

## **FEATURES MECHANICAL AND CHEMICAL TREATMENT OF SEMICONDUCTOR SILICON PLATES**

**Muminov Ramizullo Abdullaevich,  
Saymbetov Akhmet Kuvanchbekovich,  
Toshmurodov Yorkin Kakhramonovich,  
Ergashev Giyos Zhuraevich,  
Yavkochliev Makhmudjon Otamurodovich**

**1Physical-Technical Institute NPO "Physics-Sun" of the Academy of Sciences of the Republic of  
Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan.**

**2Kazakh National University named after Al-Farabi, Almata, Kazakhstan.**

**3Karshi branch of the Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers,  
Karshi, Uzbekistan.**

***E-mail:yorqin@mail.ru***

***Аннотация.** В этой работе рассмотрены особенности технологической, механической и химической обработки (резка, шлифовка, химическая обработка, полировка, подготовка кристаллов для диффузии лития) для получения полупроводниковых детекторов.*

***Ключевые слова:** полупроводниковый детектор, монокристаллический кремний, диффузия, резка, шлифовка, химическая обработка, полировка.*

### **1. Введение**

За последнее десятилетие развитие получили полупроводниковые детекторы (ППД) больших диаметров для медицинских диагностических систем [1]. Такие детекторы необходимы для реализации нового поколения рентгеновских аппаратов с малыми дозами рентгеновского облучения [1-4]. ППД широко используется кремний.

К техническим проблемам следует отнести механические и химические обработки кремниевых пластин. Для формирования требуемых р-п или р-і-п структур на пластинах с обеспечением высокойплоскопараллельности их поверхностей необходимы решения ряда технических задач по механическим и химическим обработкам. В частности, рассмотрены вопросы использования химического травления для приготовления чистых поверхностей, выявления р-п-переходов, для удаления контролируемого материала путем растворения и для проведения процессов химической полировки поверхности детекторного кремния.

При разрезке и шлифовке в пластину вводятся, как правило, различные дефекты. После любого из процессов резки или шлифовки поверхность пластинки находится а напряженном состоянии, что подтверждается изгибом ее после шлифовки одной стороны или при измерении двойного лучепреломления. По-видимому, минимальная глубина повреждений сопоставима с диаметром шлифующих частиц, но может распространяться и на глубину в несколько десятых долей миллиметрах. Характер повреждений изменяется от дислокационного соприкосновения при легкой шлифовке до сочетания дислокаций с трещинами при грубой шлифовке [3-4].

### **2. Методика исследования**

Методы резки кремниевых пластин: Требования к высокой точности и улучшению качества обработки поверхности кремния [5-6]. На сегодняшний день существует два метода разделения полупроводниковых кристаллических пластин: механический и лазерный.

Лазерная обработка кремния была исследована в ряде лазерных систем с различными длинами волн, шириной импульса и уровнями мощности. Тем не менее, ни в одной из выше указанных работ не упоминалось о резке приборных пластин толщиной свыше 200 мкм, скоростью подачи 4 мм при вращении шпинделя в 40000 оборотов в минуту.

Предварительная заготовка пластин: ППД представленный в данной работе изготовлен из промышленного кремния  $p$ -типа с удельным сопротивлением  $\rho = 3-8$  кОм,

