

СЕКЦИЯ ОТ МИКРОСХЕМ К ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКЕ

УДК 546.28-162:620.183.2

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ДЕФЕКТОВ ЖИДКОСТНОГО ТРАВЛЕНИЯ ОКСИДА КРЕМНИЯ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ

*Учащийся группы 33В4б Загоровский Н. Д.,
преподаватель Юхновец С. В.*

Филиал БНТУ «Минский государственный политехнический колледж»

Введение. Технология интегральных микросхем представляет собой совокупность механических, физических, химических способов обработки различных материалов, в итоге которых создается интегральная микросхема.

Основной операцией в производстве микроэлектроники является фотолитография, которая формирует рисунок на технологическом слое. Формирование рисунка осуществляется прецизионным травлением. Прецизионное травление основано на растворении в химических реагентах незащищённых фоторезистивной маской участков технологического слоя.

Химическое жидкостное травление основано на разрушении в химических реагентах технологических слоёв. Процесс включает в себя стадии диффузии и адсорбции молекул травителя к поверхности подложки, химической реакции на поверхности, десорбции продуктов реакции и удаления их из растворов [1].

В зависимости от цели процесса, состава травителя и условий проведения жидкостное травление может быть:

- изотропным, когда скорость травления одинакова по всем кристаллографическим направлениям;
- анизотропным, когда скорость травления различна в разных кристаллографических направлениях для получения канавок, выступов и т.д.
- селективным (избирательным), оно используется на фотолитографии формирования топологических рисунков в технологических слоях.

В процессе подготовки к формированию эпитаксиальных структур и конструктивных элементов необходимо удалить с поверхности предыдущий слой оксида кремния, используемый в качестве маски.

Этот ответственный процесс должен обеспечивать: полноту удаления слоя, отсутствие дефектов и остатков реагентов на поверхности пластин.

При травлении оксида кремния через фоторезистивную маску используют, как правило, травление плавиковой (фтористоводородной) кислотой. В основу этого процесса заложено следующее: смачивание и травление оксида и не взаимодействие с поверхностью кремния.

Также существует сухое травление, но данная операция не нашла широкого применения в травлении технологического слоя, т.к. не является селективной [2].

Целью данной работы является отработка процесса, анализ дефектов и их устранение в процессе удаления оксида кремния методом химического изотропного травления.

Задачами работы являются:

- анализ дефектов жидкостного травления оксида кремния;
- причины возникновения дефектов удаления оксида кремния;
- пути уменьшения дефектов.

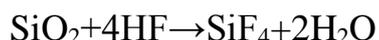
Основная часть. В работе будет рассматриваться проблема возникновения дефектов при жидкостном травлении оксида кремния. При удалении оксида кремния используется установка КС-01.3.

Установка удаления оксида кремния представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Установка химического травления КС-01.3

Во время удаления слоя оксида кремния происходит химическая реакция между окислом и реагентом:



При изучении технической документации были выделены следующие параметры технологического процесса, влияющие на качество жидкостного травления оксида кремния: температура реагентов, скорость травления, объём ванн, объём реагентов, удельное сопротивление в деионизованной воде, время травления, количество обрабатываемых пластин.

При удалении окисла необходимо контролировать следующие основные параметры:

- температуру;
- концентрацию реагента;
- время травления;
- толщину слоя диоксида кремния;
- плотность слоя диоксида кремния;
- равномерность слоя диоксида кремния.

Фтористоводородная кислота в технологии изготовления интегральных схем чаще всего используется для процессов открытого травления пленок оксида кремния.

Скорость удаления плёнок оксида кремния в плавиковой (фтористоводородной) кислоте сильно зависит от способа получения плёнки, её толщины и плотности. В настоящее время в технологии изготовления интегральных схем широко применяются следующие пленки:

- термического SiO_2 , полученные окислением кремния;
- среднетемпературного диоксида кремния, получаемые путём вакуумного пиролиза тетраэтоксисилана;
- плазмохимического диоксида (ПХО), получаемые из моносилана и закиси азота в процессе осаждения стимулированного плазмой.

Характеристики удаления плёнок оксида кремния, сформированных различными методами, очень сильно изменяются вследствие различий в структуре, стехиометрическом составе и физических свойствах.

