**Комплект технологической документации по оптической контактной литографии**

Разработал студент: Семин В. В.

МГОУ

Москва 2010 г.

**Введение**

Оптическая литография объединяет в себе такие области науки, как оптика, механика и фотохимия. При любом типе печати ухудшается резкость края (рис. 1). Проецирование двумерного рисунка схемы ведет к уменьшению крутизны края, поэтому нужен специальный резист, в котором под воздействием синусоидально модулированной интенсивности пучка будет формироваться прямоугольная маска для последующего переноса изображения травлением. Если две щели размещены на некотором расстоянии друг от друга, то неэкспонируемый участок частично экспонируется по следующим причинам:

1) дифракция;

2) глубина фокуса объектива;

3) низкоконтрастный резист;

4) стоячие волны (отражение от подложки);

5) преломление света в резисте.

К

о

н

т

а

к

т

н

а

я

п

е

ч

а

т

ь

П

е

ч

а

т

ь

с

з

а

з

о

р

о

м

П

р

о

е

к

ц

и

о

н

н

а

я

п

е

ч

а

т

ь

*Профили распределения интенсивности в изображения для случаев контактной печати, печати с зазором и проекционной литографии.*

Таким образом, задача фотолитографии заключается в том, чтобы обеспечить совмещение и воспроизвести в резисте двумерный рисунок фотошаблона с точностью в пределах 15% от номинального размера его элементов и с 5%-ным допуском на требуемый наклон краев. Послойное совмещение приборных структур должно осуществляться с точностью не хуже 25% от размера минимального элемента. Используемые в фотолитографии источники экспонирующего излучения бывают как точечными (лазеры), так и протяженными (ртутные лампы). Спектр излучения этих источников лежит в трех основных спектральных диапазонах: Дальний УФ от 100 до 200-300 нм;

Средний УФ 300-360 нм; Ближний УФ от 360-450.

**Современные литографические процессы в технологии ППП и ИС.**

Плотность элементов в кристалле ИМС достаточно велика и к настоящему времени существенно превысила рубеж 100000. Это достигнуто за счёт уменьшения минимального геометрического размера, который уже составляет величину порядка 1 мкм. Последнее обстоятельство связано с усовершенствованием в первую очередь таких технологических процессов как литография, плазменное травление и локальное окисление.

Процессы легирования, а также наращивания слоев различных материалов призваны сформировать вертикальную физическую структуру ИМС. Необходимые форма, размеры, элементов и областей в каждом слое структуры обеспечиваются процессом фотолитографии

Разработчики ряда зарубежных фирм считают, что в технологии СБИС на современном уровне с успехом можно использовать оптическую литографию (фотолитографию). Её предельные возможности оцениваются в 2 мкм, хотя предполагают, что доступно достижение линий микронной ширины. Известно, что разрешающая способность литографического процесса не может быть меньше длины волны света, используемого для экспонирования. Для фотолитографии этот предел составляет 0, 5 мкм при использовании когерентного яркого источника света с длиной волны 200 нм при длительном экспонировании. Возможности оптической литографии определяются в большей степени точностью совмещения и разбросом рабочих параметров аппаратуры. Успешно работает аппаратура, дающая 2 мкм при фотолитографии с малым зазором на пластинах диаметром более 100 мм. Такую же разрешающую способность имеет рентгеновская литография с зазором. Электронно-лучевая литография даёт разрешение 0, 4 мкм, но из-за высокой стоимости и низкой производительности используется лишь для изготовления фотошаблонов и специальных ИС.

В результате полагают, что в течение ближайших лет оптическая литография останется основным технологическим методом формирования рисунков БИС. Использование когерентного света в дальнем ультрафиолете и фоторезистов, чувствительных к свету с длиной волны 0, 24 мкм, а также применение лазерных устройств совмещения позволит достичь разрешения в 1 мкм. В таблице 1 приведены основные параметры, используемых в технологии БИС литографических процессов, а на рис. 1 показана взаимосвязь минимального размера со стоимостью технологического процесса.

Традиционно классическим процессом является контактная фотолитография, при которой фотошаблон непосредственно соприкасается с полупроводниковой пластиной, на поверхность которой нанесён фоторезист. Основным недостатком контактной фотолитографии является ограниченное число циклов контактирования (как правило не более 70-80) и уменьшение выхода годных по циклам. Однако современный уровень контактной фотолитографии достаточно высок и в условиях серийного производства составляет 3 мкм. Установки с номинальными 3 мкм – проектными нормами успешно применяют для изготовления БИС с минимальным размером всего 2, 5 мкм.

Параллельно интенсивно реализовался переход от контактной фотолитографии и литографии с зазором к проекционной фотолитографии, где экспонирование осуществляется через промежуточный шаблон, отстоящий от пластины на несколько мм, причём иногда с уменьшением размеров при проецировании.

Таблица 1

Основные параметры литографических процессов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Способ литографического процесса | Минимальная ширина линии, мкм | Ошибка совмещения, мкм |
| Контактная фотолитография λ=360-460 нм | 1, 25 – 1, 5 | 0, 25-1, 0 |
| Проекционная фотолитография λ=360-460 нм | 0, 75-1, 0 | 0, 1-0, 2 |
| Электронная литография λ=50-100 нм | 0, 25 | 0, 03 |
| Рентгеновская литография λ=0, 1-10 нм | 0, 5 | 0, 03-0, 05 |

Рис. 1 Взаимосвязь минимального размера со стоимостью его реализации различными литографическими процессами.

Современные системы проекционной литографии в масштабе 1:1 рассчитаны на 1 мкм топологическую проектную норму и предусматривают, на пример, обработку пластин диаметром 125 мм при точности совмещения рисунков всех слоёв не хуже ±0, 25 мкм.

**Фоторезисты.**

Фоторезисты – это светочувствительные и стойкие к агрессивно воздействующим факторам вещества, представляющие собой сложные полимерно-мономерные системы, в которых под действием излучения протекают фотохимические процессы. Под действием света в таком синтетическом полимере происходит либо структурирование (сшивание), либо деструкция (разрушение) молекулярных цепей. В первом случае Фоторезисты называют негативными, а во втором – позитивными. Современные позитивные Фоторезисты (ФП) – это сложные эфиры нафтохинондиазидов сульфокислоты и фенолформальдегидных смол. Условно его структуру можно представить как R1-O-R2, где R1 и R2 –светочувствительная и полимерная составляющие части фоторезиста соответственно, а О - соединяющий их кислород.

Критерием применимости фоторезиста являются его чувствительность, разрешающая способность и кислотостойкость.

Чувствительность фоторезиста – это величина, обратная экспозиции, т.е. освещённости, помноженной на время. При этом, чувствительность позитивного фоторезиста – это полнота разрушения освещённых участков плёнки. Чувствительность для негативного фоторезиста ФН – наоборот, закрепление после экспонирования и проявления локальных участков плёнки фоторезиста, подвергнутых освещению. В обоих случаях необходимо обеспечить чёткость изображения, т.е. резко очерченную границу между областями удалённого при проявлении и оставшегося фоторезиста. Граница поглощения фоторезиста – 0, 28-0, 4 мкм (ультрафиолетовая область спектра излучения).

Разрешающая способность фоторезиста – это число линий равной толщины, которые могут быть получены (без слияния) на 1 мм поверхности пластины в результате процесса фотолитографии.

где L – ширина линии в мкм. Для получения рисунка с элементами ИС размером ~5-7 мкм, применённый фоторезист должен иметь R ≥ 500 лин/мм. Разрешающая способность фоторезиста зависит от минимальной толщины плёнки фоторезиста, способной выдержать воздействие агрессивной среды. Отношение толщины плёнки к минимальной ширине линий для лучших негативных фоторезистов составляет 1:2-1:3, в то время как для позитивных – 1:1. Лучшая разрешающая способность позитивных фоторезистов позволяет использовать их при изготовлении СБИС.

Кислотостойкость – это устойчивость фоторезиста к воздействию травителей на основе азотной, плавиковой, соляной и др. кислот. Критерием кислотостойкости служит величина краевого и локального растравливания. Её обычно оценивают по величине клина, образующегося на краю плёнки после травления.

Важным фактором, влияющим на разрешение литографического процесса в целом, является контрастность изображения. Для улучшения контрастности после операции экспонирования до проявления фоторезист сушат, чем достигается его однородная плотность. Кроме этого, возможно применение антиотражающих покрытий для исключения внутреннего отражения в плёнке фоторезиста. Это явление возникает из-за того, что отражённый поток интерферирует с проходящим светом, вызывая дополнительную засветку в местах, защищённых непрозрачными участками фотошаблона. В результате образуется так называемый "ореол", вызывающий нерезкость и неровность края изображения.

