**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

**ФОТОЛІТОГРАФІЯ**

**Содержание**

1. Задание на проект.
2. Реферат.
3. Список условных обозначений и сокращений.
4. Вступление.
5. I информация о заводе.
6. «Преобразователь.
7. Вывод.

**Условные обозначения**

ФШ – фотошаблон.

ФЛ – фотолитография.

ФР – фоторезистор.

**Задание на проект**

Цель работы: изучить суть процесса литографии.

Объект изучения: пластины кремния.

Вывод: в процессе изучения метода фотолитографии, мной была изучена суть метода его назначение и технологический процесс.

**Техника безопасности**

Производство полупроводникового кремния связано с использованием и получением огневзрывопожароопасных и токсичных веществ, электроэнергии и др. поэтому необходимо знать некоторые характеристики исходных, промежуточных и конечных продуктов, а также общие правила безопасности при работе с электроустановками и оборудованием.

Действие кремниевой пыли на организм человека подробно не исследовано. Предельно допустимая концентрация (ПДК), принятая для аэрозоля кремния, 4 г/м3 [288]. Класс опасности кремния по ГОСТ 12. 1. 007 – 76 не определен, вместе с тем, аэрозоль кремнемедного сплава отнесен к четвертому классу опасности [289]. Кристаллический кремний – не горючий материал. Мелкодисперсная пыль кремния в смеси с воздухом образует взрывопожарные смеси.

Для защиты органов дыхания используют респираторы, для защиты кожи – плотную спецодежду, рукавицы, обувь. Для снижения концентрации пыли в воздухе помещения, необходимо проводить тщательную влажную уборку кремниевой пыли не реже 2 раз в год и влажную уборку рабочих мест – ежемесячно. Необходимо также следить за постоянной работой вытяжной вентиляции и фильтров. Кусковой кремний хранится в деревянных ящиках или металлических контейнерах с герметичными крышками для предотвращения попадания влаги.

При вдыхании паров трихлорсилана в течение нескольких минут человек возбуждается, происходит рефлекторное нарушение дыхания, воспалительные изменения в органах дыхания. Пары трихлорсилана сильно раздражают слизистые оболочки глаз, рта, носа и верхних дыхательных путей, вызывают отдышку, а при высоких концентрациях и длительном воздействии – судороги и смерть. При контакте с кожей трихлорсилан вызывает некроз, длительно не заживающие язвы. [288]. ПДК паров трихлорсилана в воздухе рабочей зоны 1 мг/м3, класс опасности 2 [291]. При отравлении трихлорсиланом пострадавшему необходимо обеспечить доступ свежего воздуха, освободить от стесняющей одежды, укрыть, согреть грелками. Возможно применение ингаляций кислородом.

При попадании трихлорсилана в глаза или на кожу необходимо пораженное место промыть обильной струей воды.

Трихлорсилан – очень опасная, легко воспламеняющаяся жидкость, пары которой в смеси с воздухом образуют взрывоопасные смеси [292]. Температура вспышки 239,55 К, самовоспламенения – 503,15 К.

При попадании даже небольших количеств дихлорсилана в атмосферу помещения сильно раздражается слизистая оболочка глаз и верхних дыхательных путей. Непосредственный контакт дихлорсилана с кожей и слизистой оболочкой глаз приводит к некротическим изменениям тканей. Очень токсичен.

При отравлениях дихлорсиланом пострадавшего необходимо вынести на свежий воздух, освободить от стесняющей одежды, укрыть, согреть грелками, дать кислород, вызвать врача. При попадании дихлорсилана в глаза необходимо быстро промыть обильной струей воды в течение ≥ 15 мин. При промывании глаз веки необходимо оттягивать, чтобы обеспечить доступ воды на большую поверхность слизистой оболочки глаза. После получения первой помощи обратиться к врачу.

Дихлорсинал – пожаровзрывоопасный газ, образующий с воздухом взрывоопасные смеси. Температура вспышки 236,15 К, температура самовоспламенения 374,15 К.

Моносилан – бесцветный, некоррозионный, токсичный, самовоспламеняющийся газ с неприятным запахом. Наличие силана в атмосфере помещения вызывает головную боль. Острые отравления силаном сопровождаются головной болью, головокружением, тошнотой, обильным потоотделением, бледностью, полуобморочным состоянием. В картине крови наблюдается гемолитическое действие силана и через месяц после отравления.

