

## 1.11. ФОРМИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ

**Цель лекции:** ознакомление с принципами формирования покрытий.

### 1.11.1. ЖИДКОСТНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

В производстве СБИС с проектными нормами 0,5 мкм необходимо обеспечить чистоту поверхности пластины с поверхностной концентрацией:

- щелочных и тяжелых металлов  $< 50 \text{ ат./см}^2$ ;
- алюминия и кальция  $< 10 \text{ ат./см}^2$ ;
- органических примесей (по С)  $< 10 \text{ ат./см}^2$ .

Привносимая дефектность, связанная с наличием микрочастиц на поверхности, должна быть не более  $0,02 \text{ см}^2$ .

Комплекс химических обработок (химобработок) в процессе производства состоит из следующих операций (в соответствии с базовым технологическим маршрутом) (рис. 1.11.1):

- финишная химобработка;
- удаление фоторезиста;
- травление оксидов, стекол;
- травление нитрида кремния.



**Рис. 1.11.1.** Комплекс химических обработок

Жесткие требования к чистоте поверхности пластин после химобработок определяют и требования к оборудованию для их проведения:

- конструкционные материалы, контактирующие с химическими реактивами и пластинами, не должны подвергаться деградации под

их влиянием и вносить дополнительные загрязнения в химреактивы и деионизованную воду (ДВ); как правило, это фторопласт типа PFA или кварц двойного переплава;

- степень обработки (шероховатость) деталей и узлов оборудования должна исключить возможность накопления загрязнений и генерации микрочастиц; шероховатость должна быть меньше 0,3мкм, нагрев реагентов должен проводиться радиационными нагревателями; точность поддержания температуры в ваннах не должна превышать 0,1°C;
- перемещение пластин должно производиться автооператором с точностью позиционирования не хуже 1мкм;
- метод обработки – бесконтактный (облегченные кассеты, имеющие минимальную поверхность и массу, изготовленные, предпочтительно, из кварца);
- трубопроводы подачи реагентов и деионизованной воды должны иметь минимальное количество разъемных соединений;
- необходимо обеспечить автоматический ввод и корректировку технологических программ, отображение текущей информации о работе систем оборудования, диагностирование оборудования.

Учитывая, что проведение процессов требует различной компоновки линий химобработки, оборудование должно иметь модульное исполнение с высокой степенью унификации узлов и деталей.

В целях экономии дорогостоящих высококачественных реактивов и увеличения экологической безопасности оборудование должно быть ресурсосберегающим с рециркуляцией реагентов и их повторным использованием.

### 1.11.2. МНОГОУРОВНЕВАЯ МЕТАЛЛИЗАЦИЯ

Производство с субмикронными проектными нормами предъявляет жесткие требования к технологическим процессам формирования проводящих и диэлектрических слоев в маршруте создания многоуровневой металлизации, а также используемому для этих процессов технологическому оборудованию. Технология многоуровневой металлизации должна обеспечить решение ряда проблем, характерных для изделий данного уровня:

- заполнение диэлектриком узких, шириной до 0,35–0,70мкм, зазоров в топологическом рельефе  $AR = 2,0 \dots 3,0$  без образования пустот и возникновения избыточных локальных механических напряжений;
- получение локально планаризованной поверхности диэлектрика в областях с близким расположением линий разводки, а также

