

## 1.5. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ

**Цель лекции:** изучение основных методов очистки и модификации поверхности.

### 1.5.1. ТИПОВЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЙ

Технологически **чистой** считается поверхность, на которой концентрация загрязнений не препятствует воспроизводимому получению заданных параметров приборов и микросхем и их стабильности.

В производстве изделий приборостроения особое место занимает культура производства и, в частности, получение чистых поверхностей. В зависимости от того, насколько чистой мы сможем сделать поверхность заготовки, будут коренным образом зависеть, например, такие последующие операции как нанесение покрытий, термообработка, фотолитография, легирование и т.п. Современные технологические процессы изготовления СБИС состоят из нескольких сотен операций, среди которых почти половина — очистка и травление, цель которых - получение чистых поверхностей.

Методика очистки зависит от характера загрязненной поверхности. Рассмотрим типичные загрязнения поверхности изделий рис. 1.51.



**Рис. 1.51.** Типовые загрязнения поверхности изделий

Все загрязнения, встречающиеся в производстве ПРИБОРОВ и ЭВА можно разделить на два больших класса: физические загрязнения и химические загрязнения. В свою очередь физические загрязнения делятся на органические полярные – жиры, белки, остатки ПАВ и органические неполярные – минеральные масла, вазелины, парафины и т.п. К физическим неорганическим загрязнениям можно отнести прежде всего микрочастицы металлов и их соединений. Химические загрязнения подразделяются на ионные – катионы или

анионы из неорганических химических растворов, например,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$  и атомные – наличие атомов загрязняющего вещества на поверхности заготовки.

Поскольку производство изделий электронной техники является одним из самых сложных производств как с точки зрения применяемых технологий, так и с точки зрения их количества, не будет преувеличением сказать, что в данном производстве используется большинство известных человечеству технологических процессов. И каждый применяемый техпроцесс имеет свои характерные виды загрязнений. Рассмотрим эти загрязнения.

В механическом производстве — абразивы, СОЖ, металлическая пыль, ржавчина, смазка, антикор.

Электротехническое производство — пропиточные лаки, флюсы, эмали, графитовые смазки.

В микроэлектронном производстве — абразивные и клеящие материалы, пыль в производственном помещении, технологические среды, органические и неорганические реагенты, вода, а также связанные с участием человека в производстве: одежда, эпителий, косметика, бактерии, вирусы, отпечатки пальцев оператора.

Электронная промышленность — следы кислот и щелочей, остатки флюсов, выплески припоев.

В оптической промышленности — клеевые смолы, канифоль, тальк, бакелитовый лак, воск.

При выборе тех или иных методов очистки следует выполнять главное условие — применяемые при очистке методы и составы должны быть инертны по отношению к обрабатываемым деталям и изделиям и не вызывать их разрушений.

Процесс очистки состоит из трех стадий рис.1.52. На первой стадии осуществляется подвод свежего реагента в зону обработки. На второй стадии происходит взаимодействие реагента с загрязнением. На третьей стадии происходит отвод продуктов реакции от обрабатываемой поверхности.

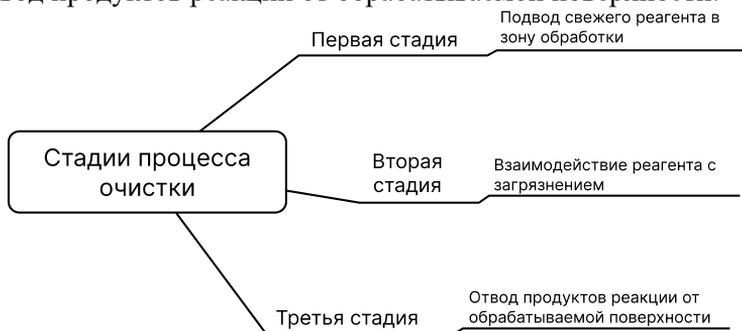


Рис. 1.52. Стадии процесса очистки

Классификация методов очистки и травления поверхности изделий представлена на рис. 1.53.