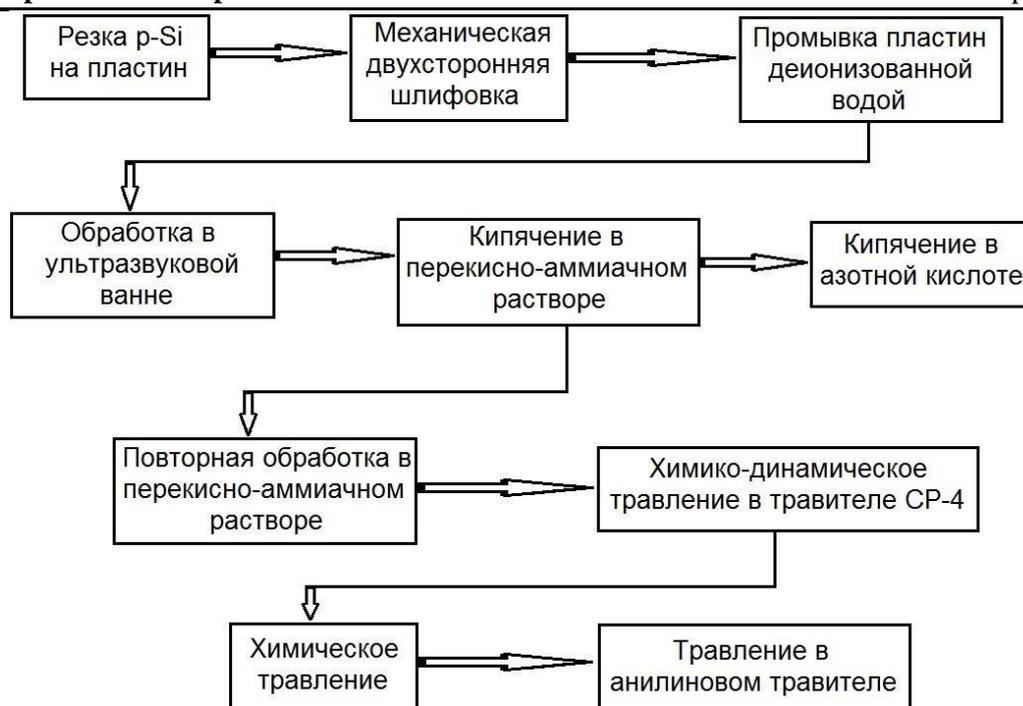
временем жизни носителей заряда  $\tau \geq 300$  мкс и концентрацией кислорода  $N_O \sim 10^{16} \text{ с}^{-2}$

виде пластины диаметром  $\sim 100 \div 120$  мм и толщиной 4 мм.

Для получения хороших результатов шлифовки необходимо выполнять следующие требования: работы нужно проводить в чистых, свободных от пыли помещениях и под защитными кожухами с избыточным давлением воздуха; все установки для проведения процессов механической шлифовки должны быть разделены по виду обработки пластин кремния и типу используемого абразива; все материалы должны быть тщательно рассортированы и храниться в отдельных герметичных скафандрах.

### 3. Полученные результаты

Шлифовка пластины кремния: Под процессом шлифовки понимают обработку полупроводниковых пластин на твердых шлифовальных дисках абразивными микропорошками. По технико-технологическим признакам механическую шлифовку подразделяют на предварительную обработку (с более крупным порошком М-14) и окончательную (с более мелким порошком М-5). Предварительная шлифовка проводится для того, чтобы быстро выровнять плоскости пластин и удалить припуск [7]. Окончательную механическую шлифовку проводят для дальнейшего улучшения геометрических параметров пластин и качества поверхности обрабатываемых пластин кремния. Уменьшение толщины пластин также производится шлифовкой. Для улучшения качества поверхности полупроводниковых пластин кремния и уменьшения глубины механически нарушенного слоя кремния проводят процесс механической полировки. Процесс механические полировки проводят при помощи полировальных дисков, обтянутых мягким материалом. В качестве абразива используют микропорошки карбид бора В4С и карбид кремния SiC. При этом с каждой стороны удаляется слой толщиной не менее 50 мкм. Показано на рисунке 1. оптимальная маршрутная карта процесса механической и химической обработки полупроводниковых пластин для изготовления детекторов ядерного излучения с размерами 100-110 мм и толщиной 1,5 мм [8].



**Рис. 1. Технологическая маршрутная карта процесса механической и химической обработки полупроводниковых пластин**

В целом механическая обработка кремниевых пластин больших размеров (100-110 мм) и толщин- 4 мм должны обеспечиваться с точностью плоскопараллельности более 1- 1,5 %.

После шлифовки кремниевые пластины промывались в мыльном растворе и в проточной дистиллированной воде в течение 8÷10 минут. Затем кремниевые пластины промывались в ультразвуковой ванне.