- недопущение отрицательного угла наклона боковых стенок слоя диэлектрика и «эффекта телесного угла» (*Top Corner Overhang*) для диэлектрика, осажденного на одиночных линиях;
- формирование (с учетом требований субмикронной фотолитографии по глубине фокуса) глобально планаризованной поверхности диэлектрика методом ХМП;
  - предотвращение нарушения сплошности и избыточного утонения проводящих слоев на боковых стенках малоразмерных контактных окон различного функционального назначения (например, адгезионных на основе  $Ti$  и барьерных на основе  $TiN$ ), а также обеспечение достаточной толщины адгезионных и барьерных слоев на дне контактных окон с высоким значением  $AR$ ;
  - заполнение малоразмерных контактных окон  $AR = 2,0 \dots 3,0$  низкоомным проводящим материалом ( $Al$  или  $W$ ) с обеспечением локальной планарности формируемой структуры;
  - обеспечение низкого сопротивления контактов в системе металлизации;
  - снижение расходования материала подложки при формировании контактов к мелкозалегающим ( $0,15-0,25\text{мкм}$ )  $p-n$ -переходам;
  - минимизация бюджета времени термических обработок при формировании слоев проводников и диэлектриков;
  - управление величиной и знаком механических напряжений в формируемых слоях для обеспечения минимальной деформации и надежности металлизации;
  - выбор материалов, обеспечивающих расширение технологических возможностей изготовления структур металлизации с высокой стойкостью к электромиграции и коррозионной стойкости, а также материалов, обеспечивающих высокоэффективные барьерные свойства, предотвращение деградации мелкозалегающих  $p-n$ -переходов и структур проводящих слоев металлизации;
  - изготовление мишеней для систем магнетронного распыления марки 4N-6N (99,99%–99,9999% по основному компоненту) с содержанием отдельных примесей, например тория и урана, на уровне ниже  $1\text{ppm}$ .

Анализ показывает, что для изготовления ИС с субмикронными размерами с экономической и технологической точек зрения наиболее целесообразным подходом к решению указанных выше проблем является разработка преимущественно интегрированной технологии формирования диэлектрических слоев на базе кластерного оборудования.

Формирование высококачественных структур металлизации субмикронных СБИС, преимущественно с многослойной структурой проводника, также неизбежно требует интеграции различных стадий

изготовления структур проводящих слоев в технологические микроциклы, реализуемые на высоковакуумном кластерном оборудовании при помощи модифицированных методов физического осаждения из газовой фазы или их комбинации с химическим газофазным осаждением (PVD или PVD/CVD).

Такие технологические микроциклы включают в себя интегрированные процессы сухой очистки поверхности подложек (в том числе *in-situ* в реакторе для химического газофазного осаждения проводящих слоев) и могут сочетаться с процессами планаризации осажденных слоев обратным травлением (*etch back*), а также процессам скоростного термического отжига (СТО) в контролируемой технологической среде.

Для решения ключевых проблем формирования проводящих слоев диэлектриков в маршруте многоуровневой металлизации субмикронных СБИС разработаны промышленные технологии, основанные на использовании процессов плазмохимического осаждения, процессов осаждения планаризованных слоев  $SiO_2$ , ФСС, БФСС при субатмосферном давлении, процессов осаждения планаризованных слоев  $SiO_2$  в плазме высокой плотности (PECVD) с ВЧ- и СВЧ-возбуждением; процессов сглаживания слоев диэлектриков физическим ионным/реактивно-ионным травлением; процессов глобальной планаризации диэлектриков и вольфрама.

В частности, вышеуказанные процессы осаждения слоев могут быть реализованы в том или ином сочетании на кластерном оборудовании фирмы «Applied Materials Inc.», например, на базе платформ *Centura*, *Endura*.

На зарубежном рынке также представлены оборудование и технологические процессы химического осаждения проводящих слоев систем металлизации из газовой фазы.

Так, фирмой «Applied Materials Inc.» предлагается для нужд субмикронной технологии комбинированный процесс создания проводящих слоев системы металлизации, названный *Giga-Fill*. Данный процесс включает в себя стадии газофазного химического осаждения тонких слоев  $TiN$  (из металлоорганического источника) и  $Al$  в сочетании с физическим осаждением из газовой фазы других типов проводящих слоев (таких как  $Ti$  и сплав  $Al-Si-Cu$ ) и реализован в кластерной системе на базе платформы *Endura*.

Данной фирмой также разработан интегрированный процесс газофазного химического осаждения сплошного слоя  $W$  с последующим обратным травлением, пригодный для заполнения малоразмерных контактных окон и планаризации поверхности структуры; соответствующие технологические модули могут устанавливаться на платформы *Centura* и *Endura*.

В 1998 г. на рынке появился разработанный фирмой «Applied Materials Inc.» технологический процесс химического осаждения из газовой фазы

слоев  $Ti$  и соответствующий ему технологический модуль кластерной системы.