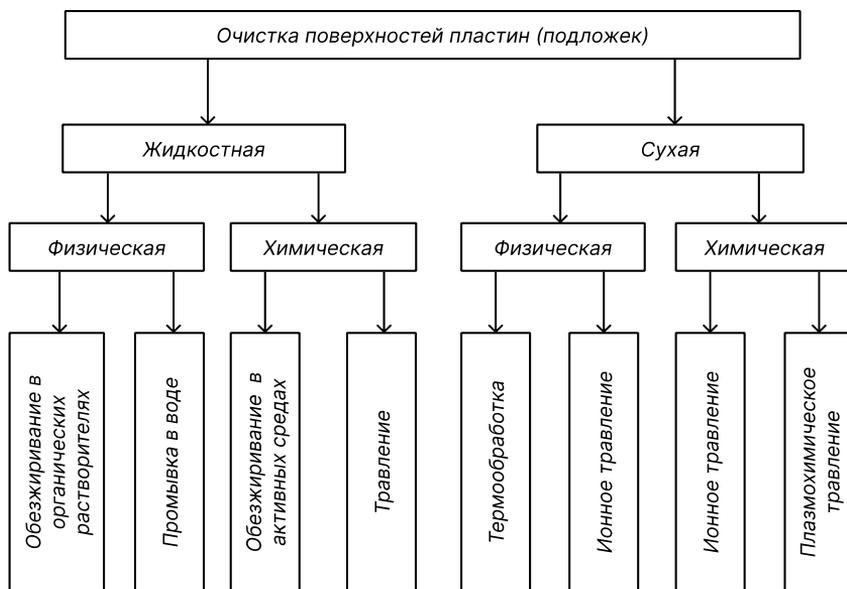


Рис. 1.53. Классификация методов очистки и травления поверхности изделий

Как видно из рис.1.53. методы подразделяются на два больших класса - жидкостные и сухие. Жидкостные методы подразделяются на физические, когда происходит очистка в органических растворителях или воде и химические, когда происходит очистка в химически активных перекисно-аммиачных растворах, а также в кислотных или щелочных травильных растворах. Сухие методы также подразделяются на два больших класса – физические, когда производят отжиг или ионное травление и химические, при которых осуществляют газовое или плазмо-химическое травление в специальных установках.

Жидкостная обработка - это обезжиривание и травление пластин, а также обязательная их промывка после каждой операции в воде.

Обезжиривание в органических растворителях основано на удалении с поверхностей молекул жиров. При этом молекулы не разрушаются, а распределяются по всему объему ванны, заполненной четыреххлористым углеродом, бензолом, толуолом, изопропиловым спиртом. Такая очистка высокоэффективна, но многостадийна, требует большого расхода растворителей, дорогостояща и в большинстве случаев токсична.

Для обезжиривания поверхностей используют специальные химические вещества, которые воздействуют на жиры. К ним относятся углеводороды

(бензол, толуол, ксилол), смеси углеводородов (бензин, лигроин, керосин, скипидар), спирты (метиловый, этиловый пропиловый, бутиловый), эфиры, амины (производные аммиака), кетоны (ацетон, метилэтил кетон, циклогексанон), хлорорганические соединения (четырёххлористый углерод).

Определяющими параметрами процесса являются температура и время. Растворимость жиров увеличивается с повышением температуры. Поэтому обезжиривание осуществляют в горячих или кипящих растворителях.

Ниже указаны краткие характеристики некоторых из этих жирорастворителей.

Бензин. Легко воспламеняемая жидкость, получаемая при перегонке нефти. Плотность  $0,73 \text{ г/см}^3$ .

Лигроин.  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  -  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  - бесцветная легко воспламеняющаяся жидкость (промежуточная фракция между бензином и керосином)

Бензол  $\text{C}_6\text{H}_6$  - бесцветная легко воспламеняющаяся жидкость. Плотность  $0,87 \text{ г/см}^3$ .

Толуол  $\text{C}_7\text{H}_8$  - бесцветная прозрачная, легко воспламеняющаяся жидкость. Плотность  $0,86 \text{ г/см}^3$ .

Этиловый спирт  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  - прозрачная жидкость, имеющая плотность  $0,78 \text{ г/см}^3$ .

Метиловый спирт  $\text{CH}_3\text{OH}$  - прозрачная жидкость, получаемая из древесины и имеющая плотность  $0,79 \text{ г/см}^3$ . Сильный яд!!!

Ацетон -  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  - прозрачная бесцветная легко воспламеняющаяся жидкость. Плотность  $0,79 \text{ г/см}^3$ .