Для нанесения равномерного слоя фоторезиста малой толщины на сильно рельефную ступенчатую поверхность используют многослойные Фоторезисты, например, двухслойные. В этом случае сначала экспонируют и проявляют верхний тонкий 0, 2-0, 4 мкм слой фоторезиста, а затем с помощью реактивного ионного травления переносят рисунок на второй более толстый слой фоторезиста. Использование 3-х слойной структуры, например, фоторезист-SiOsub>2-фоторезист, позволяет при толщине 1, 6 мкм получать линии шириной 0, 4 мкм. Многослойные фоторезисты можно применять для получения линий субмикронного размера.

**Фотошаблоны.**

Фотошаблон – это плоскопараллельная пластина из прозрачного материала с рисунком из прозрачных и непрозрачных для света участков, образующих топологию прибора, многократно повторенную на поверхности пластины. Фотошаблоны могут быть стеклянными и плёночными, металлизированными и эмульсионными, прямыми и обратными. Наилучшую разрешающую способность дают металлизированные фотошаблоны с покрытием из хрома или окиси железа – R ≥ 1000 линий/мм. Основные требования к фотошаблонам – это высокая разрешающая способность, большая площадь рабочего поля, высокая контрастность, высокая оптическая плотность непрозрачных участков, точность воспроизведения размеров рисунка не хуже 0, 5 мкм, точность шага между элементами не хуже 0, 5 мкм, стабильность рисунка и его размеров во времени, стойкость к истиранию, плоскостность рабочей поверхности.

На рисунке 2 представлена последовательность операций изготовления фотошаблонов различными методами. Наиболее простым и сравнительно дешёвым способом является оптико-механический. Способ включает в себя такие операции как вычерчивание оригинала, его репродуцирование и промежуточный отъем, мультиплицирование с одновременным уменьшением размера модуля до масштаба 1:1, изготовление рабочих копий фотошаблона. Недостатком этого способа является его многоэтапность, что определяет высокую трудоёмкость и большую продолжительность процесса изготовления. Поэтому оптико-механический способ применяют при изготовлении плат ГИС и ИМС малой или средней степени интеграции.

Рис. 2 Последовательность технологических операций изготовления фотошаблонов различными способами.

Высокопроизводительными являются способы оптического или электронного генерирования изображения, которые применяют при изготовлении БИС и СБИС. По характеру конструктивного оформления они подразделяются на микрофотонабор, фотомонтаж и сканирование с поэлементной развёрткой.

Микрофотонабор – это способ генерирования изображения, когда рисунок создают путём набора из отдельных элементов прямоугольной формы, размеры и разворот которых могут меняться. Экспонируемые элементы формируют с помощью диафрагмы по программе и последовательно экспонируют.

При фотомонтаже рисунок набирают из стандартных элементов или фрагментов и последовательно экспонируют.

Сканирование с поэлементной развёрткой осуществляют световым пятном, которое последовательно обегает всю рабочую поверхность заготовки фотошаблона по программе.

Генераторы изображения используют в качестве выходных систем машинного проектирования топологии фотошаблонов ИМС. В результате получают эталонные фотошаблоны ЭФШ, использовать которые в производстве ИМС экономически нецелесообразно. Поэтому методом контактной печати с полученного ЭФШ изготавливают необходимое количество рабочих копий, так называемые рабочие фотошаблоны, которые и применяют в технологии ИМС.

Качество изготовленных фотошаблонов во многом определяет процент выхода годных ИМС, поэтому для ЭФШ применяют 100%-ый контроль качества. Это прежде всего проверка линейных размеров под микроскопом с увеличением не менее 500х и проверка совмещаемости комплекта фотошаблонов по реперным знакам.

**Контактная фотолитография.**

Суть процесса фотолитографии заключается в создании на поверхности полупроводниковой (или изолирующей) пластины защитного рельефа требуемой конфигурации, включающего в себя большое число рисунков элементов ИС. Фотолитография – это комплекс технологических операций, допускающих использование групповых методов обработки и обеспечивающих тем самым высокую производительность процесса в целом.

Основными составляющими процесса фотолитографии, определяющими её уровень, являются фоторезист, фотошаблон и конкретная схема реализации технологического процесса, связанная с техническими характеристиками используемого оборудования.

Дефекты при проведении процесса контактной фотолитографии.

Практически разрешающая способность процесса контактной фотолитографии 1, 5-2 мкм является предельно достижимой и хуже, чем дают теоретические оценки (на уровне 1 мкм). Это вызвано целым рядом явлений, сопровождающих литографический процесс и снижающих его разрешающую способность. Основными дефектами контактной фотолитографии, в частности, являются: наличие проколов в плёнке фоторезиста, неоднородность толщины плёнки фоторезиста, образование клина травления, неровность края проявленной плёнки фоторезиста, изменение геометрических размеров и наличие "ореола" по краю изображения.

Появление проколов в плёнке фоторезиста связано с некачественным или изношенным фотошаблоном, различного рода загрязнениями, плохой смачиваемостью поверхности пластины или перегревом плёнки фоторезиста при экспонировании. Как правило, при травлении проколы переходят в окисный защитный слой и являются "паразитными" областями локальной диффузии примесей, что может привести к закорачиванию р-n переходов.

Неоднородность по толщине плёнки фоторезиста приводит к несплошности контакта с фотошаблоном и трудности в подборе времени экспонирования.

Наиболее часто встречающийся дефект – образование клина травления. Клин травления возникает при вскрытии окон в защитном слое окисла и влияет на размер диффузионной области рис. 3.

Рис. 3. Схематическое изображение клина травления в защитном слое SiO2.

При наличии клина размеры диффузионной области дополнительно увеличиваются и могут быть определены из следующего выражения

dдиффуз = dокна + 2×hдиффуз×(1+k/10L),

где hдиффуз – глубина диффузии. При толщине окисла 0, 7-0, 8 мкм; k = 1-2 мкм для негативных фоторезистов и 0, 3-0, 4 мкм для позитивных. Причины появления клина связаны с неправильно подобранной экспозицией, плохим контактом между пластиной и фотошаблоном, недостаточной оптической плотностью непрозрачных участков фотошаблона, неперпендикулярным падением света на фотошаблон, некачественным проявлением фоторезиста.

Дефекты, связанные с неровностью края плёнки фоторезиста появляются при неправильных режимах проявления и экспозиции, при наличии в фоторезисте инородных частиц размером 0, 3-0, 5 мкм, при некачественных фотошаблонах.

Минимальный геометрический размер элемента зависит от длины волны излучения λ, расстояния между фотошаблоном и пластиной z и толщины фоторезиста h, которые связаны между собой соотношением bmin=3/2×[λ×(z+h/2)]1/2. Поэтому при плохом контакте пластины и фотошаблона, т.е. при зазоре, возникает дифракция, которая и искажает размеры экспонируемой области. К искажению геометрических размеров рисунка могут привести также неправильно подобранные режимы экспонирования и проявления.

Интерференция проходящего через слой фоторезиста светового потока и его отражения от границы с подложкой, а также рассеяние света, создают нерезкую зону по краю изображения, которая после проявления даёт "ореол", что ухудшает контрастность и изменяет геометрические размеры рисунка. Для ослабления этого эффекта применяют антиотражающие покрытия, например, плёнки окиси хрома, которые осаждают на поверхность пластины перед нанесением фоторезиста.

В итоге контактная фотолитография при решении задачи повышения разрешающей способности и достижения предельной точности сталкивается с существенными ограничениями:

- неизбежность механических повреждений фотошаблона и подложки при контакте;

- вдавливание пылинок в фоторезист и прилипание его к шаблону при контакте;

- любые непрозрачные для УФ - излучения частицы между пластиной и фотошаблоном являются причинами появления дефектов;

- поскольку плотный контакт между пластиной и фотошаблоном невозможен, воздушные зазоры приводят к появлению дифракционных эффектов и увеличению размеров изображения;

- точность совмещения при контактной фотолитографии существенно снижается из-за проблем фиксации перехода от положения "зазор" в положение "контакт".

**Бесконтактная фотолитография.**

Бесконтактная фотолитография реализуется в двух способах: фотолитография на микрозазоре и проекционная фотолитография.

Фотолитография на микрозазоре (фотошаблон и пластина с нанесённым фоторезистом отстоят друг от друга на расстоянии 10-30 мкм) использует так называемый множественный источник излучения, когда УФ - лучи падают наклонно под одинаковыми углами к оптической оси системы экспонирования. Наклон лучей устраняет или сводит к минимуму дифракционные явления за прозрачными участками фотошаблона, улучшает равномерность облучения. В результате достигается высокая разрешающая способность, например, при толщине плёнки фоторезиста 1, 8 мкм можно получить линейный размер 2 мкм при зазоре 10 мкм и менее 3, 5 мкм при зазоре 30 мкм. Бесконтактная система экспонирования позволяет снизить время экспонирования до 2-3 с, увеличить срок службы фотошаблонов.