Скорости удаления плёнок оксида кремния, полученных различными методами, в плавиковой (фтористоводородной) кислоте приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Скорость травления плёнок оксида кремния, полученных различными методами, в плавиковой (фтористоводородной) кислоте.

Тип плёнки SiO_2	Скорость травления, Å/мин
Термический оксид кремния	180 – 220
Среднетемпературный диоксид кремния	1000 - 1600
Плазмохимический диоксид кремния	700 - 800

Скорость травления во фтористоводородной кислоте постоянно меняется в процессе травления. Для поддержания скорости травления постоянно совершенствуются способы травления, состав и концентрация травителей. В ходе отработки технологического процесса жидкостного травления оксида кремния было выявлено, что для стабилизации скорости травления необходима термостабилизация фтористоводородной кислоты перед ее применением.

При отработке жидкостного травления оксида кремния наблюдаются следующие основные дефекты:

- неполное удаление слоя SiO_2 – это дефект, при котором в процессе травления удаляется не весь слой оксида кремния. Появляется данный вид дефекта из-за неправильного состава травителя, его концентрации и температуры, а также времени травления. Фтористоводородная кислота должна быть высококонцентрированная, при долгом и частом использовании травителя необходимо проводить его замену, температура должна быть комнатной, так как может измениться скорость травления (при повышенной температуре скорость увеличивается, при пониженной – уменьшается), а время проведения процесса не должно отклоняться от положенных 3 минут \pm 10 секунд.

- Цвета побежалости на пластине - это вид дефекта, при котором на пластине можно наблюдать различные цвета радуги. Данный вид дефекта

возникает в результате дефектного формирования SiO_2 , следовательно, необходимо правильно и тщательно подбирать режимы и реагенты при формировании слоя оксида кремния.

- Остатки или островки SiO_2 . Данный вид дефекта может появляться из-за нарушения состава травителя, при этом нельзя исключать нарушение структуры SiO_2 . В данном случае необходимо учесть вышесказанные способы устранения описанных дефектов.

- Растрав – вид дефекта, при котором травится не только слой оксида кремния, но и нижележащий технологический слой. Данный вид дефекта возникает из-за несоблюдения времени травления (3 минуты \pm 10 секунд), нарушения состава травителя, его температуры (комнатная температура) и равномерности слоя SiO_2 . Для предотвращения данного вида дефекта необходимо соблюдать режимы формирования слоя оксида кремния, контролировать концентрацию, температуру и время травления слоя SiO_2 .

При отработке технологического процесса и изучении технологической документации были выявлены основные виды дефектов, их причины и способы предупреждения при жидкостном травлении оксида кремния, которые приведены в таблице 2.

Данные виды брака являются основными на операции жидкостного травления оксида кремния.

Пример брака неполное удаление диоксида кремния представлен на рисунке 2.

Таблица 2 – Анализ дефектов

Вид дефекта	Причина	Способ предупреждения
Неполное удаление слоя SiO_2	Нарушение состава травителя	Проверить состав травителя, температуру и время травления
Цвета побежалости на пластине	Неравномерная толщина слоя SiO_2	Дефекты формирования слоя
Остатки, островки SiO_2	Нарушение состава травителя, неравномерный слой SiO_2 , нарушение структуры SiO_2	Обеспечить равномерность слоя SiO_2 , исключить структурные дефекты
Растрав	Нарушение состава травителя, режимов травления, неравномерный слой SiO_2 ,	Проверить состав травителя, температуру и время травления, обеспечить равномерность слоя SiO_2 ,

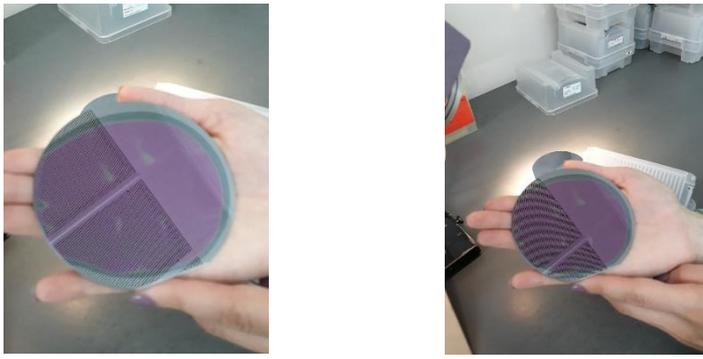


Рисунок 2 – Пример брака

Кроме несоблюдения основных параметров технологического процесса брак может возникать и по другим причинам. Наиболее частой причиной является человеческий фактор, который невозможно устранить на данный момент времени. Современное технологическое оборудование развивается по нескольким направлениям, среди которых одним из главных является автоматизация технологического процесса.