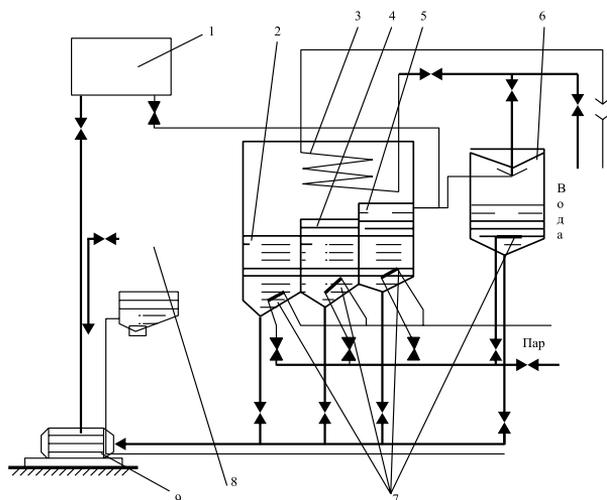
Четырёххлористый углерод  $\text{CCl}_4$  - бесцветная негорючая жидкость, имеющая плотность  $1,59 \text{ г/см}^3$ .

Несмотря на высокую эффективность очистки в органических растворителях, технология такого обезжиривания связана с определенными трудностями (многократная очистка, большой расход, высокая стоимость и токсичность большинства растворителей).

Исключительными особенностями обладает фреон, который не токсичен и обеспечивает высокую эффективность очистки.

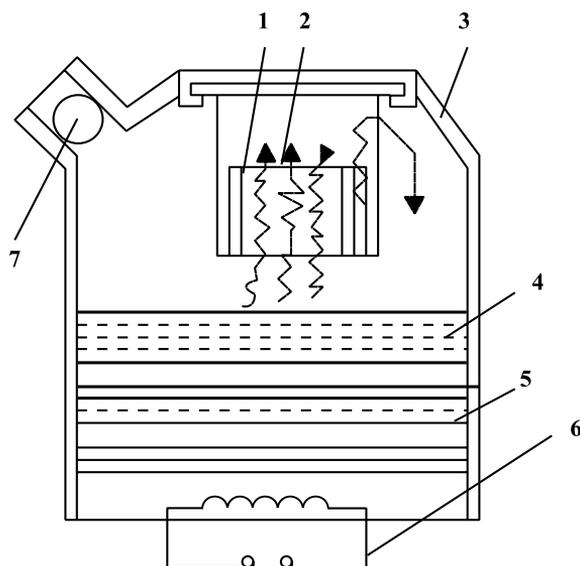
Физическое обезжиривание - это растворение органических загрязнений в горячих или кипящих органических растворителях. При этом молекулы жиров, отрываясь от поверхности пластин, равномерно распределяются в объеме растворителя. Одновременно происходит обратный процесс — адсорбция молекул жира очищенной поверхностью.

Для снижения интенсивности адсорбции используют каскадный метод отмывки рис.1.54. При этом кассета с пластинами поочередно переносится из нижней ванны 2 в верхнюю ванну 5. Таким образом, при очистке соблюдается принцип “бесконечного разбавления” и чистый растворитель не смешивается с загрязненным, который постепенно вытесняется в отстойник 8, а из него в перегонный куб 6.



**Рис. 1.54.** Схема установки для обезжиривания пластин с каскадными ваннами  
 1 — напорный бак; 2, 4, 5, — нижняя, средняя и верхняя ванны; 3 — охлаждающий змеевик; 6 — перегонный куб; 7 — подогреватели; 8 — отстойник; 9 — насос.

Принцип “бесконечного разбавления” соблюдается также и при очистке пластин в парах растворителя рис.1.55.



**Рис. 1.55.** Схема установки очистки в парах растворителя  
 1 — кассета с пластинами; 2 — пары растворителя; 3 — корпус;  
 4 — растворитель; 5 — слой загрязнений; 6 — нагреватель;  
 7 — предохранительный клапан

Пластины, находящиеся в кассете 1 помещают в рабочую камеру в корпусе 3, куда из перегонного куба поступают пары 2 кипящего растворителя, которые конденсируются на очищаемых поверхностях. Капли конденсата, стекая с поверхности пластин, уносят загрязнения. При этом пластины непрерывно омываются свежим чистым конденсатом, а загрязненный стекает вниз. Такую очистку производят в парах изопропилового спирта, фреона-113 или хлорированных углеводородов. Наиболее эффективна очистка в фреоне-113 — негорючей и нетоксичной жидкости, имеющей температуру кипения 47,6 °С и плотность 1,57 г/см<sup>3</sup>. Недостатки метода: значительные потери растворителя из-за испарения и необходимость высокой герметичности установок.