В помещениях необходимо следить за герметичностью оборудования и трубопроводов, исправной работой приточной и вытяжной вентиляций, осуществлять контроль над содержанием силана в атмосфере помещения.

По действию на организм человека водород является физиологически инертным газом, лишь при высоких концентрациях вызывает удушье вследствие уменьшения концентрации кислорода в воздухе.

Водород – горючий газ. Температура самовоспламенения 783К.

Для предотвращения попадания водорода в воздух рабочей зоны необходимо тщательно следить за герметичностью оборудования и трубопроводов, осуществлять отсос воздуха из верхней зоны помещений. В помещениях, где используется водород, устанавливают автоматические газоанализаторы, сблокированные с аварийной вытяжной вентиляцией.

Отравление хлором в высоких концентрациях может привести к молниеносной смерти из – за рефлекторного торможения дыхательного центра. При отравлениях хлором средних и низких концентраций наступают резкие загрудные боли, жжение и резь в глазах, слезотечение, мучительный сухой кашель. Через 2 – 3 часа развивается отек легких.

При отравлениях хлором пострадавшего необходимо вынести на свежий воздух, согреть, вызвать врача, освободить от стесняющей одежды, промыть глаза, рот и нос водой. Дать выпить теплое молоко с содой, кофе. Искусственное дыхание делать запрещено.

Для защиты работающих от воздействия хлора используют фильтрующий противогаз марки БКФ, резиновые и суконные перчатки, спецобувь, суконную спецодежду. В помещениях необходимо постоянно осуществлять контроль над содержанием хлора, обеспечивать герметичность оборудования и трубопроводов, надежную работу вентиляционных систем.

Хлорный водород или пары соляной кислоты при высоких концентрациях вызывают раздражение слизистых оболочек, особенно носа, конъюнктивит, помутнение роговицы, охриплость, чувство удушья, покалывание в груди, насморк, кашель. Хроническое отравление вызывает катары дыхательных путей, разрушение зубов, изъязвление слизистых оболочек носа, желудочно-кишечные расстройства, возможны воспалительные заболевания кожи.

При отравлении хлористым водородом пострадавшего необходимо вынести на свежий воздух и освободить от стесняющей одежды, применить ингаляцию кислородом, вызвать врача. При попадании в глаза промыть их обильно водой. При попадании крепкой соляной кислоты на кожу необходимо немедленно промыть пораженное место водой в течение 5 – 10 мин, воду лучше подавать непрерывной струей под давлением.

Хлористый водород – негорючий газ, однако соляная кислота (раствор хлористого водорода в воде) при взаимодействии с металлом (железо) выделяет водород.

Для защиты работающих используют фильтрующий противогаз марки БКФ, спецодежду из плотной кислотостойкой ткани, суконный костюм, резиновые или кирзовые сапоги, резиновые или суконные перчатки, шерстяной головной убор.

Действие тетрахлорсилана на организм человека аналогично действию трихлорсилана. Тетрахлорсилан негорючий. Помощь при отравлении, меры и средства защиты, обезвреживание аналогичны мерам безопасности при работе с трихлорсиланом.

Действие азота и аргона на организм человека проявляется при резком снижении концентрации кислорода во вдыхаемом воздухе. При содержании кислорода < 15% (объемн.) может наступить удушье.

При работе внутри аппаратов, в подвалах, закрытых помещениях, в которых концентрация кислорода может быть понижена за счет выделения азота или аргона ниже обычной нормы 18% (объемн.), необходимо пользоваться изолирующими шланговыми противогазами.

Азот – негорючий газ, используется для объемного тушения пожаров, для продувки аппаратов и технологических линий.

Аргон – негорючий газ, используется преимущественно в в качестве защитной (инертной) среды в металлургии кремния. При больших концентрациях в воздухе вызывает удушье.

Хладон 30 (фреон 30, дихлорметан, метиленхлорид) является наркотиком, вызыванющим поражение внутренних органов. Технический продукт токсичнее чистого.