Проекционная фотолитография позволяет проецировать изображение фотошаблона на подложку и осуществлять совмещение при наблюдении рисунка фотошаблона и пластины в одной плоскости. Это исключает проблему глубины резкости и точной установки зазора между пластиной и фотошаблоном. При проекционной фотолитографии уменьшается длительность процесса совмещения и увеличивается точность совмещения. Разрешающая способность проекционной фотолитографии выше, так как исключается дифракция излучения в зазоре. Метод хорошо поддаётся автоматизации.

Рентгеновская литография.

Основу метода рентгеновской литографии составляет взаимодействие рентгеновского излучения с рентгенорезистами, приводящее к изменению их свойств в сторону уменьшения или увеличения стойкости к проявителям.

Рентгеновское излучение получают путём бомбардировки мишени потоком ускоренных электронов. Рентгеновское излучение бывает "белое", как результат взаимодействия потока электронов с электронами внешних оболочек атомов материала мишени, и "характеристическое" взаимодействие пучка электронов с внутренними оболочками атома и переход их на внешние или удаление из атома. Эти переходы сопровождаются рентгеновским излучением. Так как кинетическая энергия электронов внутренних оболочек атомов мишени существенно больше внешних, то длина волны характеристического излучения много меньше белого. Для рентгеновской литографии используют рентгеновское излучение с длиной волны 0, 4-0, 8 нм, например, PdLa(λ=0, 437 нм), MoLa(λ=0, 541 нм), AlKa(λ=0, 834 нм).

Рентгенорезисты, также как и Фоторезисты, делятся на позитивные и негативные. Под действием рентгеновского излучения первые разрушаются, а вторые сшивают свои молекулярные структуры. Рентгеновское излучение выбивает электроны с внутренних оболочек атомов рентгенорезиста, и освободившиеся электроны взаимодействуют с полимерной основой рентгенорезиста. Позитивные и негативные Рентгенорезисты имеют одинаковую разрешающую способность. Основные требования к рентгенорезистам – это чувствительность к излучению, контрастность, высокая разрешающая способность, устойчивость при травлении. Высокой стабильностью и стойкостью к воздействию кислот обладает позитивный рентгенорезист на основе полиметилметакрилата, который и получил наибольшее применение.

В качестве шаблонов в рентгеновской литографии используют тонкие кремниевые структуры, прозрачные для рентгеновского излучения, с рисунком покрытия из тяжёлых металлов, например, золота, которое не пропускает рентгеновские лучи.

На рис. 4 представлена упрощённая схема установки рентгеновской литографии. Порядок технологических операций рентгеновской литографии тот же, что и в оптической литографии. Рентгенорезист также наносят методом центрифугирования, однако толщина его меньше, чем фоторезиста, и составляет 0, 1-0, 5 мкм. Проецируют изображение фотошаблона на пластину с зазором 3-10 мкм.

Рис. 4 Схема установки для рентгеновской литографии.

Проявляют рентгенорезист в смеси, содержащей 40% метизобутилового кетона и 60% изопропилового спирта.

Основным преимуществом рентгеновской литографии является высокая разрешающая способность. Дифракционные эффекты, препятствующие использованию видимого и даже коротковолнового УФ - света, не являются помехой для рентгеновских лучей, длина волны которых менее 1 нм. Системы рентгеновской литографии работают почти также, как и системы оптической литографии. Однако существенным недостатком являются их малая производительность, высокая стоимость и невысокая чувствительность рентгенорезиста. Для компенсации последнего необходимо получение рентгеновских лучей с высокой энергией. Проблемой является также большая(1000 об/мин) скорость вращения мишени – массивного металлического диска, на кромку которого нанесён материал мишени. Высокие скорости вращения диска необходимы для охлаждения материала мишени, однако из-за возникающей вибрации в конструкции системы, снижается точность совмещения рисунка ИМС.

Электронно-лучевая литография.

Электронно-лучевым методом можно легко получать линии шириной 0, 25 мкм. Возможности электронно-лучевых систем очень высоки: точность совмещения 0, 03 мкм, минимальный размер – 1 мкм. В отличие от других методов литографии электронно-лучевой метод не требует масок или шаблонов, позволяет быстро перестраивать производство без существенных капитальных затрат, так как не надо изготавливать фотошаблоны, а изменения в топологию ИМС можно вносить путём изменения программы управления от ЭВМ. Электронно-лучевой метод содержит меньшее число технологических операций, что снижает трудоёмкость процесса в целом, однако, трудоёмкость некоторых операций высока. На пример, время, затрачиваемое на экспонирование одной пластины 100 мм диаметром, составляет порядка10-15 мин.

Электронно-лучевое экспонирование выполняется в вакуумных установках и основано на нетермическом взаимодействии ускоренных электронов с электронорезистом. В качестве последнего применяют различные полимерные материалы, в том числе и Фоторезисты. Предпочтение отдаётся специальным электронорезистам, нечувствительным к видимому и УФ - излучениям. Электронорезист также должен иметь низкое давление собственных паров и не должен образовывать химических соединений, загрязняющих вакуумную камеру установки.

Электронорезисты подразделяют на позитивные и негативные в зависимости от того разрывает поток падающих электронов химические связи в их структуре или, наоборот, укрепляет (структурирует) молекулы электронорезиста. В каждом конкретном полимере преобладает тот или другой эффект. Степень структурирования и деструкции позитивных элетронорезистов прямо пропорциональна дозе облучения, т.е. величине заряда электронов на единицу площади. Структурные изменения в электронорезисте произойдут полностью, если длина свободного пробега электронов будет больше толщины слоя электронорезиста.

Установки электронно-лучевой литографии обеспечивают ускоряющее напряжение порядка 104В, что соответствует длине волны 50-100 нм. Чем больше ускоряющее напряжение, тем меньше длина волны и меньше минимальный размер элемента. Технически считается возможным получение потока электронов с длиной волны менее 0, 1 нм, т.е. возможна разрешающая способность, близкая к 10-4 мкм.

Используют два метода электронно-лучевой литографии: сканирующую и проекционную литографию.

Сканирующая электронно-лучевая литография – это обработка сфокусированным единичным пучком поверхности пластины, покрытой электронорезистом. Для экспонирования в этом случае применяют растровые электронные микроскопы (РЭМ) или электронно-лучевые ускорители (ЭЛУ). РЭМ позволяет получать линии рисунка шириной 0, 1 мкм. При управлении лучом от ЭВМ применяют векторное сканирование. В этом случае электронный луч сканирует только запрограммированный участок, выключаясь в местах перехода от одного элемента к другому. Для увеличения площади экспонирования наряду с перемещением луча осуществляют управляемое от ЭВМ перемещение столика, на котором расположена пластина с электронорезистом. Совмещение топологических слоёв ИМС выполняется автоматически с помощью реперных меток, отражаясь от которых с отклонением, электронный луч даёт сигнал ЭВМ о несовмещении, в результате ЭВМ изменяет положение пучка. Точность совмещения составляет ±0, 5 мкм.

Проекционная электронно-лучевая литография – это электронная проекция всего изображения, в результате которой на электронорезист передаётся одновременно весь рисунок фотошаблона. В качестве последнего используют трёхслойный катод, который выполняет роль шаблона и одновременно является источником электронов. Рисунок шаблона в масштабе М 1:1 выполняют на слое диоксида титана, который непрозрачен для УФ - излучения. Поверх рисунка наносят плёнку палладия, обладающую высокими фотоэмиссионными свойствами. Фотокатод со стороны основы, выполненной из кварца, облучают УФ - излучением. Участки поверхности, покрытые плёнкой палладия, под действием УФ - излучения эмитируют электроны, которые ускоряясь в электрическом поле с помощью фокусирующей системы, проецируют изображение без искажения. Отклоняющая система установки позволяет смещать изображение и, тем самым, проводить совмещение с точностью ±0, 25 мкм.

Проекционный метод имеет хорошее разрешение, позволяющее получать линии шириной 1 мкм, большую до ±50 мкм глубину резкости. Производительность метода сравнима с фотолитографией.

К недостаткам метода можно отнести сложность изготовления фотокатодов и сложность подсоединения детекторов для совмещения.

Описание технологического процесса

Уважаемый преподаватель курсовая скачена из интернета и студентом даже не прочитана

Процесс контактной фотолитографии состоит из ряда пунктов представленных на рисунке 5.

*Рис. 5 Схема процесса контактной фотолитографии*

подготовка поверхности исходной подложки;

нанесение на подложку слоя фоторезиста;

первая сушка фоторезиста — пленкообразование;

совмещение рисунка фотошаблона с рисунком на исходной подложке (если процесс фотолитографии повторяется с изменением; фотошаблона);

экспонирование фоторезиста контактным способом;

проявление фоторезиста;

вторая сушка фоторезиста — полимеризация;

контроль рельефа рисунка в пленке фоторезиста;

травление подложки;

снятие пленки фоторезиста с поверхности подложки;

контроль рельефа рисунка в подложке.