Промывка в воде предназначена для удаления остатков загрязнений, реагентов и продуктов реакций в специально очищенной (дистиллированной, бидистиллированной и деионизованной) воде. Природная вода перед технологическим применением в микроэлектронике подвергается многократной комплексной очистке, в том числе биологической (от бактерий и вирусов). Критический размер взвешенных частиц для интегральной микроэлектроники 1- 0.5 мкм. Число частиц большего размера должно быть сокращено до 1000 в 1 л. очищенной воды. Для производства ИС допустимые размеры частиц снижается до 0.1-0.2 мкм и их число – до 20 единиц в 1 л. воды.

Методы химического обезжиривания производят в составах, разрушающих молекулы жира и не действующих на обрабатываемый материал. Благодаря этому процесс десорбции (обратный адсорбции) молекул жира очищенной поверхностью исключается. Для химического обезжиривания используют горячий (75 — 80°С) перекисно-аммиачный раствор, состоящий из водного раствора, перекиси водорода H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (пергидроль) и гидроксида аммония NH<sub>4</sub>OH.

Атомарный кислород, выделяющийся при нагреве пергидроли, окисляет как органические, так и неорганические загрязнения, а щелочь ускоряет реакцию разложения H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, омыляет или эмульгирует жиры, а также связывает в хорошо растворимые комплексы ионы некоторых металлов.

Химическое обезжиривание основано на разрушении молекул жира растворителями, не воздействующими на материал пластины (подложки). Его отличительной особенностью является отсутствие вероятности повторного загрязнения пластин.

Для очистки, основанной на переводе омыляемых жиров в легко растворимые в воде мыла (соли), применяют обработку поверхности в мыльных растворах. Этим способом удаляют растительные и животные жиры - загрязнения от остатков сложных эфиров глицерина и высокомолекулярных органических кислот. Химическое обезжиривание характеризуется низкими токсичностью и стоимостью.

Обезжиривание в щелочных растворах — это процесс удаления омыляемых жиров растительного и животного происхождения и неомыляемых минеральных масел.

Растворенные загрязнения необходимо стабилизировать, чтобы предотвратить их повторное осаждение из раствора на поверхность пластины.

Щелочные моющие растворы состоят из щелочей, солей щелочных металлов и ПАВ.

Компоненты раствора должны обеспечить:

низкое поверхностное натяжение

наличие щелочного буфера для нейтрализации кислотных загрязнений

разрушение связи загрязнений с поверхностью

эмульгирующие свойства

индифферентность по отношению к материалу деталей

Применяют в производстве:

— едкий натр  $\text{NaOH}$

— карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

— силикаты натрия (жидкое стекло)  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$

— фосфаты натрия (тринатрийфосфат)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

— буру (натриевая соль тетракарбоновой кислоты)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

Жиры – это смесь сложных эфиров, образованных глицерином и жирными кислотами. При взаимодействии жиров со щелочами происходит их омыление с образованием растворимого мыла. В результате реакции образуются растворимые натриевая соль стеариновой кислоты (мыло) и глицерин. Калиевое мыло растворяется быстрее, однако  $\text{NaOH}$  существенно дешевле, чем  $\text{KOH}$ .

Удаление неомыляемых масел. Для удаления неомыляемых масел, не реагирующих со щелочами, применяют эмульгирование.

Эмульгирование заключается в разрыве сплошной жировой пленки на поверхности детали. Под действием сил молекулярного притяжения масляная пленка свертывается в шарики, которые легко уносятся с поверхности потоком жидкости. В качестве эмульгаторов используются специальные ПАВ, жидкое стекло (силикаты) и фосфаты натрия (тринатрийфосфат).

Важно учитывать: при обезжиривании в щелочных растворах некоторых металлов необходимо контролировать концентрацию щелочи и время обработки во избежание растравливания поверхности (особенно алюминия, магния и их сплавов).

После очистки в силикатных растворах на поверхности изделий остается тонкий слой силиката (около  $50 \text{ \AA}$ ), однако этот слой в некоторой степени полезен, так как предохраняет металл от коррозии.

Химическое травление основано на растворении поверхности пластин соответствующими жидкими химическими реактивами (щелочами, кислотами и их солями) и состоит из нескольких этапов: диффузии реагента к поверхности и адсорбции его; поверхностных химических реакций; десорбция продуктов реакции и диффузии их от поверхности.

Травители, при обработке в которых, самыми медленными стадиями, определяющими скорость процесса, являются диффузионные, называют поллирующими.