При остром отравлении дихлорметаном наблюдаются головокружение, временное затемнение сознания, повторяющаяся рвота, раздражение верхних дыхательных путей, конъюнктивит.

Для индивидуальной защиты работающих применяют фильтрующий противогаз марки А или БКФ, при высоких концентрациях – шланговые изолирующие противогазы. Добавка сильно пахнущего вещества помогает сразу заметить утечку дихлорметана. Необходимо тщательно следить за герметичностью оборудования и трубопроводов.

Дихлорметан – трудногорючее вещество, горит только при действии источника зажигания или нагрева выше температуры самовоспламенения (853 К).

Для обеспечения безопасных условий работы при производстве трихлорсилана предусмотрена автоматическая схема контроля, управления и блокировки: регулирование температуры в реакторе синтеза трихлорсилана в пределах 563 – 623 К с подачей воды в рубашку охлаждения; регулирование температуры азота в подогревателях в пределах 648 – 698 К; блокировка работы нагревателей азота и реактора синтеза по давлению защитного азота в кремневых коробках и оболочках электронагревателей.

Технологическое оборудование, используемое в технологии полупроводникового кремния, во многих случаях имеет электрические приводы и нагревательные устройства. Обслуживание электрооборудования связано с опасностью поражения электрическим током. Электрический ток, протекающий через организм человека, воздействует на него термически, электролитически и биологически.

Термическое действие характеризуется нагревом тканей вплоть до ожогов, электрическое – разложение органических жидкостей, в том числе разложение крови, биологическое действие электрического тока проявляется в нарушении биоэлектрических процессов и сопровождается раздражением, возбуждением и параличом нервных тканей и сокращением мышц.

Степень воздействия электрического тока на организм человека зависит от состояния нервной системы и всего организма. Так, в состоянии возбуждения нервной системы, депрессии, болезни (особенно болезни кожи, сердечно – сосудистой системы, нервной системы и т. д.) и опьянения люди более чувствительны к воздействию протекающего через организм человека тока.

При обслуживании высококачественных установок (например, установок бестигельной заной плавки) появляется опасность воздействия на человека высокочастотного электрического поля.

Санитарными нормами предусмотрены предельно допустимы значения напряженности электрического поля на рабочих местах [297] в диапазоне частот 60 кГц – 3 МГц 50 В/м и 3 – 30 МГц 20 В/м.

Для защиты от прикосновения к находящимся под напряжением частям установок применяют изолирующие устройства и приспособления, дистанционное управление, блокировки и предохранительную сигнализацию.

В случае поражения электрическим током необходимо срочно оказать первую помощь пострадавшему. Основными условиями успеха при этом являются спокойствие, находчивость, быстрота действий, знание и умение оказывающего помощь.

Если пострадавший не может самостоятельно освободиться от токоведущих частей, то необходимо немедленно отключить электроустановку или, если это сделать не удается, отделить пострадавшего от действия тока, для чего следует надеть диэлектрические перчатки и боты, действовать изолирующими клещами. После этого необходимо расстегнуть его одежду, стесняющую дыхание, создать приток воздуха и обеспечить полный покой.

**Фотолитография**

Литография – это процесс формирования в актиночувствительном слое, нанесенном на поверхность подложек, рельефного рисунка, повторяющего топологию полупроводниковых приборов или ИМС, и последующего переноса этого рисунка на подложки.

Процесс литографии состоит из двух стадий:

- формирование необходимого рисунка элементов в слое актиночевствительного вещества (резиста) его экспонированием и проявлением;

- травления нижележащего технологического слоя (диэлектрика, металла) через сформированную технологическую маску или непосредственного использования слоя резиста в качестве топологической маски при ионном легировании.

В качестве диэлектрических слоев обычно служат пленки диоксида SiO2 и нитрата Si3N4 кремния, а межсоединений – пленки некоторых металлов. Все пленки называют технологическим слоем.

В зависимости от длины волны используемого излучения применяют следующие методы литографии:

- фотолитографию (длина волны актиничного ультрафиолетового излучения λ = 250 : 440 нм);

- рентгенолитографию (длина волны рентгеновского излучения λ = 0.5 : 2 нм);

- электронолитографию (поток электронов, имеющих энергию 10 – 100 КэВ или длину волны λ = 0.05 нм);

- ионолитографию длина волны излучения ионов λ = 0.05 : 0.1 нм).