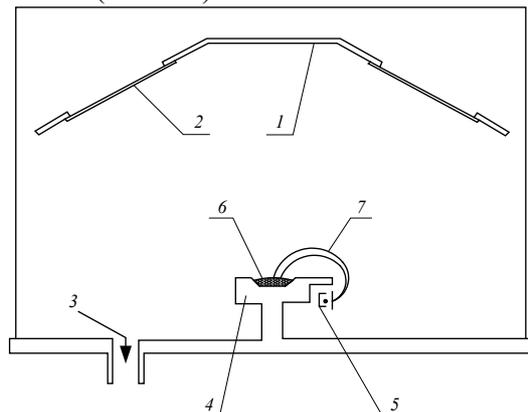
Фирмой «*Materials Research Corp.*» (США) разработан интегрированный технологический процесс осаждения из газовой фазы слоев  $Ti$  (плазмохимическое осаждение с одновременным формированием слоя  $TiSi_2$  на дне контактных окон к кремнию) и  $TiN$  (термическое осаждение из неорганического источника), также на базе кластерного оборудования (MRC Phoenix CVD).

Кроме того, фирмой «*Applied Materials Inc.*» выпускается оборудование для ХМП (*Mirra CMP, mod.3400*), пригодное для глобальной планаризации как диэлектрика, так и  $W$ .

Данное оборудование для ХМП может интегрироваться с модулем двусторонней химической обработки пластин *DSS 200-11A* фирмы «*On-Trak Systems Inc.*» (США).

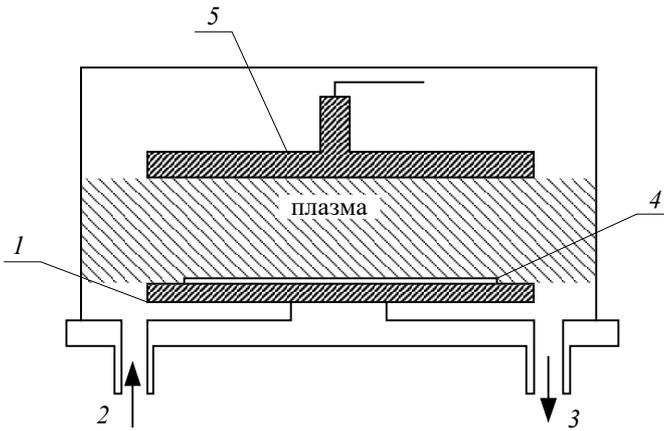
### 1.11.3. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОВОДЯЩИХ СЛОЕВ

При формировании проводящих слоев используются методы физического осаждения из газовой фазы (*PVD*) (рис. 1.11.2 и 1.11.3), а также химического осаждения из паровой фазы (*CVD*) (рис. 1.11.4). Узловыми моментами формирования многоуровневых соединений СБИС являются этапы создания вертикальных контактов к транзисторной структуре и между уровнями проводников. К транзисторной структуре контактное окно заполняется обычно вольфрамом ( $W$ ), а между уровнями проводников – алюминием ( $Al$ ). В обоих случаях необходимо формирование контактов на основе системы титана и нитрида титана ( $Ti$  и  $TiN$ ).



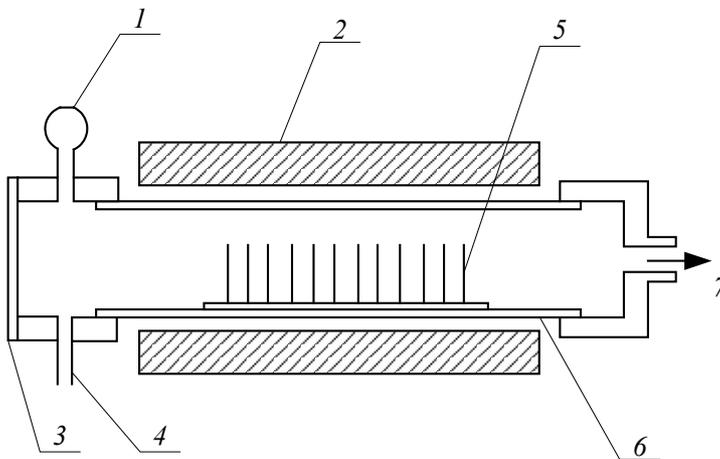
**Рис. 1.11.2.** *PVD* электронно-лучевое распыление:

- 1 – держатель; 2 – подложки; 3 – вакуумный насос; 4 – охлаждаемый тигель;  
5 – термоионная нить; 6 – материал для испарения;  
7 – поток электронов



**Рис. 1.11.3.** PVD плазменное распыление:

1 – электрод; 2 – подача газа; 3 – вакуумный насос;  
4 – подложки; 5 – охлаждаемая мишень



**Рис. 1.11.4.** Камера CVD-реактора:

1 – датчик давления; 2 – 3-зонная печь; 3 – загрузочная заслонка;  
4 – поступление газа; 5 – подложки; 6 – реактор (кварцевая трубка);  
7 – насос

Назначение слоя  $Ti$  в системе  $Ti/TiN$  заключается в том, что он реагирует с низлежащим слоем в контактном окне, снижая сопротивление контакта. Чтобы достичь этого результата, слой  $Ti$  должен надежно покрывать дно окна (отверстия). В случае вольфрамовых пробок  $TiN$  выполняет как роль promotora адгезии, так и барьера, который предотвращает взаимодействие гексафторида вольфрама ( $WF_6$ ) с низлежащим слоем  $TiN$  или  $Al$ .

Минимальная толщина  $TiN$ , требуемая для  $W$  и  $Al$  вертикальных контактов, 5 нм и 25 нм соответственно.

Ниже приведены методы формирования проводящих слоев, наиболее широко применяемые и/или исследуемые зарубежными фирмами в производстве СБИС с проектными нормами в субмикронном диапазоне:

- осаждение при пониженном давлении (*LPCVD*) сплошных слоев  $W$  для заполнения контактных окон и формирования планаризованных вертикальных соединений (с последующим обратным травлением (*etchback*));
- плазмохимическое осаждение (*PECVD*) тонких слоев  $Ti$  (контактные и адгезионные слои) и  $TiN$  (барьерные слои), в том числе осаждение *in-situ*;
- осаждение при пониженном давлении (*LPCVD*) тонких слоев  $TiN$  (барьерные слои, антиотражающее покрытие (*ARC*)) на базе неорганических (*Inorg LPCVD*) и металлоорганических (*MOCVD*) источников;
- осаждение при пониженном давлении (*LPCVD*) тонких слоев  $Al$  (для интеграции с процессом заполнения контактных окон слоем  $Al$  методом «горячего» *PVD*);
- избирательное осаждение при пониженном давлении (*Selective LPCVD*) слоев  $TiSi_2$  для формирования самосовмещенных контактов к областям моно- и поликристаллического кремния.

#### 1.11.4. МЕЖУРОВНЕВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ И ПАССИВАЦИЯ

Наиболее часто используются следующие методы получения диэлектрических слоев при производстве СБИС с проектными нормами в субмикронном диапазоне:

- субатмосферное осаждение из паровой фазы из смеси паров тетраэтоксисилана ( $TiEOC$ ) и озона ( $O_3$ ) – *SACVD*;
- плазмохимическое осаждение из элементоорганических соединений (*PETEOS*) и гидридных источников (*PECVD*), в том числе с использованием плазмы высокой плотности (*I-IDPCVD*).

По данным зарубежных источников, для заполнения диэлектриком малоразмерных зазоров с высоким значением  $AR$  пригодна технология, основанная на использовании процессов конформного осаждения из газовой фазы при субатмосферном давлении (500–700 мм рт. ст.) (*SACVD*).

В качестве источников кремния и легирующих примесей используются жидкие элементоорганические соединения (например,  $TiEOC$ ) и  $O_3$  – в качестве окислителя.

Составным элементом технологии SACVD является предварительное плазмохимическое осаждение тонкого барьерного слоя диэлектрика ( $SiO_2$ ,  $SiO_xN_e$ ,  $Si_3N_4$  или их комбинация) и герметизация слоя SACVD одним из указанных видов слоев и/или слоем ФСС, БФСС; плазмохимическое осаждение слоев на базе  $SiO_2$  может проводиться с использованием вышеупомянутых элементоорганических источников (*PETEOS*). Для улучшения конформности осаждения слоев плазмохимических диэлектриков (в частности, исключения отрицательного угла наклона боковых стенок осажденного слоя в структурах с  $AR > 1,0$ ), с контролем плотности осажденного слоя и уровня механических напряжений применяются процессы с низкочастотной модуляцией ВЧ-плазмы (*MF PETEOS CVD*, *MF PECVD*).