Травители, при обработке в которых самой медленной стадией является химическая реакция, называют селективными (например, NaOH, KOH). При этом скорость травления зависит от температуры, а также структуры и кристаллографической ориентации поверхности пластин. Селективные травители, значительно отличающиеся скоростями травления по разным кристаллографическим направлениям, называют анизотропными.

Электрохимическое травление является разновидностью обработки в активных средах и основано на химических превращениях, происходящих при электролизе. Основой процесса являются реакции анодного окисления (растворения) и катодного восстановления. Травление производят в растворах, содержащих HF при возрастающей плотности тока. Такое травление называют также электрополировкой.

Сухая очистка основана на использовании отжига, газового, ионного и плазмохимического травления. Эти способы исключают применение дорогостоящих и опасных в работе жидких химических реактивов; они более управляемы и легче поддаются автоматизации. Процессы сухой очистки являются наиболее эффективными также при обработке локальных участков и рельефной поверхности.

Сухая обработка - это отжиг (термообработка), ионное, газовое и плазмохимическое травление.

При термообработке удаляют при высоких температурах адсорбированные поверхностью пластин загрязнения их разложением и испарением. Отжиг проводят в термических установках в среде инертного газа или в вакууме непосредственно перед операциями формирования полупроводниковых или пленочных структур.

Ионное травление - процесс удаления слоев материала вместе с загрязнениями бомбардировкой его поверхности потоком ионов инертных газов высокой энергии. Так, при травлении кремния энергия ионов достигает 1 - 10 кэВ. При бомбардировке поверхности пластин ионы передают атомам обрабатываемого материала дополнительную энергию и импульс. Если передаваемая атомам энергия превышает энергию их химических связей, а сообщаемые импульсы направлены наружу от поверхности, происходит смещение атомов, их отрыв от поверхности и распыление. Процесс выполняют в вакууме (в зависимости от метода давление аргона составляет  $10^2$  -  $10^{-2}$  Па) при энергиях ионов, достаточных для распыления обрабатываемых материалов.

Коэффициент распыления  $S$  - определяется отношением количества испаряемых поверхностью атомов  $n_a$  к количеству бомбардирующих ионов  $n_i$ , т.е.  $S = n_a / n_i$ . Этот параметр является одним из основных для определения скорости травления, которая, в свою очередь, зависит от массы обрабатываемого материала и состояния его поверхности, энергии и угла падения ионов, а также давления рабочего газа в камере.

В зависимости от способа генерации ионов и конструкции установки различают ионно-плазменное и ионно-лучевое травление.

При ионно-плазменном травлении держатель с пластинами, находящийся под отрицательным потенциалом, помещают в плазму газового разряда. Положительно заряженные ионы аргона устремляются к отрицательно заряженному держателю пластин, ускоряются электрическим полем и бомбардируют поверхность, очищая ее. В зависимости от напряжения на электродах, плотности ионного тока, давления инертного газа и продолжительности процесса скорость травления кремния, диэлектриков и металлов соответственно равна 0,2; 0,1 и 0,3 мкм/мин. Процесс безынерционен. Так обрабатывают строго локализованные участки поверхности.

При ионно-лучевом травлении пластины помещают на специальные мишени, расположенные вне зоны плазмы, и бомбардируют ионами, создаваемыми автономным (самоуправляемым) газоразрядным источником. Поток ионов фокусируется и управляется электрическим и магнитным полями. Положительные заряды, накапливаемые на обрабатываемой поверхности, компенсируются инъекцией электронов.

Ионное травление позволяет не только очищать поверхность любых подложек (полупроводниковых, диэлектрических и др.) от различных загрязнений, но и эффективно при их прецизионной локальной обработке.

При газовом травлении происходит химическое взаимодействие материала пластин с газообразными веществами и образующиеся при этом соединения улетучиваются. В качестве травителей используют смеси водорода или гелия с галогенами (фтором, хлором, бромом), галогеноводородами  $\text{HBr}$ ,  $\text{HCl}$ , сероводородом  $\text{H}_2\text{S}$  и др. Молярное соотношение этих веществ в водороде или гелии составляет десятые доли - единицы процентов. Температура обработки 800 - 1300°C.

Газовое травление позволяет окончательно удалить нарушенный слой и обеспечивает получение более чистой поверхности, чем при жидкостной обработке. Однако необходимость использования особо чистых газов и высокие температуры процесса ограничивают его применение.

