Остек-ЭК в области литографических процессов уже более 15 лет, <https://www.evgroup.com>

T 1

Основные требования к литографии для различных сфер микроэлектроники

| «ПРОДВИНУТАЯ УПАКОВКА» | МЭМС | БИОМЕДИЦИНА | ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ С ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ РИСУНКА |
|--|---|--|--|
|  |  |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Распределение рисунков по слоям RDL для большого размера интерпозеров и WLP ▪ Отсутствие ограничений по размеру шаблона ▪ Изменяемая структура с компенсацией искажения пластины и сдвига кристалла ▪ Высокая пропускная способность при низкой стоимости | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Высокие номенклатура продукции и стоимость фотошаблона – необходимость литографии без маски ▪ 3D-структурирование фоторезиста для многоступенчатых процессов и процессов с различными углами наклона ▪ Высокая глубина фокуса для нанесения рисунка в углублениях | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Крупногабаритные устройства ▪ Структуры с размерами в диапазоне от мкм до мм ▪ Низкая стоимость владения ▪ Возможность формирования рисунка для широкого ассортимента продукции ▪ Масштабируемость для различных размеров подложек и биосовместимых материалов | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Увеличение разрешения линия/пробел на печатной плате, необходимого для встраивания кристалла и распределения высокой плотности ▪ Корректировка коробления пластины и размещения кристалла ▪ Изменяемый рисунок для панелей разных размеров |

T 2

Фундаментальные принципы экспонирования

| МЕТОД ЭКСПОНИРОВАНИЯ | СИСТЕМА СОВМЕЩЕНИЯ И ЭКСПОНИРОВАНИЯ С ЗАЗОРОМ | СТЕППЕР - ПРОЕКЦИОННАЯ ЛИТОГРАФИЯ | БЕЗМАСКОВОЕ ЭКСПОНИРОВАНИЕ MLE™ | ПРЯМОЕ ЛАЗЕРНОЕ ЭКСПОНИРОВАНИЕ |
|---|---|--|---|---|
|  |  |  |  | |
| Размер поля экспонирования | Все поле | Размер единичной структуры ограничен (до 50 x 25 мм) | Кластерная система пишущих голов | Одиночные лазерные точки |
| Длина волны экспонирования | Широкополосное (g, h, i-линии) | i-линия / широкополосное | Многоволновая оптика | Одна длина волны |
| Разрешение линия/пробел | > 3 мкм | > 1,5 мкм | < 2 мкм | До 600 нм в зависимости от объектива и производительности |

Ключевые аспекты MLE™

- Динамическое структурирование фоторезиста с полным разрешением и без шивки.
- Разрешение линия/пробел лучше, чем 2 мкм в любом произвольном направлении.
- Свобода дизайнера и конфиденциальность данных благодаря созданию структур в цифровом виде.
- Индивидуальные дополнения к каждому кристаллу (серийные номера, ключи шифрования и т. д.).
- Компенсация адаптивной регистрации на уровне пластин.
- Деформация основания не оказывает влияния на процесс (возможность использовать толстые пластины, стекло или органические материалы).
- Интеллектуальная и гибкая инфраструктура обработки для процесса цифровой литографии.
- Технология, не использующая расходные материалы.

Немного о проблемах и трудностях, возникающих на литографическом пути

Основным элементом каждого процесса литографии является модуль экспонирования, который определяет основные характеристики и производительность той или иной литографической технологии. В настоящее время на рынке существует несколько распространенных методов экспонирования. В случае совмещения фотошаблона и пластины рисунок непосредственно экспонируется на подложку через фотошаблон (маску), которая находится в непосредственной близости от светочувствительной пластины с фоторезистивным покрытием. Минимальный размер структуры определяется зазором между маской и пластиной. Близость маски к поверхности фоторезиста позволяет получить меньшие структуры, однако при слишком близком контакте происходит загрязнение маски, что приводит к уменьшению выхода годных. Несмотря на то, что минимальное разрешение на серийном производстве ограничено несколькими микронами, технология совмещения фотошаблона с пластиной и последующего экспонирования обеспечивают решение для создания недорогих и высокопроизводительных систем, особенно когда требуются высокая доза облучения и работа с толстыми фоторезистами (более 100 мкм) или процессами WLP.

Чтобы преодолеть некоторые из этих трудностей при формировании рисунков меньшего размера без загрязнения маски используют степперы, в которых применяется проекционная оптика между маской и пластиной. Тем не менее, экспонирование происходит последовательно или пошагово с сильным ускорением между экспонированиями, поскольку оптическая конструкция сложных объективов и размер поля экспонирования ограничены.

Системы совмещения и экспонирования, также как и степперы, используют фотошаблоны, где в дополнение к вышеупомянутым ограничениям появляются еще и связанные с ними затраты, и представляют собой

серьезные дополнительные затраты для всего процесса формирования рисунка. Одно из решений, позволяющее исключить стоимость фотошаблона, – это технология прямого лазерного экспонирования с использованием отдельных или нескольких лазерных лучей, которые последовательно экспонируют небольшие геометрические элементы. Даже принимая во внимание преимущества метода прямого экспонирования, последовательный характер воздействия приводит к значительным затратам из-за очень низкой производительности.