Процесс осаждения нелегированного слоя  $SiO_2$  при субатмосферном давлении позволяет заполнять без образования пустот зазоры в топологическом рельефе с величиной параметра  $AR$  от 1,5...1,8 до 2,3...2,7; для слоев БФСС достигнуто заполнение зазоров с  $AR$  до 4,0 (с учетом влияния на величину  $AR$  частичного заполнения зазора барьерным слоем плазмохимического диэлектрика достигается эффект локальной планаризации и низкий уровень механических напряжений в полученной многослойной диэлектрической структуре (структура с компенсацией напряжений)).

Процессы плазмохимического осаждения из гидридных источников отличаются повышенной производительностью и могут применяться для частичного заполнения зазоров, осаждения на сглаженную глобально планаризованную поверхность. Целесообразно осаждение с использованием ТЭОС и гидридных источников проводить в отдельных реакционных камерах в пределах кластерной системы

Процессы физического ионного травления могут использоваться на промежуточной стадии заполнения узких зазоров для модификации профиля осажденного слоя диэлектрика (исключение отрицательного угла наклона боковых стенок) и для сглаживания осажденного слоя. Процессы реактивного ионного травления могут применяться в высокопроизводительной технологии сглаживания осажденного слоя и для формирования пристеночных структур (*Sidewall Spacer*) на боковой поверхности линий разводки (в том числе с отрицательным углом) и в контактных окнах. Целесообразна реализация процессов как физического ионного, так и реактивного ионного травления с использованием одной и той же реакционной камеры, входящей в состав кластерной системы.

Для заполнения слоем нелегированного  $SiO_2$  малоразмерных зазоров (0,5 мкм) в топологическом рельефе с высоким значением  $AR$  (3,0–5,0) может быть использована технология газофазного осаждения в плазме высокой плотности (*HDP-CVD*), полученной с использованием источников различного типа (в том

числе источников СВЧ-ЭЦР (ECR) и ВЧ-источников с индуктивной связью (ICP)).

Осаждение в плазме высокой плотности характеризуется сочетанием одновременно протекающих процессов осаждения и ионного распыления, проявляющихся, при достаточной толщине осажденного слоя, в эффекте самопланаризации рельефа (в локальных масштабах).

Возможность технологии *HDP-CVD* управлять по отдельности скоростью осаждения и распыления позволяет контролировать профиль формируемого слоя непосредственно в процессе осаждения, что дает возможность исключить образование пустот в заполняемой области зазора и управлять планарностью поверхности. Устранение «фасетирования» поверхности диэлектрика, осажденного в плазме высокой плотности, достигается осаждением на поверхность *HDP-CVD SiO<sub>2</sub>* достаточно толстого слоя плазмохимического диэлектрика (*SiO<sub>2</sub>*, *SiO<sub>x</sub>N<sub>e</sub>*, *Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>*). Осаждение происходит из гидридных источников в отдельном реакторе кластерной системы с последующим сглаживанием (глобальная планаризация методом ХМП). Встроенный в кластерную систему для *HOP-CVD/PECVD* модуль ионного/реактивно-ионного травления может также использоваться для формирования пристеночных структур на боковых поверхностях линий разводки, аналогично случаю кластерной системы на базе процесса *SACVD*.

Все рассмотренные выше процессы формирования диэлектрических слоев обеспечивают приемлемый для индивидуальной обработки пластин уровень производительности оборудования и малую величину термического бюджета, совместимую с формированием металлизации на основе Al.

Для достижения низкого уровня загрязнения осаждаемых слоев диэлектриков посторонними примесями и малой плотности привносимых дефектов реакционные камеры для осаждения должны снабжаться средствами *in-situ* плазмохимической очистки (предпочтительна очистка после каждой обработанной пластины).