При плазмохимическом травлении молекулы активного газа распадаются в разряде на реакционноспособные частицы - электроны, ионы и свободные радикалы, химически взаимодействующие с поверхностью подложек. Так, поток электронов высокочастотной плазмы разлагает тетрафторид углерода  $\text{CF}_4$  на ионы фтора  $\text{F}$  и радикалы  $\text{CF}+3$ ,  $\text{CF}+$ , которые травят различные материалы (металлы, полимеры) с неодинаковой скоростью.

Скорость травления зависит также от температуры и газового состава плазмы. Например, введение в плазму инертного газа (аргона) химически активного газа (например, кислорода) изменяет скорость травления. Такое сочетание ионного и плазмохимического травления называют ионно-химическим (реактивным) травлением.

Сухая очистка пластин и локальная их обработка наиболее эффективны при создании ИС.

При изготовлении полупроводниковых приборов и ИС, как правило, проводят комплексную очистку пластин, при которой удаляют практически все

загрязнения. Так, обработка пластин кремния перед термическим окислением состоит из следующих операций:

- обезжиривание в перекисно-аммиачном растворе при 75 - 80°C и промывка проточной деионизованной водой;
- обработка в концентрированной азотной кислоте при 90 - 100°C и промывка проточной деионизованной водой;
- гидродинамическая обработка беличьими кистями в струе деионизованной воды;
- травление в растворе фтористоводородной кислоты и промывка деионизованной проточной водой;
- ультразвуковая обработка в нескольких порциях перекисно-аммиачного раствора и промывка проточной деионизованной водой;
- сушка в центрифуге.

При изготовлении полупроводниковых приборов и ИС в большинстве случаев применяют жидкостную обработку. Сухую очистку проводят на специальных установках перед такой ответственной операцией, как, например, травление после литографии, а также непосредственно перед напылением и эпитаксией.

### 1.5.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ИЗДЕЛИЙ

Наиболее широко применяемым растворителем для очистки поверхностей является вода. Она чрезвычайно широко используется для очистки изделий от загрязнений.

Вода - бесцветная жидкость без вкуса и запаха — является самым распространенным веществом в природе и представляет собой химическое соединение 11,2% водорода и 88,8% кислорода. Температура замерзания воды 0°C, а кипения 100°C. Наибольшую плотность, равную 1 г/см<sup>3</sup> вода имеет при 4°C и давлении 10<sup>5</sup> Па.

Для очистки изделий после механической обработки (резка, шлифовка и т.п.) используется, как правило, обычная водопроводная вода, поскольку на этом этапе производства не требуется высокая степень очистки.

В производстве печатных плат, узлов микросхем используется дистиллированная вода, в которой практически отсутствуют соли металлов. Дистиллированная вода, получаемая многократной дистилляцией содержит небольшое количество примесей (сухой остаток равен 5 мг/л), и ее электрическое сопротивление не превышает 100 кОм . см.

В производстве микроэлектронных приборов используется деионизованная вода.

Дело в том, что даже в дистиллированной воде содержатся катионы железа, меди, кальция, магния, натрия, калия и анионы хлоридов, сульфидов, бикарбонатов, избавиться от которых можно при пропускании воды через специальные ионообменные колонки. Деионизованную воду получают методом ионного обмена, сущность которого состоит в том, что в системе вода —

ионит происходит обмен ионами. В качестве ионитов используют различные ионообменные смолы. Для очистки воды от ионов используют катионитовые (КУ-1, КУ-2, КУ-8-4с, КБ-4П2) и анионитовые (АВ-16, АВ-17, АВ-20, АВ-17-8-4с) смолы.

Различают два вида деионизованной воды: марки А и марки Б. Вода марки А используется для промывки полупроводниковых пластин с р-п переходами. Вода марки А имеет удельное сопротивление 20 Мом · см. Вода марки Б применяется для подложек ГИС, нейтральных и диэлектрических покрытий ИС и т.п. Вода марки марки Б имеет удельное сопротивление около 1 Мом · см.

Подготовка деионизованной воды осуществляется в несколько этапов. Сначала обычная водопроводная вода последовательно проходит параллельно работающие многослойные, угольные и барьерные фильтры. Затем вода обрабатывается ингибиторами для предотвращения осадкообразования на поверхности мембран удаления солей жёсткости и подаётся под давлением на мембранную установку, где происходит обессоливание воды на обратноосмотических элементах. Обессоленная вода подаётся на ионообменные фильтры (фильтр с катионообменной смолой в Н<sup>+</sup> форме, фильтр с анионообменной смолой в ОН<sup>-</sup> форме, фильтр смешанного действия) для глубокой деионизации.