Для очистки поверхности пластин для проведения данной процедуры наряду с существующими методами очистки поверхности нами были использованы также новые оптимизированные и усовершенствованные методы в частности:

а) кипятить 15 минут в растворе перекиси аммиака. При обработке в этой слабощелочной среде полярные органические соединения, такие как минеральные масла, керосин и другие, эффективно удаляются. Дипольный момент молекул таких веществ мал, поэтому они обладают высокой удельной поверхностной энергией и определяют термодинамическую нестабильность поверхности;

б) кипятят в концентрированной азотной кислоте в течение 7 минут и промывают в воде;

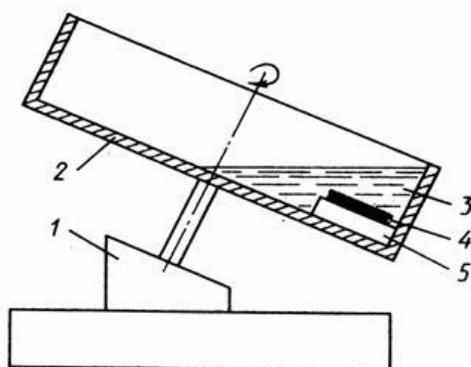
в) повторная обработка в перекисно-аммиачном растворе в течение 15 минут и промывание в деионизированной воде.

Процесс химической обработки полупроводниковых пластин состоит в растворении их поверхностного слоя под действием кислотных или щелочных травителей. Данный химической обработки являются гетерогенным, так как взаимодействие полупроводникового материала кремния с травителем осуществляется на границе раздела двух различных сред: твердой и жидкой. Другая особенность химико-технологического взаимодействия подложки с травителем состоит в том, что процесс химическая травления

подложки кремния не является равновесным – объем удаляемого полупроводникового материала кремния меньше, чем травителя. Избыток травителя и фиксация его температуры позволяют производить процесс химической обработки с постоянной скоростью, и таким образом, точно рассчитать толщину удаляемого слоя равномерно по всей поверхностной площади полупроводникового материала [9-10].

Однако следует учитывать тот факт, что скорость травления слоя кремния, нарушенного при механической обработке пластин, и исходного ненарушенного материала неодинакова. Скорость травления механически нарушенного слоя значительно выше. Это объясняется наличием в механически обработанном слое большого количества структурных нарушений, которые увеличивают эффективную площадь взаимодействия полупроводникового материала кремния с химическим травителем, что приводит к возрастанию скорости травления.

Травленные кремниевые пластины полируют с помощью химических кислот: плавиковой HF, азотной HNO<sub>3</sub>, уксусной CO кислотой, обработка в органических растворителях 1:3:1. и подготовка фторопластных ванн для травления в кислотах. Корректировка температуры ванн и растворителей. Если температура растворителей и ванны, ниже травления идет медленно, тогда можно управлять уровнем травления. Травления с электродвигателями приборов проводились в течение 15÷20 минут (рис. 2). Регулирование процессов травления по заданным режимам [11].



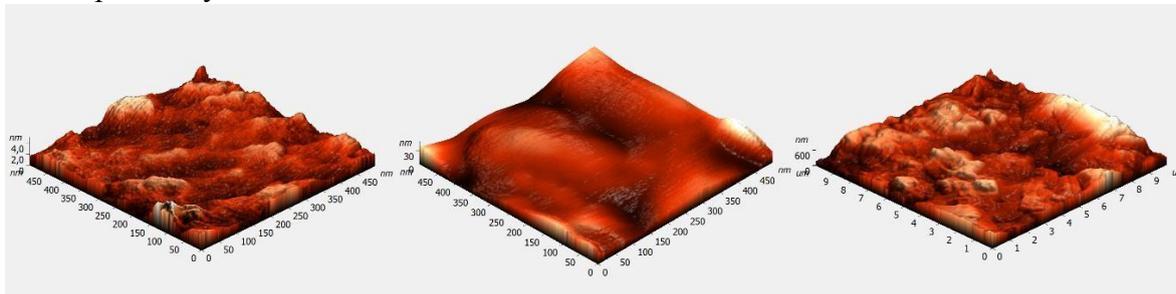
**Рис. 2. Схема установки химического травления пластины кремния.**

