

7. Прижим планки 15 к стойке 2 осуществляется гайкой-барашком 16. Возвратно-поступательное движение верхнему инструменту сообщается от двигателя 8, с помощью кривошипно-ползунного механизма 9,10.

Кратковременное смещение планшайбы осуществляется с помощью эксцентрика 18 и вилки 21. Для снижения сил трения на пальце 19 установлен подшипник 20. В крайних положениях верхнего инструмента упоры 23,24 входят в контакт с микропереключателями 22,25.

При вращении электродвигателя 8 верхний инструмент совершает возвратно-поступательное движение вдоль планки 15. В крайнем левом положении инструмента упор 23 нажимает на кнопку микропереключателя 22 и сигнал поступает на блок управления 9 (на схеме не показан) с шаговым двигателем 17, который поворачивается на заданный угол и вызывает перемещение каретки 4, а следовательно и нижней планшайбы на требуемую величину. При перемещении верхнего инструмента в крайнее положение под воздействием упора 24 срабатывает микропереключатель 25 и блок управления дает команду шаговому двигателю на смещение нижней планшайбы в прежнее положение. В результате, за время одного оборота кривошипа 9, траекторией движения каждого шарика будет фигура, близкая по форме к прямоугольнику. Резкое изменения направления движения шарика

вызывает смещение положения его мгновенной оси вращения.

Наибольшее удаление от своего первоначального положения мгновенная ось вращения шарика получит, если величина смещения планшайбы в поперечном направлении составит  $1/4\pi d$ ,  $3/4\pi d$ ,  $1\frac{1}{4}\pi d$ ,  $1\frac{3}{4}\pi d$ ..., где  $d$ - диаметр шарика. Угол поворота шагового двигателя задается блоком управления исходя из этих величин. Быстрые смещения оси вращения шарика обеспечивают высокую точность сферической поверхности.

1. Справочник технолога-оптика / М.А. Окатов, Э.А. Антонов, А. Байгожин. – СПб.: Политехника, 2004. - 679 с.
2. Семибратов, М.Н. Технология оптических деталей: учебник / М.Н. Семибратов, В.Г. Зубаков, С.К. Штандель. – М.: Машиностроение, 1985. - 368 с.
3. Способ шлифования шариков: пат. 1510250 РФ, 6 В24В 11/02 / Л.Н. Васин, И.А. Коробченко; заявитель научно –исследовательский институт оптического приборостроения для народного хозяйства и любительской кинофотоаппаратуры ВНИЦ «ГОИ им.С.И. Вавилова» - №4242987/08; заявл. 13.05.87; опубл. 10.12.95/ 1995.
4. Бонд, В.Л. Технология кристаллов / В.Л. Бонд. – 1-е изд. –США: 1976.- 303 с.

УДК 621.923.7

### ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПОЛИАБРАЗИВНОЙ СУСПЕНЗИИ НА ОСНОВЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ ( $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ ) ДЛЯ ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ КРЕМНИЕВЫХ ПЛАСТИН

Якубовская С.В.<sup>1</sup>, Корбит А.А.<sup>1</sup>, Денисман В.Г.<sup>2</sup>, Сечко Т.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Филиал «Камертон» ОАО «ИНТЕГРАЛ»  
Пинск, Республика Беларусь

В настоящее время единственным способом финишной обработки поверхности пластин монокристаллического кремния при производстве СБИС является двухстадийное химико-механическое полирование (ХМП) водной суспензией ультрадисперсного диоксида кремния. Однако наряду с высокими эксплуатационными показателями суспензии имеют ряд недостатков: они недостаточно стабильны, склонны к коагуляции. Отклонение этих характеристик от оптимума приводит к изменению скорости съема, появлению дополнительных дефектов и нарушенного приповерхностного слоя, что недопустимо при производстве СБИС.

Наиболее перспективными направлениями для повышения эксплуатационных свойств полирующих суспензий на основе ультрадисперсного диоксида кремния следует считать модифи-

цирование их состава путем дополнительного введения ультрадисперсных оксидов и введение поверхностно-активных веществ (ПАВ), позволяющих изменить свойства поверхности ультрадисперсных порошков и повысить агрегативную устойчивость, абразивную и полирующую способность суспензий.

Целью настоящей работы являлось исследование агрегативной устойчивости, реологических и эксплуатационных свойств полиабразивных суспензий  $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$  различного состава и разработка новой полирующей композиции для ХМП кремниевых пластин.