### 1.5.3. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ

Для повышения эффективности очистки используют различные методы интенсификации. При этом ускоряются более медленные стадии процесса (например, подвод свежего реагента в зону обработки, отвод продуктов химической реакции от обрабатываемой поверхности), обеспечивается десорбция атомов или ионов с поверхности изделия. Используются и другие полезные ресурсы технологии. На рис.1.56. представлена классификация способов интенсификации процессов очистки.



Рис. 1.56. Классификация способов интенсификации процессов очистки

Физические методы интенсификации процесса очистки представляют собой нагрев, кипячение, обработка струей, гидроциркуляция, проток, гидромеханическая очистка, центрифугирование, ультразвуковая обработка, плазменная очистка.

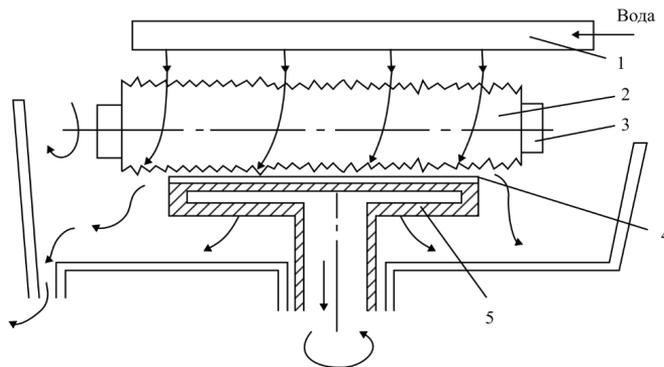


Рис. 1.57. Схема гидромеханической очистки

1 - линия подачи деионизованной воды, 2 - щетка, 3 - валик, 4 - пластина, 5 - вакуумный столик

На рис.1.57. Представлена схема гидромеханической очистки полупроводниковой пластины при помощи валика с щеткой. Полупроводниковая пластина 4 устанавливается на вакуумный столик 5 и за счет разрежения воздуха присасывается к вакуумному столику, который вращается вокруг своей оси. На вращающийся валик 3 одета щетка 2. Ворсинки щетки воздействуют на поверхность пластины в потоке деионизованной воды, которая подается по линии подачи 1. Щетка подлежит регулярной замене на новую через опреде-

ленное количество циклов очистки. Основные недостатки гидромеханической очистки - возможность переноса загрязнений со щеток на рабочую поверхность пластины и появление на полупроводниковых пластинах царапин в случае засорения щеток, например, кремниевой пылью. Чтобы избежать брака при гидромеханической очистке, следует соблюдать регламент смены и очистки щеток.

К химическим методам интенсификации очистки относятся очистка поверхности поверхностно-активными веществами и комплексообразователями.

Эти методы позволяют отказаться от токсичных и огнеопасных органических растворителей и концентрированных кислот.

В водных растворах поверхностно-активных веществ (ПАВ) удаление загрязнений происходит в четыре этапа:

1. Смачивание очищаемой поверхности водными растворами ПАВ;
2. Адсорбция молекул ПАВ поверхностью и частицами загрязнений.
3. Отделение частиц загрязнений от поверхности
4. Перевод водонерастворимых загрязнений в состояние эмульсии или суспензии.

Связь между частицами загрязнений и поверхностью ослабляется благодаря расклинивающему действию молекул ПАВ. Молекулы, адсорбируемые частицами ПАВ, образуют прочные «оболочки» и препятствуют их повторному осаждению на очищаемую поверхность. Наиболее широко используют поверхностно-активные вещества ОП-7 и ОП-10, синтанол ДС-10, смачиватель СП-104 П.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) адсорбируются на поверхности, разделяющей разные фазы вещества, обеспечивая моющему раствору хорошую смачиваемость. Благодаря прочной адсорбции загрязнений ПАВами образуется стабильная фаза в моющем растворе, которую легко удалить.

ПАВ делятся на четыре класса

1. Анионоактивные
2. Катионоактивные
3. Амфолитные
4. Неионогенные

Поверхностно-активные свойства у ПАВ создаются в результате того, что одна часть молекул этих веществ растворяется в воде, а другая — в жирах. Изменяя соотношение между этими растворителями, можно изменять эмульгирующие, моющие и смачивающие свойства ПАВ.

Первые два класса образуют, соответственно отрицательный и положительный органические и неорганические ионы.

Неионогенные ПАВ в воде диссоциируют, но растворимость их ионов обусловлена гидролизом молекул.

Амфолитные ПАВ могут в зависимости от pH раствора проявлять как анионоактивные, так и катионоактивные свойства.