В зависимости от способа переноса изображения методы литографии могут быть контрактными и проекционными, а также непосредственной генерации всего изображения или мультипликации единичного изображения. В свою очередь, проекционные методы могут быть без изменения масштаба переносимого изображения (М1 : 1) и с уменьшением его масштаба (М10 : 1; М5 : 1).

В зависимости от типа используемого резиста (негативный или позитивный) методы литографии по характеру переноса изображения делятся на негативные и позитивные.

Фотолитография – технологический процесс производства полупроводниковых приборов и интегральных схем, позволяющих создавать приборы с высокими электрическими характеристиками, получать микроизображения любой сложной формы и легко изменять конфигурацию прибора, а также вытравливать меза- и другие структуры в объеме германия, кремния и др. процесс фотолитографии заключается в том, что на поверхности пластины полупроводникового материала выращивают слой окисла (на рис. а), на который наносят тонкий слой особого светочувствительного состава – фоторезистора (рис. б), затем светочувствительный слой экспонируют через специальный трафарет (фотошаблон) с множеством изображений рабочих областей будущего прибора (рис. в и г). Под действием света фоторезист изменяет свои свойства, и в результате проявления (рис. д) на поверхности пластины получают защитный рельефный слой, повторяющий рисунок фотошаблона. При дальнейшем травлении химическому воздействию подвергаются только незащищенные участки полупроводниковой пластины (рис. е); оставшийся фоторезист удаляют (рис. ж и з).

При фотолитографии применяют различные материалы: фотографические (для получения на поверхности полупроводниковых пластин светочувствительных слоев – фотоэмульсии); химические (растворители, проявители, закрепители) и электроизоляционные (оптическое стекло, краски, эмали, лаки).

Основное значение фоторезистов – образование на поверхности полупроводниковой пластины тонкой защитной пленки нужной конфигурации, получающейся в результате светового воздействия. После проявления часть пленки (нужный рисунок) фоторезиста остается на поверхности полупроводниковой пластины и является маской для дальнейших технологических операций (травлений, вакуумного и гальванического осаждения металлов и др.). в основе создания рельефа на поверхности полупроводниковой пластины с помощью фоторезистов лежат фотохимические реакции фотоприсоединения и фоторазложения.

Параметры и свойства фоторезистов. Светочувствительность – величина, обратная экспозиции, требуемой для перевода ФР в растворимое или нерастворимое (в зависимости от того, позитивный или негативный резист) состояние.

Разрешающая способность – максимально возможное количество полос ФР, разделенных промежутками такой же ширины, на 1 мм.

Кислотостойкость – это способность слоя фоторезиста защищать поверхность подложки от воздействия кислотного травителя. Критерием кислотостойкости является время, в течение которого фоторезист выдерживает действие травителя до момента появления таких дефектов, как частичное разрушение, отслаивание от подложки, локальное точечное расстравливание слоя или подтравливание его на границе с подложкой.

Адгезия – это способность слоя фоторезиста препятствовать проникновению травителя к подложке по периметру создаваемого рельефа элементов. Критерием адгезии является время отрыва слоя фоторезиста заданных размеров от подложки в ламинарном потоке проявителя. В большинстве случаев адгезию считают удовлетворительной, если слой фоторезиста 20 \* 20 мкм2 отрывается за 20 мин.

По способу образования рисунка на поверхности полупроводниковой пластины фоторезисты делятся на негативные и позитивные. Негативные фоторезисты под действием света образуют нерастворимые участки, после проявления остаются на ее поверхности, а рисунок на поверхности пластины представляет негативное изображение оригинала. Позитивные фоторезисты, наоборот, под действием света образуют растворимые участки, а рисунок на поверхности пластины точно повторяет оригинал.

Для полного удовлетворения нужд планарной и эпитаксиальной технологии в полупроводниковом производстве используют как негативные, так и позитивные фоторезисты. Только сочетание этих фоторезистов позволяет изготавливать полупроводниковые приборы и интегральные схемы с высокими электрофизическими параметрами.