Агрегативную устойчивость водных суспензий в присутствии ПАВ оценивали исходя из седиментационной стабильности суспензий, характеризующейся высотой столба жидкой фазы в мм над седиментационным осадком, формирую-

щимся при расслоении суспензий в зависимости от времени выдерживания.

В качестве стабилизирующих ПАВ использовали неионогенные, в том числе высокомолекулярные, катионные, анионные ПАВ, а также амфолитные из класса аминокислот.

Исследования влияния состава суспензий на процесс ХМП кремниевых пластин Ø 100 мм (1-я стадия) проводили на Филиале "Камертон" ОАО "ИНТЕГРАЛ".

Испытания полирующих суспензий проводили в соответствии с действующей ОКУ 076224891000.60200.00024 "Полировальная" на станках "Ладья" Ю 1М3.105.016 при следующих технологических параметрах: материал полировальника – политан вид 2; угловая

LOPON PO и M-PYROL за счет образования прочных адсорбционных слоев ПАВ, препятствующих агрегации дисперсных частиц.

Результаты испытаний полиабразивных суспензий SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> на операции ХМП (1-я стадия) кремниевых пластин (Ø 100 мм) представлены в таблице 1.

Согласно полученным данным, на среднюю скорость процесса полирования и качество поверхности кремниевых пластин оказывают влияние такие факторы, как марка аэросила, концентрация дисперсных компонентов, природа ПАВ, а также концентрация этилендиамина (ЭДА) в суспензии.

При концентрации ЭДА 2,0 мас. % (таблица 1, составы 2, 5) и более, наблюдается наличие отдельных пластин с матовостью поверхности. Это можно объяснить повышением химической активности суспензии, в результате которой возможно появление матовых участков на поверхности пластин. В связи с этим, при последующем определении состава полиабразивной суспензии в качестве оптимальной была выбрана концентрация ЭДА 1,5 мас. %, позволяющая достигать требуемого значения скорости вращения полировальника – 60 об/мин; скорость подачи суспензии – 25-35 мл/мин; количество одновременно полируемых пластин – 64 штуки; марка кремниевых пластин – 100 КДБ 10 (111); толщина кремниевых пластин (Ø100) – 470-475 мкм.

В процессе испытаний определяли скорость съема и, далее, среднюю скорость съема, а также соответствие качества обработанных пластин требованиям ТУ РБ 200181967026-2002 "Пластины монокристаллического кремния диаметром 76, 100, 150 (СП10) путем определения геометрических параметров полированных пластин, качества обработанной поверхности.

Полученный нами экспериментальный материал по исследованию влияния состава полиабразивных суспензий SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>, в том числе марки аэросила, концентрации дисперсных компонен-

тов, природы ПАВ и органических аминов на их агрегативную устойчивость и реологические свойства (вязкость) позволил определить составы суспензий (1-8), характеризующиеся однородной консистенцией и высокой агрегативной стабильностью (например, рисунок 1).

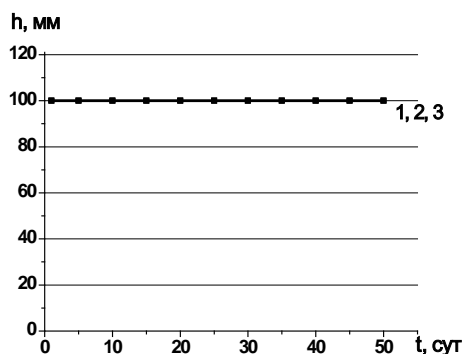
Таблица 1 – Результаты испытаний суспензий SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> на операции химико-механического полирования (1-я стадия) кремниевых пластин (Ø 100)

Состав суспензии	Средняя скорость съема, мкм/мин	Качество полированных кремниевых пластин (Ø 100)
		качество полированной поверхности
1	0,50	соотв. требованиям
2	0,59	соотв. требованиям (на отдельных пластинах присутствует матовость; имеются микроцарапины в допустимых пределах)
3	0,56	соотв. требованиям (на отдельных пластинах имеются микроцарапины в допустимых пределах)
4	0,55	соотв. требованиям (на отдельных пластинах имеются микроцарапины в допустимых пределах)
5	0,50	соотв. требованиям (на отдельных пластинах присутствует матовость; имеются микроцарапины в допустимых пределах)
6	0,65	соотв. требованиям
7	0,58	соотв. требованиям
8	0,54	соотв. требованиям

Наибольший эффект достигается в случае использования таких диспергирующих, стабилизирующих ПАВ, как Dispers 715 W, ДДБС, рН 11,6-11,7 без проявления эффекта локальных растратов поверхности пластин, что подтверждается отсутствием появления матовости на поверхности полированных пластин составами 1, 3, 4, 6-8 (таблица 1).