1. Начинаем процесс с очистки поверхности пластин от загрязнений способных влиять на структуру фоторезиста:

молекулярные загрязнения – органические (масла, жиры, остатки фоторезиста, растворителей и др.), механические (пыль, абразивные частицы, ворсинки) и плёнки химических соединений (окислы, сульфиды, нитриды и др.);

ионные загрязнения – соли, основания и кислоты из остатков травильных растворов, химически связанные с поверхностью пластины;

атомарные загрязнения – атомы тяжёлых металлов, Ag, Cu, Fe, осевшие на поверхность пластины из химических реактивов в виде микрозародышей. Химическую очистку от загрязнений осуществляют путём обработки в органических растворителях, кислотах и деионизованной воде. Альтернативой органическим растворителям являются перекисно-аммиачные смеси, перекись водорода окисляет органические загрязнения и переводит их в растворимое состояние. Качество такой отмывки выше ещё и потому, что водные растворы аммиака способны к комплексообразованию с ионами меди, серебра и др.

Процесс отмывки полупроводниковых пластин деионизованной водой ведем, в аппарате OSTEC ADT 976 постоянно измеряя электрическое сопротивление воды. По мере снижения концентрации примесей сопротивление воды постепенно повышается. При установлении постоянного сопротивления воды процесс отмывки считаем законченным.

1.1 Качество отмывки определяем в темном поле микроскопа Nikon Eclipse L200А при увеличении в 300х по числу светящихся точек.

2. Нанесение фоторезиста

Наибольшее распространение получило центрифугирование, позволяющее использовать несложные устройства с центрифугой. Толщина плёнки фоторезиста зависит от вязкости, времени нанесения, скорости вращения центрифуги, температуры и влажности среды. Плёнка фоторезиста должна быть равномерна (не хуже ±10%) по толщине и иметь хорошую адгезию к подложке. Последнего добиваются путём предварительного отжига пластин при различных температурах в зависимости от материала покрытия: SiO2 - 900-10000С в атмосфере кислорода, примесносиликатное стекло – 5000С в атмосфере кислорода, Al – отжиг в аргоне при 3000С.

Применение пульверизации для нанесения фоторезиста позволяет автоматизировать процесс, однако связано с большим расходом материала и более сложным контролем за толщиной покрытия. Метод окунания применяют редко, так как, несмотря на простоту и возможность ручного исполнения он не даёт воспроизводимых результатов.

После очистки наносим на пластину слой позитивного фоторезиста фп - 383 толщиной 1.0 мкм. отфильтрованного и разбавленного до степени вязкости (6.0 cCm). Нанесение фоторезиста производим методом центрифугирования в аппарате OSTEC EVG®101, наносим 6-10 капель фоторезиста в центр пластины и распределяем по поверхности при скорости вращения центрифуги 3800 об./мин в течение 30 сек.

3. Первая сушка

Назначение первой сушки фоторезиста состоит в удалении растворителя, уплотнения и уменьшения внутренних напряжений в плёнке, что улучшает адгезию фоторезиста к подложке. Используют три метода сушки: конвективная, ИК-сушка – нагрев от лампы или спирали, и СВЧ - сушка – нагрев за счёт поглощения энергии СВЧ - поля. Последние два метода предпочтительны, так как осуществляют нагрев от подложки и, тем самым, обеспечивают полное удаление растворителя.

После обработки на центрифуге фоторезист сушим: в таре при температуре 20 оС в течение 20 мин; в сушильном шкафу Sawatec [HP 150](http://www.tbs-semi.ru/companies/sawatec/HP150.html) при температуре 97 оС в течение 30 мин; в таре при температуре 20 оС в течение 35 мин.

4. Совмещение пластины с фотошаблоном.

В процессе изготовления кристалла ИМС фотолитография повторяется многократно, и необходимо каждый раз осуществлять совмещение рисунков топологии кристалла ИМС. Для совмещения используют сложные оптико-механические комплексы, позволяющие осуществлять совмещение визуально, вручную и автоматически. В первом случае сначала проводят совмещение строк и столбцов (так называемое грубо совмещение), а затем точное совмещение по реперным знакам с точностью в пределах 1 мкм. Автоматизированный способ совмещения обеспечивает точность совмещения до 0, 1 мкм. Оптическая система обеспечивает обзор при увеличении 40-80х и точное совмещение при 100-400х

Топологию ранее проведенных процессов с фотомаской совмещаем через микроскоп в аппарате OSTEC EVG620

5. Экспонирование

В качестве источника излучения используют ртутные лампы характеризующиеся высокой интенсивностью излучения, параллельностью светового пучка и его равномерностью. Время экспонирования подбирают экспериментально и обычно в пределах 15-20 с.

Облучение фоторезиста светом с длинной волны 400 нм. производим в том же аппарате что и совмещение OSTEC EVG620

6. Проявление

Характер и условия проявления фоторезиста зависят от его вида и условий предварительной сушки и экспонирования. Проявление позитивных фоторезистов связано с удалением облучённых участков при обработке в водных щелочных растворах 0, 3-0, 5% KOH или 1-2% растворе тринатрийфосфата. Проявление негативных фоторезистов – простое растворение необлучённых участков в органических растворителях (толуол, диоксан и др.). Особенностью проявления позитивных фоторезистов по сравнению с негативными является отсутствие набухания необлучённых участков. Поэтому они имеют большую разрешающую способность и меньшую зависимость её от толщины плёнки фоторезиста.

После экспонирования удаляем не облученные участки фоторезиста проявителем УПФ-1Б, производим удаление в том же аппарате что и нанесение OSTEC EVG®101, в течение 30 секунд при температуре 20 оС и 1000 об./мин.

7. Полимеризация

Для придания устойчивости фоторезиста к последующему воздействию агрессивных сред проводят вторую сушку (так называемое термическое структурирование). При этом температуру увеличивают плавно с выдержкой через 10-20 мин.

Полимеризацию фоторезиста проводим в сушильном шкафу Sawatec [HP 150](http://www.tbs-semi.ru/companies/sawatec/HP150.html) при температуре 130 оС в течение 30мин.

8. После проявления и полимеризации фоторезиста проводим 100% контроль фотомаски по размерам элементов в 3-4-х точках при увеличении 400х. микроскопом Nikon Eclipse L200А.

9. Травление является завершающей стадией формирования рисунка элементов ИМС. При этом должно быть обеспечено минимальное искажение геометрических размеров, полное удаление материала на участках, не защищённых фоторезистом, высокая селективность воздействия травителя. Составы травителей на характерные слои структур ИМС: SiO2 и примесносиликатные стёкла – HF:NH4F:H2O=1:3:7; Si3N4 – H3PO4 в смеси с P2O5; Al – H3PO4:HNO3:CH3COOH:H2O=15:7:3:1.

10. Снятие пленки фоторезиста

Заключительной операцией процесса фотолитографии является удаление фоторезиста, т.е. той фотомаски, которая выполнила свою задачу по формированию рисунка ИМС. Для этого возможно 3 способа: химическая деструкция – разрушение фоторезиста в серной кислоте или в смеси H2SOsub>4:H2O2=3:1; удаление в органических растворителях – ацетон, диметилформамид и др.; плазмохимическая деструкция – обработка в низкотемпературной ВЧ кислородной плазме при давлении 102-103 Па. Плазмохимическое травление (ПХТ) обладает значительным преимуществом как процесс более производительный, более эффективный, дешёвый и поддающийся автоматизации.

Для удаления старой фотомаски, из фоторезиста ФП-383, пользуемся аппарат OSTEC EVG®101, и смывателем СПР-01Ф, удаление производим в течение 3 минут и 1000 об./мин. после чего промываем дистиллированной водой и сушим в центрифуге аппарата.

11. после удаления фотомаски проводим контроль качества полученного рельефа рисунка в подложке микроскопом Nikon Eclipse L200А при увеличении 400х.

**Выбор и описание технологического оборудования**

Внешний вид установки отмывки и сушки OSTEC ADT 976 представлен на рис. 6 а, принципиальная схема рис. 6 б. Установка последовательно осуществляет струйную обработку пластин деионизованной водой и сушку горячим азотом при одновременном центрифугировании.

Блок отмывки и сушки выполнен в виде цилиндрической камеры 11, через дно которой введен вал центрифуги 14. Привод вращения центрифуги 10 содержит электродвигатель постоянного тока с регулируемым числом оборотов. На валу центрифуги закреплены держатели для 8и пластин. Камера закрывается сверху крышкой 8, которая в рабочем состоянии прижимается к торцу камеры через прокладку 7 с помощью вакуумной рубашки 6. В центре установки закреплен патрубок 9 с форсунками, через которые подается вода для струйной обработки и азот для сушки. Подача воды и азота управляется последовательным включением электромагнитных клапанов 3, в магистрали подачи азота установлен электрический подогреватель 4. В дне камеры выполнено дренажное отверстие 13, сбоку расположен патрубок для соединения с вытяжной вентиляцией 12. Патрубок 1 деионизированная вода патрубок 2 азот патрубок 5 вакуум

Установка совмещения и экспонирования OSTEC EVG620 представлена на рис 7, она состоит из модуля предварительного позиционирования рис 8, манипулятора рис. 9, калибратора рис 10, блока экспонирования рис 11.