Автоматизация предполагает высокую надежность оборудования, оснастки, инструмента, а также энергетического обеспечения.

Полупроводниковая технология быстро развивается, разрабатывается и внедряется новое оборудование, а действующее довольно быстро устаревает и исключается из производственного цикла.

Однако, из-за невозможности полной автоматизации технологического процесса, случайных погрешностей (брака) нельзя избежать.

На основе отработки технологического процесса жидкостного травления оксида кремния, изучения и анализа технологической документации можно предложить следующие пути устранения основных видов дефектов:

- усилить контроль факторов, которые влияют на производительность и качество операции, а именно: нарушение трудовой дисциплины, электронно-вакуумная гигиены, сбойные ситуации (отключение вытяжки, электроэнергии), неисправность оборудования, влажность, температура воздуха, давление и другие;

- усилить контроль за соблюдением температурного режима, режимов промывки, состава и концентрации травителей и другое.

Следует отметить, что для улучшения результата, также необходимо тщательнее контролировать параметры процесса:

- температуру реагентов;
- скорость травления;
- объём ванн;
- объём реагентов;
- удельное сопротивление в деионизованной воде;
- время травления;
- количество обрабатываемых пластин.

Заключение. В данной работе рассмотрены основные дефекты жидкостного травления оксида кремния. К основным дефектам относятся:

неполное удаление оксида кремния, островки оксида кремния, растрав технологического слоя, а также цвета побежалости на пластине. Выявлены причины их возникновения: нарушение состава травителя, неравномерность толщины оксида кремния, нарушение структуры SiO₂, а также человеческий фактор.

Результатом устранения данных дефектов можно назвать усиленный контроль за параметрами технологической операции жидкостного травления оксида кремния и факторами, которые влияют на её качество.

ЛИТЕРАТУРА

1 Базовые технологические процессы изготовления полупроводниковых приборов и интегральных микросхем на кремнии. В 3 т.Т.2 / О. Ю. Наливайко [и др]. – Минск : Интеграл-полиграф, 2013. - 736 с.

2 Ануфриев, Л. П. Технология изделий интегральной электроники / Л. П. Ануфриев, С. В. Бордисов, А. П. Достанко. – Минск : Амалфея, 2010. - 535 с.

3 Готра, З. Ю. Технология микроэлектронных устройств / З. Ю. Готра. – М. : Радио и связь, 1991. - 528 с.

4 Камлюк, В. С. Технологическое оборудование для микроэлектроники / В. С. Камлюк, Д. В. Камлюк. – Минск : РИПО, 2014. - 391 с.

5 Малышева, И. А. Технология производства интегральных микросхем: / И. А. Малышева. - М. : Радио и связь, 1994. - 344 с.

6 Парфенов, О. Д. Технология микросхем / О. Д. Парфенов. – М. : Высшая школа, 1997. - 266 с.

УДК 621.382.049.77-027.3:763

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ СЛОЯ ФОТОРЕЗИСТА ДЛЯ СБИС НА УСТАНОВКЕ DNS-80

*Учащийся группы 36В4б Боровский А.С.,
преподаватель Лаврова Л.К.*

Филиал БНТУ «Минский государственный политехнический колледж»

Введение. В современной технологии изготовления микроэлектронных изделий немаловажную роль занимает фотолитография. Именно она чаще всего определяет возможность получения того или иного полупроводникового приборов и интегральных микросхем. Так же на долю фотолитографии приходится более половины производственных затрат.

Успешное развитие фотолитографии определяется темпом и прогрессией микроэлектронных технологий. Она во многом зависит от совершенства оборудования, а также от качества используемых материалов. Современная фотолитография идет по пути уменьшения размеров элементов, а также получения субмикронных размеров элементов. На это может влиять множество