Применение для глобальной планаризации слоев диэлектрика процесса ХМП при производстве СБИС с субмикронными проектными нормами требует по окончании полировки проводить жидкостную химическую обработку пластин с целью удаления механически нарушенного слоя, химических загрязнений (в особенности примесей металлов) и частиц полировочной суспензии, а также промывку и сушку пластин.

По условиям работы в чистом помещении целесообразна интеграция в установку ХМП модуля двусторонней химической обработки/промывки/сушки пластин.

### 1.11.5. ПРОЦЕСС ХМП ДИЭЛЕКТРИКА

Интегрированный технологический процесс глобальной планаризации диэлектрика методом ХМП, выполняемый на оборудовании модульной конструкции, состоит из двух операций: химико-механической полировки и двусторонней химической обработки пластин.

Диапазон значений толщины диэлектрика, удаляемого в процессе ХМП, – 500...2000нм. Типовое значение скорости удаления диэлектрика в процессе ХМП: для термического  $SiO_2$  – 100...120 нм/мин, для плазмохимического  $SiO_2$ (*PETEOS*) – 150...250 нм/мин.

Неравномерность скорости удаления диэлектрика в процессе ХМП – не хуже  $\pm 15,0\%$  (измерение в 49 точках, за исключением области шириной 6 мм у края пластины).

Воспроизводимость скорости удаления диэлектрика в процессе ХМП от пластины к пластине в партии из 25 пластин – не хуже  $\pm 10,0\%$ (измерение в центральной точке).

Высота остаточного рельефа диэлектрика в областях с близким расположением линий разводки (расстояние между соседними линиями 0,5...2,0 мкм) – не более 300нм. Общая высота остаточного рельефа диэлектрика на пластине – не более 700нм.

Операции, выполняемые в ХМП-модуле жидкостной обработки пластин, интегрированном в единую установку;

- удаление механически нарушенного слоя диэлектрика жидкостным травлением;
- двусторонняя химическая и гидромеханическая обработка пластин для удаления остатков полировочной суспензии и следов поверхностных загрязнений;
- сушка обработанных пластин.

Уровень загрязнения поверхности диэлектрика примесями тяжелых металлов после операций ХМП и химической обработки – не более  $5 \cdot 10^{10} \text{см}^{-2}$ .

Производительность обработки пластин кремния диаметром 150–200 мм – не менее 30 шт./ч (для установки ХМП с тремя позициями обработки с последующей химической обработкой).

Уровень привносимой дефектности – не более  $0,05 \text{ см}^{-2}$ (для частиц размером более 0,20 мкм после химической обработки пластин, прошедших операцию ХМП).

### 1.11.6. ЭПИТАКСИЯ

**Физические основы процесса.** *Эпитаксия* – это процесс осаждения атомарного кремния на монокристаллическую кремниевую пластину, при котором получают пленку, являющуюся продолжением кристаллической структуры пластины.

При легировании одновременно с атомами  $Si$  в росте пленки участвуют и легирующие элементы.

При эпитаксии можно получать как разнотипные (например,  $n$ -пленку на  $p$ -подложке, и наоборот), так и изотипные  $p$ - $n$ -переходы типа  $n^+-n$  и  $p^+-p$ .

Различают эпитаксию из газовой, жидкой и твердой фаз.

Промышленное применение нашла эпитаксия из газовой фазы.

Атомы  $Si$  выделяются на пластине в результате химической реакции из соединений  $Si$  и легирующего элемента. При этом характер химической реакции должен быть гетерогенным, т. е. выделение атомов  $Si$  должно происходить на поверхности пластины, а не в газовой фазе. А побочные продукты реакции должны легко удаляться с поверхности пластины.

Кристаллическая решетка  $Si$  – кубическая гранцентрированная (рис. 1.11.5).

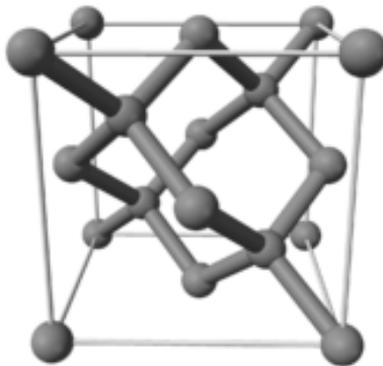


Рис. 1.11.5. Кристаллическая решетка  $Si$

При эпитаксии дислокации и дефекты упаковки наследуются растущим слоем.