Модуль предварительного позиционирования рис 8 состоит из блока предварительного позиционирования a, транспортера b и манипулятора c. Механизм позиционирования подложек a выполнен в виде столика 2 с вакуумным зажимом, вокруг которого установлены 3и ролика, Ролики 1 не имеют собственного привода, ролик 3 получает вращение от электродвигателя. Вращение подложки контролирует датчик 4, определяя положение ее бокового среза, раструб воздушной завесы 11 не дает пыли подлетать к столику. После предварительного позиционирования рука 6 транспортера b накрывает подложку вакуумным захватом 8 подключенного к шлангу вакуума 5. Вращаясь на шарнире 7, рука транспортера устанавливает подложку на поворотный диск 10 манипулятора 9.

4

2

1

3

5

6

7

8

10

9

11

*a*

*b*

*c*

Рис. 8 Принципиальная схема модуля предварительного позиционирования уст. OSTEC EVG620

Манипулятор рис. 9 обеспечивает перемещение подложки по ортогональным осям и ее поворот при совмещении с фотошаблоном.

1

2

3

4

5

6

7

8

М

М

М

2

2

4

5

5

6

6

10

9

11

Рис. 9 Принципиальная схема манипулятора установки OSTEC EVG620

Внутри литого корпуса 1 установлен поворотный диск 7 с вакуумным зажимом, соединенный с механизмом вертикальных перемещений рис 10. Поворотный диск центрируется тремя подшипниками 5. Угловой поворот диска 7 производится электродвигателем 9, который по средствам тяги 6, и связанного с ней упора 11, поворачивает диск 7. Перемещение по оси X осуществляется с помощью электродвигателя 10, который по средствам тяги 6, и связанного с ней эксцентрика 4, воздействует на панель 3. Для перемещения по оси Y используется электродвигатель 8, который по средствам тяги 6, и связанного с ней эксцентрика 4, воздействует на панель 3. С противоположных эксцентрикам сторон панель 3 зажимается подпружиненными подшипниковыми упорами 2.

Механизм подготовки совмещения - калибратор рис 10, предназначен для параллельного выравнивания поверхностей подложки и фотошаблона (удаления ˝клина˝) и установления между ними микрозазора. Эти операции необходимы для качественного выполнения совмещения и экспонирования. При уменьшении микрозазора и появление ˝клина˝ возрастает вероятность контакта фотошаблона с подложкой в отдельных зонах, что приводит к износу фотошаблона, и повреждению фоторезиста на подложке. Выравнивания поверхности подложки ведем не по всей поверхности, а лишь по периферийной части. Для этого между подложкой 7 и фотошаблоном 2 вводят калибратор 3, который имеет выступающую отбортовку по краям, выступающий край калибратора защищает рабочую часть фотошаблона и фоторезиста от повреждений. Затем запуская поочередно электродвигатели 9, добиваемся одинакового усилия давления каждого из поршней 8 на площадку 4, что означает полное прилегание подложки 7 к калибратору 3 и калибратора фотошаблону 2.

М

М

М

1

3

9

4

5

7

2

8

6

Рис. 10 Принципиальная схема калибратора установки OSTEC EVG620

Установка и снятие калибратора осуществляется кривошипно-шатунным механизмом 5 при помощи тяги 6. трех опорная система обеспечивает надежную фиксацию подложкодержателя, исключая его разворот.

Блок экспонирования контактного типа рис 11 в качестве источника используется ртутно-кварцевая лампа 1, излучение которой рефлектором 2

Рис. 11 Принципиальная схема блок экспонирования установки OSTEC EVG620

направляется на зеркало 3 и далее в блок линзовых растров 4. Зеркало 5 направляет расходящиеся пучки излучения на конденсор 7, преобразующий его в параллельный (в пределах угла коллимации) поток актиничного излучения, который падает на фотошаблон 8. Фотоприемник 6 служит для контроля дозы экспонирующего излучения

Установка нанесения, проявления и снятия фоторезиста OSTEC EVG®101 представлена на рис. 12. Качество нанесения фоторезиста влияет на качество выходящего продукта в целом и является основополагающим. Одними из главных характеристик данной установки являются: защита от пыли рабочей зоны и точность соблюдения скорости вращения центрифуги. Схема установки OSTEC EVG®101 в общем виде представлена на рис. 13 a внешняя камера аппарата снабжена раструбами воздушной завесы 1, также для удаления пыли, которая может слететь с оператора, установлен раструб воздушной завесы 7. Что обеспечивает минимальное количество включений в сыром фоторезисте.

14

5

15

8

1

2

3

10

3

9

8

7

6

5

4

11

12

18

13

17

16

6

*a*

*c*

*d*

*b*

Рис. 13 Принципиальная схема установки нанесения и проявления фоторезиста OSTEC EVG®101

Для облегчения установки подложек из кассеты на подставку 6 установлен ручной вакуумный захват 2. После установки на подставку рис. 13-d подложка ориентируется под транспортер с при помощи упора 16 и двух роликов, 18 без привода и 17 с электроприводом. Затем рука 5 транспортера рис. 13-с, накрывает подложку вакуумным захватом 8 подключенного к шлангу вакуума 14. Вращаясь на шарнире 15, рука транспортера устанавливает подложку в центрифугу 3 на рабочий стол 9 рис. 13-b. После закрытия крышки 4 трубка подачи фоторезиста 11 поворачивается электроприводом 12 в рабочее положение (жиклером 10 над центром подложки). Центрифуга 3 подробно изображена на рис. 14.

12

3

11

19

20

21

10

22

9

23

24

25

26

27

28

29

Рис. 14 Принципиальная схема центрифуги установки OSTEC EVG®101

Рабочий стол центрифуги 9 приводится в движение полым валом 26 по средствам электродвигателя 21 через ременную передачу 20. Электродвигатель постоянного тока обеспечивает резкий старт и точный контроль числа оборотов, что важно для хорошего распределения фоторезиста и соблюдения необходимой толщины. Подача вакуума идет через отстойник 29 и штуцер 25, герметичность обеспечивает сальник 27, пробка 28 позволяет сливать попавшие в отстойник жидкости из камеры центрифугирования. Подача фоторезиста на подложку 22 осуществляется через штуцер 19 по трубке 11 в жиклер 10. Обработка подложки едкими составами (проявитель и смыватель) осуществляется через форсунку 13 рис. 13-b подключаемую через штуцер 23. Также аппарат может использоваться для промывки составами низкой активности и сушки центрифугированием. Слив отработанных жидкостей осуществляется через дренажное отверстие 24 в камере центрифугирования 3.

Сушильный аппарат рассмотренный на рис. 15, предназначен для предварительного прогрева, и сушки подложек. Максимальная температура разогрева подложек 150 0С точность удержания ее +/-10C на 1000C. Преимуществами данного аппарата являются: простота конструкции, компактные размеры, низкое (350 Вт.) энергопотребление.

Подложку устанавливаем на крышку 1 рис. 16, с отверстиями вакуумного зажима 2, крышка 1 на шарнирах 5, для загрузки откидывается на угол 1800. СВЧ генератор 7 на базе магнетрона передает излучение по волноводу 6 в рупорную антенну 3 с корректирующей диэлектрической линзой (она применяется для создания плоского фронта СВЧ волн). Закрываем крышку 1 и подложка оказывается над рупорной антенной 3 отделенной от нее защитным экраном 4

6

7

4

2

1

3

5

Рис. 16 Принципиальная схема сушильной установки Sawatec HP 150

Магнетрон рис. 17 состоит из анодного блока 1, который представляет собой, металлический толстостенный цилиндр с прорезанными в стенках полостями, выполняющих роль объёмных резонаторов 2. Резонаторы образуют кольцевую колебательную систему. Соосно анодному блоку закрепляется цилиндрический катод 3. Внутри катода закреплён подогреватель. Магнитное поле, параллельное оси прибора, создается внешними электромагнитом. Для вывода СВЧ энергии 5 используется, проволочная петля 6, закреплённая в отверстие из резонатора наружу цилиндра. Так как в магнетроне с одинаковыми резонаторами разность частот получается недостаточной, её увеличивают введением связок 4 в виде

Рис.17 Принципиальная схема магнетрона.

металлических колец, одно из которых соединяет все чётные, а другое все нечётные ламели 7 анодного блока.

Микроскоп Nikon Eclipse L200A рис. 18 это идеальный инструмент для полуавтоматической инспекции полупроводниковых пластин в светлом и темном поле, диаметром до 200мм и интегральных микросхем в отраженном свете на наличие дефектов.