Согласно полученным экспериментальным данным, наибольшая средняя скорость съема наблюдается при использовании суспензий, содержащих аэросил А 150 (таблица 1, составы 2, 6). Так, состав 6 характеризуется достижением наибольшей из всех исследованных составов скоростью съема, составляющей 0,65 мкм/мин, что превышает скорость полирования применяе-

мой в настоящее время суспензии диоксида кремния (Nalco 2358). При этом отмечается хорошее качество поверхности полированных пластин: микроцарапины и царапины на поверхности пластин отсутствуют.



1—концентрация SiO<sub>2</sub> (аэросил А 175) 5,0 мас. %, TiO<sub>2</sub> 1 мас. %; 2—концентрация SiO<sub>2</sub> (аэросил А 90) 4,0 мас. %, TiO<sub>2</sub> 1 мас. %; 3— концентрация SiO<sub>2</sub> (аэросил А 150) 5,0 мас. %, TiO<sub>2</sub> 5 мас. %;

Рисунок 1 – Влияние ПАВ Dispers 715 W (0,2 мас. %) (1), LOPON PO (0,4 мас. %) (2), и M-PYROL (0,3 мас. %) (3) на седиментационную устойчивость суспензии SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>

Скорость съема, достигаемая при использовании состава 4, содержащего аэросил А 175 и аналогичный составу 6 диспергатор, составляет только 0,55 мкм/мин. На поверхности полированных пластин отмечается наличие микроцарапин, а также отдельных царапин, общая длина которых однако не превышает установленных требования. После травления на пластинах отмечается наличие нарушенного

УДК 621. 382

## ЭЛЕКТРОПОЛЕВЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ГЛУБОКИХ ЦЕНТРОВ В КРЕМНИИ

Сопряков В.И., Комлева И.А.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Наличие примесей и дефектов, образующих в запрещенной зоне полупроводника глубокие энергетические уровни, может приводить ко многим полезным эффектам в материалах и приборах. К ним относятся повышение быстродействия приборов, управление удельным сопротивлением, фотопроводимость, влияние на спектр излучения светодиодов, расширение динамического диапазона мощности излучения у фотоэлектрических полупроводниковых преобразователей с многозарядными примесями.

Значительный прогресс в изучении глубоких центров (ГЦ) внесла релаксационная спектроскопия, использующая емкость р-п-перехода или

слоя: присутствуют риски, микроцарапины (следует отметить, что согласно ТУ (СП 10) нарушенный слой не контролируется). Можно полагать, что появление царапин на поверхности пластин, вероятно, обусловлено более высокой концентрацией диоксида титана в рассматриваемой суспензии по сравнению с другими составами, что позволяет считать концентрацию TiO<sub>2</sub> 0,5 мас. % наиболее приемлемой для изготовления полиабразивных суспензий.

Сопоставление средней скорости процесса полирования суспензиями, содержащими различные ПАВ указывает, что наиболее эффективным диспергирующим и стабилизирующим ПАВ, обеспечивающим наиболее высокую скорость съема является Dispers 715 W и далее LOPON PO. Следует отметить, при использовании суспензии состава 7 нарушенный слой на поверхности пластин после травления отсутствует. Усиление действия адсорбционных процессов в случае использования указанных выше ПАВ ускоряет механические процессы, приводящие к разрушению поверхностных слоев кремниевых пластин, сказываясь на структуре поверхности кристалла и повышая производительность обработки, что и наблюдается в действительности.

Таким образом, наиболее высокие значения производительности процесса полирования (средней скорости съема), хорошее качество поверхности полированных кремниевых пластин и хорошие геометрические параметры обеспечивает полиабразивная суспензия

SiO<sub>2</sub> (аэросил А 150)-TiO<sub>2</sub>, содержащая в качестве диспергирующего, стабилизирующего ПАВ Dispers 715 W (таблица 1, состав б).

другой структуры с потенциальным барьером в качестве дозиметра концентрации ГЦ.

Следует учитывать, однако, что энергия активации ГЦ и сечение захвата носителей заряда, определяемые этим методом, зависят от распределения напряженности электрического поля по координате в области пространственного заряда р-п-перехода, что приводит к сложной мультиэкспоненциальной кривой релаксации емкости. Последнее обстоятельство затрудняет интерпретацию экспериментальных данных, однако оно позволяет изучать электрополевые зависимости параметров ГЦ, используя обратное смещение р-п-перехода. Воздействие электрического поля, таким образом, может быть использовано для