Технология MLE™ позволяет экспонировать одну или несколько широких полос в режиме параллельного сканирования и использовать пластины любого размера вплоть до больших панелей благодаря плотно интегрированной кластерной конфигурации пишущей головы. Технология поддерживает все имеющиеся в микроэлектронной промышленности фоторезисты, так как в ее основе лежит использование мощного ультрафиолетового источника с несколькими длинами волн. Производительность такой системы не зависит от сложности, разрешения получаемых структур и типа используемого фоторезиста. MLE™ дополняет линейку существующих литографических систем компании EV Group, опираясь на новые мировые тенденции и задачи, когда другие подходы сталкиваются с различными ограничениями, масштабируемостью и стоимостью владения.

Что же даст переход на новую схему литографии?

Ответ на этот вопрос прост – гибкость, масштабируемость и меньшую стоимость владения по сравнению с существующими методами литографии, используемыми в крупносерийном производстве.

Технология MLE™ расширяет границы существующих систем литографии, обеспечивает высокое разрешение (<2 мкм линия/пробел), безмасштабное экспонирование всей поверхности подложки с высокой производительностью и низкой стоимостью владения. Позволяет масштабировать структуры и гибко менять свою конфигурацию в соответствии с потребностями пользователя, добавляя или удаляя пишущие головы УФ-облучения, что облегчает и обеспечивает быстрый переход из режима НИОКР в режим крупносерийного производства. Дает возможность оптимизировать производительность и обеспечивает превосходную адаптивность к различным размерам структур и материалам подложек, поэтому идеально подходит для работы с широчайшей номенклатурой подложек в микроэлектронном производстве от небольших кремниевых или других полупроводниковых пластин группы AIIIIV до панелей больших размеров. MLE™ обеспечивает одинаковую производительность формирования рисунка независимо от типа фоторезиста благодаря гибкому и масштабируемому мощному УФ-лазерному источнику с различными вариантами воздействия по длине волны. Внешний вид системы EVG MLE™ показан на рис. 2.

Технология MLE™ устранила проблему постоянного увеличения стоимости фотошаблонов для различных конструк-



Источник: <https://www.evgroup.com>

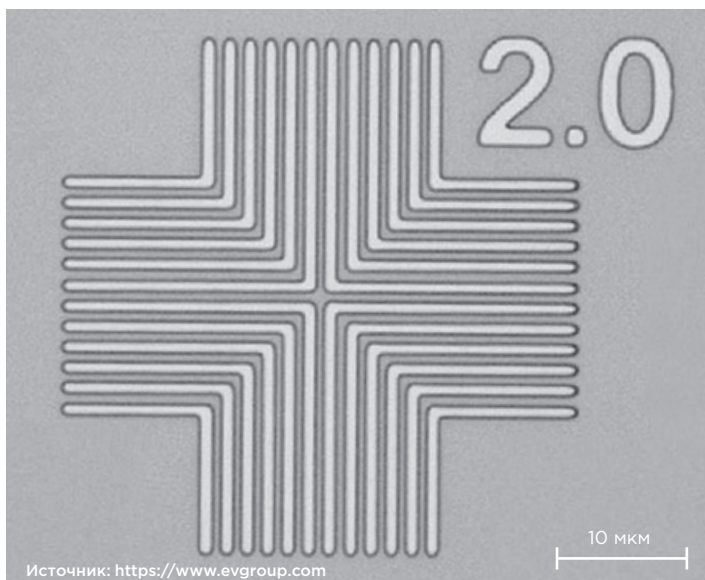
2

Система EVG MLE™

ций чипов и поддержания их количества, необходимого для обеспечения непрерывного серийного производства, что составляет значительную часть общих затрат на разработку и производство. Снижение влияния изменения рисунка, с точки зрения размеров подложки и разнообразия материалов, на время выхода на рынок является еще одним критерием растущего спроса в серверной литографии. Технология MLE™ – это масштабируемый подход, который дает возможность создавать структуры любой формы на любой подложке. Данная технология использует кластерные многоволновые лазерные источники света, работающие на длинах

волн 375 и/или 405 нм, что позволяет структурировать как тонкие, так и толстые фоторезисты, как позитивные, так и негативные, различные полиимиды, сухие пленочные резисты и даже применять данную технологию в производстве печатных плат. Примеры получаемых структур показаны на рис 3–5. Технология экспонирования MLE™ поддерживает высокое аспектное соотношение рельефа, обычно наблюдаемое при процессах литографии в «продвинутой упаковке» в WLP, МЭМС-структурировании, микрофлюидике и различных интегральных структурах фотоники.