Для темнопольнои микроскопии пользуются обычными объективами и специальными темнопольными конденсорами. Основная особенность темнопольных конденсоров заключается в том, что центральная часть у них затемнена и прямые лучи от осветителя в объектив микроскопа не попадают. Объект освещается косыми боковыми лучами и в объектив микроскопа попадают только лучи, рассеянные частицами. Чтобы в объектив не попадали прямые лучи от осветителя, апертура объектива должна быть меньше, чем апертура конденсора. Для уменьшения апертуры в обычный объектив помещают диафрагму или пользуются специальными объективами, снабженными ирисовой диафрагмой.

При темнопольной микроскопии частицы выглядят ярко светящимися на черном фоне. При этом способе микроскопии могут быть обнаружены мельчайшие частицы, размеры которых лежат за пределами разрешающей способности микроскопа. Однако темнопольная микроскопия позволяет увидеть только контуры объекта, но не дает возможности изучить внутреннюю структуру. Для темнопольной микроскопии применяют более мощные осветители и максимальный накал лампы.

Часто повторяющиеся операции такие как: смена методов контрастирования и объективов, управление апертурой, фокусировка и регулировка интенсивности освещения выполнены на передней панели рис. 19, моторизированы и могут управляться с панели управления рис. 20. Моторизация и внешняя панель управления, обеспечивает быстрое и простое управление микроскопом не отрывая глаз от объекта исследования. При этом фактически отсутствует необходимость каких либо ручных манипуляций над образцом, что предотвращает его загрязнение по вине оператора. Элементы микроскопа покрытые составом, обеспечивающим электростатическое разряжение, для предотвращения электростатических разрядов, и адгезии посторонних частиц к микроскопу, что минимизируют вероятность загрязнения объекта исследования, увеличивая производительность.

Оптимальные условия наблюдения могут быть сохранены отдельно для каждого объектива и восстановлены лишь простой сменой увеличения.

Такая возможность обеспечивает полную воспроизводимость результатов исследования, а так же существенно ускоряет работу с микроскопом. Процесс инспекции может меняться в зависимости от типа подложки и предпочтений пользователя. Поэтому возможность программирования исключает рутинный процесс подстройки. Чтобы начать работу, нужно лишь выбрать сохраненный файл с именем оператора, и применить предустановки в зависимости от метода контрастирования, увеличения объектива, объекта исследования, фокусировки, позиции столика, апертуры и интенсивности света.

Оценка технологического процесса

Основными контролируемыми параметрами являются геометрические размеры, топология и наличие дефектов покрытия. Контроль проводится при помощи полу автоматизированного микроскопа Nikon Eclipse L200А (описанного выше) в светлом и темном поле.

 1. Процесс отмывки, описанный выше в п. 1 описания технологического процесса, оканчивается контролем качества отмывки. Посторонние частицы и другие точечные загрязнения на подложке дают преломление света, в темном поле микроскопа и выглядят ˝звездами˝ на темном фоне. Количество этих частиц практически пропорционально количеству забракованных ИМС, оценку их количества проводим подсчитывая число потенциального брака, визуально. При большом количестве точек, больше расчетного относительно ранее проведенного процесса, проводится более тщательная очистка.

2. После проявления и полимеризации фоторезиста п. 8 описания технологического процесса, контроль рельефа в пленке фоторезиста проводим визуально под микроскопом. Проверяя всю рабочую поверхность подложки с имеющимися на ней элементами рисунка из пленки фоторезиста. Контролируются следующие основные критерии качества пленки: чистота рабочего поля пленки фоторезиста, наличие проколов и их количество, геометрические размеры элементов рельефа, неполное удаление фоторезиста в окнах, искажение формы элементов рисунка, наличие ореола и клина в рельефе рисунка. При обнаружении того или иного дефекта в пленке фоторезиста проводят анализ возможных причин его появления. После этого составляют план мероприятий по доработке отдельных технологических операций.