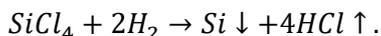
Условия, обеспечивающие совершенство структуры эпитаксиального слоя:

- химическая реакция выделения атомов  $Si$  и легирующей примеси должна быть гетерогенной и исключать образование агломератов (т. е. скорость осаждения должна быть ограниченной);

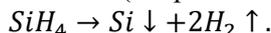
- необходима высокая  $T$  пластины и ограниченная скорость осаждения атомов, чтобы обеспечить высокую подвижность адсорбированных атомов на пластине;
- с поверхности пластины должны быть удалены механические повреждения и различного рода загрязнения.

Для выделения Si используются 2 типа химических реакций:

1. Восстановление (хлоридный метод) из тетрахлорида:



2. Пиролитическое разложение (гидридный метод) моносилана  $SiH_4$ :



Моносилан  $SiH_4$  взрывоопасен на воздухе и способен воспламеняться. Поэтому при эпитаксии реакторы предварительно тщательно очищают от следов  $O_2$  и  $H_2O$ . Наличие  $H_2$  предохраняет моносилан от разложения в газовой фазе.

**Особенности технологии и оборудование.** Гетерогенную реакцию, протекающую на границе газообразной и твердой фаз, можно условно представить в виде следующих стадий:

1. Перенос веществ, участвующих в реакции, к поверхности пластины.
2. Адсорбция поверхностью реагирующих веществ.
3. Реакция на поверхности пластины.
4. Десорбция молекул побочных продуктов.
5. Перенос побочных продуктов в основной поток газа.
6. Занятие атомами Si узлов кристаллической решетки.

Такая схема реализуется в установках с непрерывной подачей рабочей смеси через реактор.

#### **Цикл работы:**

- загрузка пластин и герметизация реактора;
- продувка реактора  $N_2$ , а затем  $H_2$  (для вытеснения атмосферного воздуха);
- нагрев реактора до температуры  $1200^\circ C$  и выдержка в  $H_2$  (для восстановления окислов);
- газовое травление  $HCl$  на глубину 1–2 мкм (удаление нарушенных и загрязненных слоев), по окончании – продувка в  $H_2$ ;
- снижение  $T$  до рабочего значения и подача смеси  $H_2$ ,  $SiCl_4$  и  $BBr_3$  (наращивание слоя), по окончании – продувка в  $H_2$ ;
- подача смеси  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $SiCl_4$  и осаждение окисной пленки  $SiO_2$ ;
- охлаждение в потоке  $H_2$ ;
- продувка реактора  $N_2$ , охлаждение, разгерметизация реактора и выгрузка пластин.

### 1.11.7. ОСАЖДЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

Осаждение ДП взамен  $SiO_2$  при термическом окислении позволяет:

- уменьшить температурное воздействие на пластину;
- использовать широкий круг материалов, обладающих в конкретных условиях применения наилучшими защитными или электрическими характеристиками.

Методом осаждения можно получать относительно толстые пленки. При этом температура процесса осаждения и разность значений ТКР пленки и пластины не вызывают значительных внутренних напряжений.

Основные требования к процессу осаждения:

1. Процесс не должен быть сложным. Желательно иметь проточную систему.
2. Температура пластин в процессе осаждения должна быть невысокой.
3. Скорость осаждения должна быть высокой (продолжительность обработки – минимальной).
4. В рабочей зоне не должно быть веществ, реагирующих с  $Si$ .
5. Реакция должна быть гетерогенной, обусловленной слабой зависимостью результатов осаждения от количества пластин и их расположения в рабочей зоне.

#### ТЕСТЫ К ЛЕКЦИИ 11

Вопрос 1	Какой метод используется для осаждения монокристаллического кремния?
Ответы:	
1	Эпитаксия
2	ХМП
3	<i>CVD</i>
Вопрос 2	Какой метод используется для планаризации диэлектрика?
Ответы:	
1	ХМП
2	<i>CVD</i>
3	Эпитаксия