- 1. держатель; 2. фторопластная ванна; 3. растворитель; 4. пластина кремния;  
5. фторопластный диск для защиты обратной стороны пластины кремния.**

Для сохранения и обеспечения оптимальной плоскопараллельности пластин при химической обработке требуется обеспечение в этих процессах равномерной скорости химических травления одновременно всей поверхности их большой площади пластин. Для обеспечения таких условий, нами были разработаны оптимальные составы химреактивов, а также был разработан динамический процесс химического травления. Сущность этого процесса заключается в том, что пластины кристаллов кремния находились под определенным углом (60÷65) и вращались также с особо выбранной скоростью. Эти режимы процессов химической обработки подбирались в соответствии, в основном, относительно диаметров исходных пластин кристаллов кремния.

На рис. 3. представлено изображение которое снималось атомно-силовым микроскопом AFM “SilverNext”. Пластина кремния во время технологического процесса. На рисунке 3. (а) видно, что после резки поверхности пластины кремнием, образованы неровности 500 нм, на рисунке 3. (б) также образованы неровности 200 нм и на рисунке 3.

(с) также образованы неровности 120 нм. Показано, что после технологического процесса на поверхности кремния увеличивается гладкость.



**Рис. 3. Представлена пластина кремния во время технологического процесса: а) после резки пластины кремния; б) после механической обработки пластины кремния; с) после химической обработки пластины кремния.**

#### 4. Заключение

Таким образом, разработана оптимальная маршрутная карта процесса механической и химической обработки полупроводниковых пластин для изготовления детекторов ядерного излучения с размерами 100-110 мм и толщиной 1,5 мм. Усовершенствованы технологические процессы механической и химической обработки полупроводниковых пластин на основе кремния большой размеров.

#### Литература

1. С.А. Азимов, Р.А. Муминов, С.Х. Шамирзаев, А.Я. Яфасов *Кремний - литиевые детекторы ядерного излучения* –Ташкент: Фан. 1981. стр.- 257с.
2. Р.А. Муминов, С.А. Раджапов, Ё.К. Тошмуродов, Б.С. Раджапов *Особенности технологии формирования Si(Li) p-i-n –детекторов ядерного излучения больших размеров Computationalnanotechnology* – 2016. № 1. Стр. 62-66.
3. Ю.К. Акимов, О.В. Игнатъев, А.И. Калинин, В.Ф. Кушнирук *Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике.* - М.: Энергоатомиздат, 1989. -271 с.
4. Ю.К. Акимов *Кремниевые детекторы излучения ПТЭ.* –Москва, 2007. - №1. - С. 5-34.
5. А.К. Саймбетов, Ё.К. Тошмуродов *Особенности процессов диффузии и дрейфа ионов лития в монокристаллическом кремнии с различным содержанием кислорода Новые технология* – 2012. № 1 (35). Стр. 31-34.
6. В.И. Иванов *Методы резки кремниевых приборных пластин на чипы в производстве органических микродисплеев* Интернет-журнал «Науковедение»-2014. Вып. 4(23). С. 1-21.
7. А.С. Абызов, В.М. Ажажа, Л.Н. Давыдов, Г.П. Ковтун, В.Е. Кутний *Рыбка Выбор полупроводникового материала для детекторов гамма-излучения* Журнал Материалы для микроэлектроники. 2004. № 3. С. 3-6.
8. Yo.K. Toshmurodov *Position-Sensitive Detectors of Nuclear Radiation and a Study of their Current–Voltage Characteristic Instruments And Experimental Techniques* - New York 2017 Vol. 60, No. 4, P. 605–607.
9. И.А. Случинская *Основы материаловедение и технологии полупроводников* Москва-2002. С. 283-319.
10. В. П. Михеев, А. В. Просандеев *Датчики и детекторы* Ученое пособие Москва- 2007 г. С. 141-151.

11. А.К. Саймбетов *Особенности влияния границы раздела и протяженности области объемного заряда на электрофизические характеристики детекторных структур* Автореф. Дис. кан. к.ф.-м.н. - Ташкент: 2010. С. 4-18.