3. После удаления фотомаски п. 11 описания технологического процесса, контроль рельефа в подложки проводим визуально под микроскопом. Контролируя рабочую поверхность на соответствие ее топологии и геометрии элементов плану. Контролируются следующие основные критерии качества: наличие каверн, разрывов и их количество, геометрические размеры элементов рельефа; неполное удаление фотомаски, искажение формы элементов рисунка, наличие сужений, утолщений и изменений глубины рисунка. При обнаружении того или иного дефекта в пленке фоторезиста проводят анализ возможных причин его появления. После этого составляют план мероприятий по доработке отдельных технологических операций.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | 1 | I |
| МГОУ | 605124 |  | 605124 ВТД |
| Пластина | 0 |  |  |
| С | НПП | Обозначение ДСЕ | Наименование ДСЕ | кп |  |
| Ф | НПП | Обозначение комплекта ТД | Наименование комплекта ТД | листов |
| Г | Обозначение ТД | Услов. обозн. | Лист | Листов | Примечание |
| Ф 1 | 605124 Пластина 9 |
| Ф 2 | 605124 ТЛ Титульный лист 1 |
| Ф 3 | 605124 ВО Ведомость оборудования 1 |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 | Сборочные единицы |
| 7 |  |
| С 8 | 605124 Пластина |
| Г 9 | 605124 МК 4 |
| Г 10 | 605124 ОК 1 |
| Г 11 | 605124 ОКУ 3 |
| 12 |  |
| 13 |  |
| 14 |  |
| 15 |  |
| 16 |  |
| 17 |  |
| 18 |  |
| 19 |  |
| 20 |  |
| 21 |  |
| 22 |  |
| 23 |  |
| 24 |  |
| 25 |  |
| 26 |  |
| 27 |  |
| 28 |  |
| 29 |  |
| 30 |  |
|  |  |  |  |  |  | Разраб. |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | Н. контр. |  |  |  |
| ВТД /ВДП | Ведомость технологической документации |
|  |  | 2 | 1 |
| МГОУ | 605124 |  | 605124 ВО |
|  | 0 |  |  |
| С | НПП | Обозначение ДСЕ | Наименование ДСЕ | кл |  |
| В | Цех | уч. | РМ | Опер. | Код, наименование операции |  |
| Т | опер. | Обозначение ТО | Кол | Наименование ТО |
| Д | НПП | Код, наименование оборудования |
| С 1 | 605124 Пластина |
| 2 |  |
| Т 3 | ADT 976 Установка отмывки OSTEC |
| Д 4 | EVG 101 Установка нанесения, проявления и снятия фоторезиста OSTEC |
| Д 5 | HP 150 Установка сушильная Sawatec |
| Д 6 | EVG 620 Установка совмещения и экспонирования OSTEC |
| Т 7 | БАВнп-01 1, 2(01) БОКС укрытие "Ламинар-С" |
| Т 8 | ТУ 64-1-37-78 Пинцет ПС 160 3.О |
| Т 9 | ТУ 3-3.1210-75М Микроскоп инспекционный Nikon Eclipse L200A |
| Т 10 | ВТМ 4.189. 017 Тара для хранения пластин |
| 11 |  |
| 12 |  |
| 13 |  |
| 14 |  |
| 15 |  |
| 16 |  |
| 17 |  |
| 18 |  |
| 19 |  |
| 20 |  |
| 21 |  |
| 22 |  |
| 23 |  |
| 24 |  |
| 25 |  |
| 26 |  |
| 27 |  |
| 28 |  |
| 29 |  |
| 30 |  |
|  |  |  |  |  |  | Разраб. |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | Н. контр. |  |  |  |
| ВО/ВОБ | Ведомость оборудования |
|  |  | 3 | 1 |
| МГОУ | 605124 |  | 605124 МК |
| В | Цех | УЧ. | РМ | Опер. | Код, наименование операции |  |
| Г | Обозначение документа |
| Д | Код, наименование оборудования |
| Е | см | проф | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | К шт | Тпз | Т шт |
| Л/М | Наименование детали, сб. единицы или материала |
| Н/М | Обозначение, код | ОПП | ЕВ | ЕН | КИ | Н. расх. |  |
| В 1 | 005 Очистка подложки |
| 2 |  |
| Г 3 | 605124 ОКУ |
| 4 |  |
| Т 5 | БАВнп-01 1, 2(01) БОКС укрытие "Ламинар-С" |
| Т 6 | ТУ 64 – 1 – 37 – 78 Пинцет ПС 160 30 |
| Т 7 | ВТМ 4. 189. 017 Тара для хранения пластин |
| М 8 | ОСТ 11.029.003 - 80 Вода деионизированная марки А |
| Н 9 |  Склад Л 8 12 |
| М 10 | ГОСТ 9293-74 Азот газообразный |
| Н 11 |  Склад Л 8 6 |
| Д 12 | ADT 976 Установку отмывки OSTEC  |
| 13 |  |
| В 14 | 010 Контроль качества отмывки |
| 15 |  |
| Г 16 | 605124 ОК |
| 17 |  |
| Т 18 | БАВнп-01 1, 2(01) БОКС укрытие "Ламинар-С" |
| Т 19 | ТУ 64 – 1 – 37 – 78 Пинцет ПС 160 30 |
| Т 20 | ВТМ 4. 189. 017 Тара для хранения пластин |
| Д 21 | ТУ 3-3.1210-75М Микроскоп инспекционный Nikon Eclipse L200A |
| 22 |  |
| В 23 | 015 Нанесение фоторезиста |
| 24 |  |
| Г 25 | 605124 ОКУ |
| 26 | Уважаемый преподаватель курсовая скачена из интернета и студентом даже не прочитана |
| Т 27 | БАВнп-01 1, 2(01) БОКС укрытие "Ламинар-С" |
| Т 28 | ТУ 64 – 1 – 37 – 78 Пинцет ПС 160 30 |
| Т 30 | ВТМ 4. 189. 017 Тара для хранения пластин |
|  |  |  |  |  |  | Разраб. |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | Н. контр. |  |  |  |
| МК | Маршрутная карта |
|  |  | 2 |
| МГОУ | 605124 |  | 605124 МК |
| В | Цех | УЧ. | РМ | Опер. | Код, наименование операции |  |
| Г | Обозначение документа |
| Д | Код, наименование оборудования |
| Е | см | проф | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | К шт | Тпз | Т шт |
| Л/М | Наименование детали, сб. единицы или материала |
| Н/М | Обозначение, код | ОПП | ЕВ | ЕН | КИ | Н. расх. |  |
| М 1 | ТУ 2378-005-29135749 Фоторезист ФП 383 |
| Н 2 |  Склад Л 1 5·10-3 |
| Д 3 | EVG 101 Установка нанесения, проявления и снятия фоторезиста OSTEC |
| 4 |  |
| В 5 | 020 1я сушка |
| 6 |  |
| Г 7 | 605124 ОКУ |
| 8 |  |
| Т 9 | БАВнп-01 1, 2(01) БОКС укрытие "Ламинар-С" |
| Т 10 | ТУ 64 – 1 – 37 – 78 Пинцет ПС 160 30 |
| Т 11 | ВТМ 4. 189. 017 Тара для хранения пластин |
| Д 12 | HP 150 Установка сушильная Sawatec |
| 13 |  |
| В 14 | 025 Совмещение и экспонирование |
| 15 |  |
| Г 16 | 605124 ОКУ |
| 17 |  |
| Т 18 | БАВнп-01 1, 2(01) БОКС укрытие "Ламинар-С" |
| Т 19 | ТУ 64 – 1 – 37 – 78 Пинцет ПС 160 30 |
| Т 20 | ВТМ 4. 189. 017 Тара для хранения пластин |
| Д 21 | EVG 620 Установка совмещения и экспонирования OSTEC |
| 22 |  |
| В 23 | 030 Проявление фоторезиста |
| 24 |  |
| Г 25 | 605124 ОКУ |
| 26 |  |
| Т 27 | БАВнп-01 1, 2(01) БОКС укрытие "Ламинар-С" |
| Т 28 | ТУ 64 – 1 – 37 – 78 Пинцет ПС 160 30 |
| Т 30 | ВТМ 4. 189. 017 Тара для хранения пластин |
|  |  |  |  |  |  | Разраб. |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | Н. контр. |  |  |  |
| МК | Маршрутная карта |
|  |  | 3 |
| МГОУ | 605124 |  | 605124 МК |
| В | Цех | УЧ. | РМ | Опер. | Код, наименование операции |  |
| Г | Обозначение документа |
| Д | Код, наименование оборудования |
| Е | см | проф | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | К шт | Тпз | Т шт |
| Л/М | Наименование детали, сб. единицы или материала |
| Н/М | Обозначение, код | ОПП | ЕВ | ЕН | КИ | Н. расх. |  |
| М 1 | ТУ 2378-007-29135749 Проявитель УПФ-1Б |
| Н 2 |  Склад Л 1 0.4 |
| Д 3 | EVG 101 Установка нанесения, проявления и снятия фоторезиста OSTEC |
| 4 |  |
| В 5 | 035 2я сушка |
| 6 |  |
| Г 7 | 605124 ОКУ |
| 8 |  |
| Т 9 | БАВнп-01 1, 2(01) БОКС укрытие "Ламинар-С" |
| Т 10 | ТУ 64 – 1 – 37 – 78 Пинцет ПС 160 30 |
| Т 11 | ВТМ 4. 189. 017 Тара для хранения пластин |
| Д 12 | HP 150 Установка сушильная Sawatec |
| 13 |  |
| В 14 | 040 Контроль рельефа рисунка фоторезиста |
| 15 |  |
| Г 16 | 605124 ОК |
| 17 |  |
| Т 18 | БАВнп-01 1, 2(01) БОКС укрытие "Ламинар-С" |
| Т 19 | ТУ 64 – 1 – 37 – 78 Пинцет ПС 160 30 |
| Т 20 | ВТМ 4. 189. 017 Тара для хранения пластин |
| Д 21 | ТУ 3-3.1210-75М Микроскоп инспекционный Nikon Eclipse L200A |
| 22 |  |
| В 23 | 045 Травление подложки |
| 24 |  |
| Г 25 | 605124 ОКУ |
| 26 |  |
| Т 27 | БАВнп-01 1, 2(01) БОКС укрытие "Ламинар-С" |
| Т 28 | ТУ 64 – 1 – 37 – 78 Пинцет ПС 160 30 |
| Т 30 | ВТМ 4. 189. 017 Тара для хранения пластин |
|  |  |  |  |  |  | Разраб. |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | Н. контр. |  |  |  |
| МК | Маршрутная карта |
|  |  | 4 |
| МГОУ | 605124 |  | 605124 МК |
| В | Цех | УЧ. | РМ | Опер. | Код, наименование операции |  |
| Г | Обозначение документа |
| Д | Код, наименование оборудования |
| Е | см | проф | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | К шт | Тпз | Т шт |
| Л/М | Наименование детали, сб. единицы или материала |
| Н/М | Обозначение, код | ОПП | ЕВ | ЕН | КИ | Н. расх. |  |
| М 1 |  Травитесь |
| Н 2 |  Склад Л 1 0.6 |
| Д 3 |  Установка травления |
| 4 |  |
| В 5 | 050 Снятие пленки фоторезиста |
| 6 |  |
| Г 7 | 605124 ОКУ |
| 8 |  |
| Т 9 | БАВнп-01 1, 2(01) БОКС укрытие "Ламинар-С" |
| Т 10 | ТУ 64 – 1 – 37 – 78 Пинцет ПС 160 30 |
| Т 11 | ВТМ 4. 189. 017 Тара для хранения пластин |
| М 12 | ТУ 2378-008-29135749 Сниматель СПР-01Ф |
| Н 13 |  Склад Л 1 0.8 |
| Д 14 | EVG 101 Установка нанесения, проявления и снятия фоторезиста OSTEC |
| 15 |  |
| В 16 | 055 Контроль рельефа рисунка подложки |
| 17 |  |
| Г 18 | 605124 ОК |
| 19 |  |
| Т 20 | БАВнп-01 1, 2(01) БОКС укрытие "Ламинар-С" |
| Т 21 | ТУ 64 – 1 – 37 – 78 Пинцет ПС 160 30 |
| Т 22 | ВТМ 4. 189. 017 Тара для хранения пластин |
| Д 23 | ТУ 3-3.1210-75М Микроскоп инспекционный Nikon Eclipse L200A |
| 24 |  |
| 25 |  |
| 26 |  |
| 27 |  |
| 28 |  |
| 30 |  |
|  |  |  |  |  |  | Разраб. |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | Н. контр. |  |  |  |
| МК | Маршрутная карта |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | 4 | 1 |
| Разраб. |  |  |  | МГОУ | 605124 |  | 605124 ОК |
| Пров.. |  |  |  |
|  |  |  |  |
| Утв. |  |  |  | Кристал |  |  |  |  |
| Н. контр. |  |  |  |
| Наименование операции | Наименование, марка материала | МД |
| Контроль рельефа рисунка фоторезиста |  |  |
| Наименование оборудования | То | Тв |  | Обозначение иот |
| Микроскоп инспекционный Nikon Eclipse L200A |  |  |  |  |
| Р | Контролируемые параметры | Код средств ТО | Наименование средств ТО | Объем и ПК | То / Тв |
| 01 | Внешний вид изделия | Микроскоп Nikon Eclipse L200A | 1. В процессе работы должна быть |  |
| 02 | (чистота пленки фоторезиста,  | ТУ 3-3.1210– 75 | отбракованна пластина в случае: |  |
| 03 | наличие проколов, геометрические | Пинцет ПС 160 30 | - неполное удаление фоторезиста |  |
| 04 | размеры элементов рельефа) | ТУ 64 – 1 – 37 – 78 | - наличие прополов и царапин на  |  |
| 05 |  |  | рабочей поверхности фоторезиста |  |
| 06 |  |  | - изменение геометрических размеров |  |
| 07 |  |  | рельефа (сужения, уширения, разрывы) |  |
| 08 |  |  | 2. При обнаружении брака разрешается: |  |
| 09 |  |  | - снять пластину с производства |  |
| 10 |  |  | направить на повторную обработку |  |
| 11 |  |  | направить в изолятор брака |  |
| 12 |  |  |  |  |
| 13 |  |  |  |  |
| 14 |  |  |  |  |
| ОК | Карта операционного контроля |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | 5 | 1 |
| МГОУ | 605124 |  | 605124 ОКУ |
|  |  |  |  |  |
| В | Цех | УЧ. | РМ | Опер. | Код, наименование операции |  |
| Г | Обозначение документа |
| Д | Код, наименование оборудования |
| Т | Код, наименование технологической оснастки |
| Л/М | Наименование детали, сб. единицы или материала |
| О | Содержание операции(перехода) | ТО |
| В 1 | Совмещение и экспонирование |
| 2 |  |
| Г 3 | 605124 ОКУ |
| 4 |  |
| Д 5 |  EVG620 Установку совмещения и экспонирования OSTEC |
| 6 |  |
| Т 7 |  ТУ 64-1-37-78 Пинцет ПС 160 3.0 |
| 8 |  |
| Т 9 |  ВТМ 4.189. 017 Тара для хранения пластин |
| 10 |  |
| М 11 |  ТУ 25-05-1771-75 Вакуум |
| 12 |  |
| М 13 |  ГОСТ 2874 – 82 Вода питьевая |
| 14 |  |
| М 15 |  ГОСТ 18300 – 87 Спирт этиловый ректификованный технический |
| 16 |  |
| М 17 |  ГОСТ 11680 – 76 Ткань хлопчатобумажная бязевой группы |
| 18 |  |
| Л 19 |  605124 Пластины с операции |
| 20 |  |
| 21 |  |
| 22 |  |
| 23 |  |
| 24 |  |
| 25 |  |
| 26 |  |
| 27 |  |
| 28 |  |
|  |  |
|  |  |  |  |  |  | Разраб. |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | Н. контр. |  |  |  |
| ОКУ | Операционная карта универсальная |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | 2 |
| МГОУ | 605124 |  | 605124 ОКУ |
| Т | Код, наименование технологической оснастки |  |
| Л/М | Наименование детали, сб. единицы или материала |
| О | Содержание операции (перехода) | То |
|  | Настоящая технологическая операция предназначена для оптической контактной литографии.К работе на данной технологической операции допускаются лица, прошедшие аттестацию.Перед началом работы наладчику проверить срок аттестации оборудования, сделать отметку в журнале, при нарушении требований аттестации доложить руководителю подразделения.Технологические одежда и принадлежности (халат, тапочки и шапочка). Работающих на данной операции должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.103-83.рабочее место содержать в соответствии с инструкцией.Замерять запыленность ежедневно с записью в журнале. Запыленность не должна превышать 3, 5 пылинки размером более 0, 5 мкм на 1 литр воздуха. Если степень запыленности превышает норму, к работе не приступать, сообщить руководителю.На данную технологическую операцию требования электронной гигиены составляют: класс чистоты на рабочем месте – 100, класс чистоты в общем объеме помещения – 1000, температура - 22 + 0, 5 0C, влажность – 40 + 5%.Протирать рабочее место салфетками, смоченными водой, не реже 3 раза в смену: перед началом работы, после обеденного перерыва и в конце смены.Протирать наконечники пинцетов салфетками, смоченными спиртом в начале работы и через 2-3 часа работы.Получить у руководителя по спирт и салфетки. Спирт хранить в бюксе, салфетки в стакане.Получить подложку в таре с предыдущей операции – 1я сушка фоторезиста.Время межоперационного хранения подложек не должно превышать 2х часов.При неисправностях оборудования остановить работу и сообщить руководителю подразделенияВключить установку совмещения и экспонирования OSTEC EVG620.Включить подачу вакуума.Проверить работу воздушной завесыЗагрузить подложку пинцетом в блок предварительного позиционирования установки.Активировать функцию – подготовка к работе, загрузкаВизуально проконтролировать: предварительное позиционирование, транспортировку на манипулятор- соответствует ли положение подложки на столике, нарисованному рядом эскизу- устанавливает ли погрущик подложку в центр поворотного диска манипулятораПосле установи закрыть крышку манипулятора.Активировать функцию - автоматическая калибровкаПри появление надписи колеровка выполнена приступать к совмещениюС помощью джойстика и монитора встроенного электронного микроскопа произвести совмещение:- сначала грубое совмещение строк и столбцов, - а затем точное совмещение по реперным знакамВ меню экспонирование выбрать соответствующую программу - номер программы взять у руководителя подразделенияАктивировать функцию – экспонирование- Проконтролировать время по встроенному электронному секундомеру- Проконтролировать освещенность по встроенному люксметру- При снижение освещенности и появление соответствующей надписи на табло установки, остановить работу и сообщить руководителю подразделения о необходимости замены лампы осветителя. При соблюдение параметров программы сделать отметку в журналеАктивировать функцию – разгрузка завершение работыЗабрать подложку пинцетом со столика, поместить в тару |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ОКУ | Операционная карта универсальная |
|  |  | 3 |
| МГОУ | 605124 |  | 605124 ОКУ |
| Т | Код, наименование технологической оснастки |  |
| Л/М | Наименование детали, сб. единицы или материала |
| О | Содержание операции (перехода) | То |
|  | Заполнить сопроводительный лист и рабочий журнал.Отправить подложку на следующую операцию проявление фоторезистаПо окончании работы:- выключить установку;- перекрыть подачу вакуума;При работе на установке соблюдать требования по электробезопасности, установленные инструкцией по ТБ.Не приступать к работе на установке без получения общего инструктажа по технике безопасности, который проводится руководителем подразделения не реже одного раза в квартал с отметкой в журнале.Прекратить немедленно работу и сообщить руководителю подразделения, если при соприкосновении с установкой ощущается воздействие электрического тока.Ремонт и наладку установки производить только наладчику.Оператору запрещается вскрывать электрические блоки установки.Уважаемый преподаватель курсовая скачена из интернета и студентом даже не прочитана |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ОКУ | Операционная карта универсальная |