С повышением концентрации ПАВ значительно возрастает пенообразовательная способность растворов, что может играть как положительную, так и отрицательную роль табл. 1.13.

Таблица 1.13

## Характеристика влияния пенообразования

Позитивное влияние пенообразования	Негативное влияние пенообразования
при моющих процессах с выделением вредных газов пена улавливает пузырьки и удерживает на время, достаточное для нейтрализации	невозможность интенсивного перемешивания моющего раствора
смягчает удары деталей при очистке во вращающихся барабанах	вторичное загрязнение пеной при выемке изделий из ванны
позволяет очищать крупные устройства, для которых невозможно создать большие емкости с раствором	неэффективный режим работы моющего оборудования

Удаление загрязнений в растворах комплексообразователей

Комплексообразователи создают с поверхностными загрязнениями или водными продуктами химических реакций устойчивые сложные соединения — комплексы, которые переходят в раствор и остаются в нем.

Наиболее распространенными комплексообразователями являются триаммонийная соль оксиэтилендифосфоновой кислоты (ТАСОЭДФ) и оксиэтилендифосфоновая кислота (ОЭДФ).

**Очистка от окислов** - Поверхности металлических деталей очищают от окислов травлением в кислотных и щелочных растворах.

Операцию обязательно проводят перед нанесением покрытий на детали из сталей, алюминия и его сплавов, меди и ее сплавов, цветных и редких металлов. Состав растворов и длительность процесса травления выбирают в зависимости от природы металла и характера образовавшихся пленок.

Окисные пленки редко бывают сплошными. В поры пленки проникает травитель и растравливает материал детали одновременно с процессом травления окисла.

## ТЕСТЫ К ЛЕКЦИИ

Вопрос 1	Какая поверхность технологически считается чистой?
Ответы:	
1	Технологически чистой считается поверхность, на которой концентрация загрязнений не препятствует воспроизводимому получению заданных параметров приборов и микросхем и их стабильности
2	Технологически чистой считается поверхность, на которой концентрация микроорганизмов не превышает допустимого уровня
3	Технологически чистой считается поверхность, которая обработана чистящими средствами
Вопрос 2	Из каких стадий состоит процесс очистки?
Ответы:	
1	Стадия подвода свежего реагента в зону обработки, стадия взаимодействия реагента с загрязнением и стадия отвода продуктов реакции от обрабатываемой поверхности
2	Стадия нанесения свежего реагента на ветошь и протирка ветошью зоны очистки
3	Стадия нанесения свежего реагента на губку и протирка губкой зоны очистки
Вопрос 3	Что такое физическое обезжиривание?
Ответы:	
1	Это растворение органических загрязнений в горячих или кипящих органических растворителях
2	Это удаление органических загрязнений абразивной суспензией
3	Это растворение органических загрязнений в кислотах
Вопрос 4	Что применяют для удаления неомыляемых масел?
Ответы:	
1	Для удаления неомыляемых масел, не реагирующих со щелочами, применяют эмульгирование
2	Для удаления неомыляемых масел, не реагирующих со щелочами, применяют экстрадирование
3	Для удаления неомыляемых масел, не реагирующих со щелочами, применяют сублимирование
Вопрос 5	На каких процессах основана сухая очистка?
Ответы:	
1	Сухая очистка основана на использовании отжига, газового, ионного и плазмохимического травления
2	Сухая очистка основана на использовании сушки струей воздуха

3	Сухая очистка основана на использовании вакуумной экстракции
Вопрос 6	Какая вода используется для очистки полупроводниковых пластин после их механической обработки?
Ответы:	
1	Обычная водопроводная вода
2	Дистиллированная вода
3	Деионизованная вода
Вопрос 7	Какая вода используется в производстве печатных плат?
Ответы:	
1	В производстве печатных плат используется дистиллированная вода
2	В производстве печатных плат используется обычная водопроводная вода
3	В производстве печатных плат используется деионизованная вода
Вопрос 8	Какая вода используется в производстве микроселектронных приборов?
Ответы:	
1	В производстве микроселектронных приборов используется деионизованная вода
2	В производстве микроселектронных приборов используется дистиллированная вода
3	В производстве микроселектронных приборов используется дейтериевая вода
Вопрос 9	Какие виды деионизованной воды различают?
Ответы:	
1	Различают два вида деионизованной воды: марки А и марки Б.
2	Различают три вида деионизованной воды: марки А, марки Б и марки С.
3	Различают один вид деионизованной воды: марки А