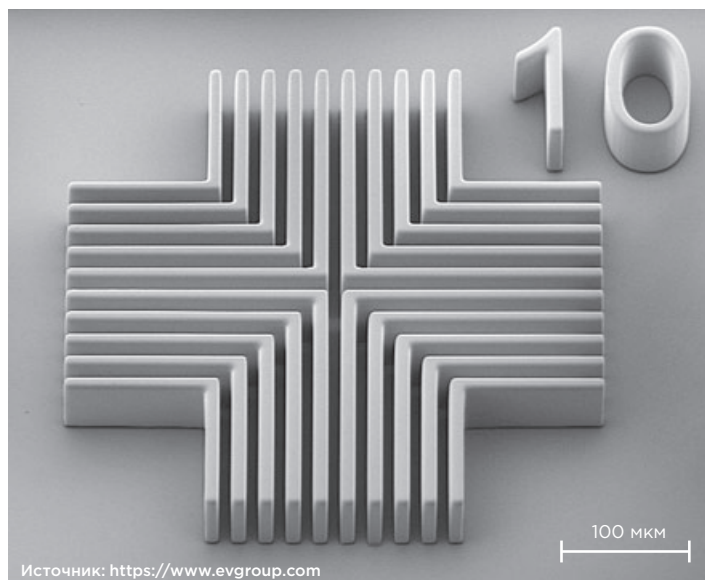
Помимо трудностей, связанных с использованием фотомасштабов, современные технологии, основанные на их использовании, сталкиваются с проблемами, связанными с деформациями подложки и поэтому имеют ограничения по применению. В отличие от них технология MLE™ способна адаптироваться к высоким нагрузкам на подложку, изгибу и деформации благодаря встроенному динамическому выравниванию. Параллельно с этим технология MLE™ позволяет выполнять цифровую/двоичную компоновку уровня подложки в реальном времени и структур индивидуальной компоновки кристаллов одновременно. Кроме того, программируется уровень дозы УФ-излучения во время процесса формирования рисунка, поэтому можно обрабатывать структуры с различной толщиной фоторезиста. Эта исключительная особенность позволяет изготавливать сложные трехмерные многоуровневые схемы, применимые в будущих МЭМС, новых фотонных устройствах или микрооптических элементах (преломляющих, дифракционных). Получаемая структура может быть сохранена в многочисленных стандартных отраслевых форматах векторных файлов (например, GDSII, Gerber, OASIS, ODB ++ или BMP). Векторный макет с любой заданной сложностью шаблона обрабатывается в течение нескольких секунд и сохраняется в растровом формате. В результате ни тип фоторезиста,



Источник: <https://www.evgroup.com>

3

MLE™ экспонирование в высоком разрешении, фоторезист – AZ MIR 701, позитивный тон



Источник: <https://www.evgroup.com>

4

MLE™ экспонирование, толщина фоторезиста – 50 мкм, тип фоторезиста – JSR THB 151N, негативный тон



Источник: <https://www.evgroup.com>

200 мкм

5

MLE™ экспонирование фоторезиста SU8 толщиной 600 мкм

ни уровень дозы облучения, ни какая-либо конкретная сложность конструкции не влияют на скорость процесса формирования рисунка.

Что же нас ждет на пути к новой цифровой инфраструктуре?

Цель новой технологии безмаскового экспонирования EVG MLE™ состоит не только в том, чтобы вывести на рынок новый инструмент для литографии, но и в том, чтобы устранить тенденцию к интеллектуальной и гибкой цифровой обработке в полупроводниковой промышленности, обеспечивая при этом уникальную масштабируемость без использования фотошаблонов. Технология

позволяет увеличить производительность и сократить расходы.

Использование этой современной технологии экспонирования также решает проблемы, обусловленные использованием новых материалов или гибких подложек, с которыми сталкиваются новые рынки. Практически неограниченная гибкость проектирования, привносимая технологией MLE™ в нынешнюю консервативную среду, открывает пространство для новых инноваций, помогает сократить циклы разработки и в то же время ликвидировать разрыв между НИОКР и крупносерийным производством, сделав одну и ту же технологию доступной для обеих областей.

В статье использованы материалы с сайта компании EV Group <https://www.evgroup.com>.

На высококонкурентном мировом рынке полупроводниковой промышленности гибкость производства, масштабируемость, затраты на разработку и эксплуатацию являются чрезвычайно важными факторами для сокращения времени выхода на рынок, что важно для удержания и расширения доли рынка. Таким образом, новая цифровая инфраструктура технологии EVG MLE™ позволяет динамически обновлять устройства, сохраняя при этом расходы на разумном уровне.

12 ноября 2019 года на международных выставках Productronica 2019 и SEMICON Europa 2019 в Мюнхене, Германия, компания EV Group была признана ведущим поставщиком оборудования для бондинга пластин и процессов литографии для рынков MEMS, нанотехнологий и полупроводников, а также получила награду от Global SMT Packaging за лучший продукт в Европе и революционную технологию безмаскового экспонирования MLE™.

EV Group была удостоена этой чести среди избранных групп компаний на церемонии награждения, где были представлены самые последние инновационные продукты и технологии, успешно внедренные в производство электроники за последние 12 месяцев.



Источник: <https://www.evgroup.com>

Награждение EV Group