Заключение

Сутью литографического процесса является создание на поверхности подложки защитной фотомаски, своего рода трафарета для последующих процессов. Литография контактным способом, один из путей создания такого трафарета, имеющий свои плюсы и минусы. Не один из способов литографии не является универсальным, но вместе они покрывают весь спектр задач данной технологии.

В табл. 5 приведены результаты сравнения 3х типов литографических процессов. Реальная ширина экспонируемой линии, примерно в 4 раза превышает точность совмещения.

Таблица 2. Сравнение экспонирующего оборудования,

и соответствующих ему шаблонов и резистов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Контакт | Электронный луч | Рентгеновское излучение |
| Минимальный размер  | 1 | 5 | 4 |
| Производительность | 4 | 1 | 1 |
| Стоимость и простота шаблона  | 2 | 3 | 1 |
| Чувствительность к рельефу | 2 | 4 | 4 |
| Простота резиста и его стоимость | 4 | 1 | 1 |
| Стоимость оборудования | 5 | 1 | 2 |
| Простота управления | 5 | 4 | 3 |
| Восприимчивость к дефектам | 1 | 4 | 4 |
| Перспективы развития для субмикронной литографии | 1 | 5 | 3 |
| Общий балл | 26 | 32 | 26 |
| Место | 4 | 1 | 4 |

Ключом к высокопроизводительной и качественной литографии являются высококачественные стойкие шаблоны, которые способны выдерживать термические и механические напряжения. Возможность изготовления маски с резкостью края лучше чем 1/10 воспроизводимого размера, обеспечения достаточной плоскости шаблона и сохранения ее, а также рисунка неизменным во время экспонирования.

Список литературы

А. И. Курносов, В. В. Юдин – Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем 1986 г.

Ю. В. Панфилов Оборудование производства интегральных микросхем и промышленные роботы.

ЗАО "Фраст-М" каталог фоторезистов.

ЗАО "Фраст-М" фоторезист позитивный ФП-383 ТУ 2378-005-29135749-2007 характеристики и применение.

Ostec micro каталог продукции – установки для литографических процессов.

Установка отмывки полупроводниковых пластин Ostec ADT 976 руководство по эксплуатации.

Установка нанесения, проявления и снятия фоторезиста Ostec EVG®101 руководство по эксплуатации.

Установка прецизионного двухстороннего совмещения и экспонирования Ostec EVG620 руководство по эксплуатации.

Nikon каталог продукции – Микроскопы для исследования полупроводниковых пластин.

Прямой моторизированный инспекционный микроскоп Nikon Eclipse L200А руководство по эксплуатации.

Sawatec каталог продукции – температурные установки.

Установка сушильная Sawatec HP 150 руководство по эксплуатации.