В качестве негативного фоторезиста в полупроводниковой технологии используют состав на основе сложного эфира поливинилового спирта и коричной кислоты – поливинилциннамат (ПВЦ). Синтез ПВЦ обычно осуществляют, перемешивая суспензию поливинилового спирта и хлорангидрида коричной кислоты в пиридине. Готовый полимер тщательно отмывают от следов пиридина.

Другой способ получения ПВЦ исключает использование пиридина. Одномолярный раствор поливинилового спирта и четырехмолярный раствор едкого натра смешивают с метилэтилкетоном, а затем полученный раствор смешивают со вторым раствором, состоящим из метиэтилкетона, толуола и хлорангидрида коричной кислоты, взятых в соотношении 1.6 : 0.24 : 1. смесь охлаждают до температуры – 50С, перемешивают в темноте в течение 1.5 ч, а затем отстаивают. В результате отстоя смесь расслаивается на два слоя, из которых нижний удаляют, а в верхний вводят сенсибилизирующие добавки.

В качестве позитивных фоторезистов в полупроводниковой технике используют составы на основе хинондиазидов и диазосоединений (НХДА), действие которых заключается в легко протекающей замене диазогруппы на другие функциональные группы, в результате чего изменяются физико-химические свойства пленки фоторезиста.

Широкое применение в полупроводниковой фотолитографии нашел состав фоторезиста на основе 1,2-нафтохинондиазида (2)-5-сульфоэфира новолака.

Экспонирование и проявление в процессе ФЛ неразрывно связаны между собой.

Для экспонирования в ФЛ используют проекционный метод переноса изображения путем одновременной передачи изображения ФШ на всю технологическую площадь.

Характеристики установок для совмещения в экспонировании.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Модель | Размер обрабатываемых пластин, мм | Размер фотошаблона, мм | Точность совмещения, мкм | Производительность, шт./ч | Примечание |
| УСПЭ-2 | 60\*48\*0,6 | 120\*90\*1,5 | 3 | 50 | Увеличение микроскопа -50Х, 80Х, 160Х. Время экспонирования 0,1 с …4 мин. |
| ЭМ-517А | 60\*48\*0,5 | 70\*70 (3…10) | ±5 | 100 | Время экспонирования 0,1…59,9 с |
| УПСЭ-1 ДЕМ. 207.002 | 60\*48\* (0,5…0,6) | 100\*90\*10 | 3 | 40 | Общее увеличение микроскопа МБС-2…87,5Х. Время экспонирования в автоматическом режиме (8…240) с, в ручном – 240 с. |
| ЭМ-512А | 40 – 60 (толщина 0,1…0,5) | 90\*90 (3…7) 70\*70 (3…10) | 1 | 60 | Время экспонирования 0,5…99,9 с. Минимальный размер элемента и зазора между элементами 5 мкм. Входит в линию ДЕМ.142000 |
| ЭМ-524 | 30-40 (толщина 0,15…0,5) | 100\*100\*10 | 1,5 | 30 | Минимальный размер элемента и зазора между элементами 5 мкм. Время экспонирования 1…200 с. Метод совмещения – проекционный. |
| ЭМ-526 | 40…60 | 70\*70\*(3…10)100\*100\* (3…10) | 0,6 | 60 | Минимальный размер элемента и зазора между элементами 2…3 мкм. Время экспонирования 0,5…59,9 с. |
| ЭМ-544 | 40…60 | 70\*70\*(3…10)100\*100\* (3…10) | 1 | 100 | Минимальный размер элемента 5 мкм. Установка с фотоэлектрическим контролем. |
| УСП-03 |  | До 50 | - | 0,5 | Общее увеличение 20…400Х. |

При проявлении контролируют температуру и величину рН проявителя. При изменении величины рН всего лишь на десятую долю, возможно, изменение размера элемента примерно на 10%.

Сушка проявленного слоя проводится при температуре 393…453 К. температура и характер ее изменения во время сушки также определяют точность передачи размеров изображений.

Для удаления ФР используют деструкцию полимера (например, сульфированием в серной кислоте); обработку в органических растворителях, плазмохимическую, термическую или фототермическую обработку, сводящуюся в основном к окислительной деструкции в кислороде или кислородосодержащих газах.