

УДК

# Маскирующие свойства фоторезистов ФП-25 и AZ4562 при плазмохимическом травлении

О.А. Воронкова, О. Е. Посыпкин, Н.Б. Гудкова

АО «НПП «Исток» им. Шокина»

**Аннотация:** представлены данные о технологии формирования и маскирующих свойствах пленок различных фоторезистов. Рассмотрены способы травления пленок. Проанализированы результаты плазмохимического травления пленок.

**Ключевые слова:** плазмохимическое травление, фоторезист, технология, кремний, микроэлектроника

## 1. Введение

Формирование элементов с рельефной структурой обусловлено перспективой их применения в различных областях микроэлектроники.

Расширение применения элементов с глубоким рельефом в различных областях микроэлектроники приводит к необходимости разработки технологических процессов их изготовления.

Одним из основных технологических процессов, который определяет параметры приборных структур, является травление полупроводника. Так как жидкостное травление кремниевых пластин с маской фоторезиста затруднено, то для формирования структур используют методы плазменного травления, которые обеспечивают необходимую скорость травления

Плазменное травление должно исключить внесение дополнительных примесей в подложку полупроводника и не вызывает появление дефектов обрабатываемой поверхности. Требуется сформировать маску, которая должна обладать химической стойкостью к агрессивной газовой среде плазмы, иметь хорошую адгезию к подложке, и легко удаляться после травления. Представляет интерес исследование свойств фоторезистов для использования в качестве маски при плазмохимическом травлении.

Фоторезисты, которые используются в качестве маскирующих слоев полупроводниковых структур при плазмохимическом травлении повреждаются, или задубливаются, что затрудняет их удаление после травления [3].

В данной статье анализируются свойства фоторезистов ФП-25 и AZ4562, которые используются в качестве маскирующего покрытия при плазмохимическом покрытии.

## 2. Методика эксперимента

В качестве образцов использовали пластины кремния с нанесенным слоем фоторезиста. Условия формирования пленки фоторезиста приведены в таблице 1. Измерение толщины проводилось с помощью микроскопа интерферометра МИИ-4. При измерении толщины фоторезиста под микроскопом МИИ-4 наблюдается две системы полос.

Толщина пленки фоторезиста определяется по формуле

$$D = 0,27 \cdot \frac{N_1 - N_3}{2n(N_1 - N_2)} \quad (1)$$

Где D - толщина пленки в фоторезиста, мкм

$N_1 - N_2$  - величина интервала между полосами, выраженная в делениях;

0,27 - коэффициент при работе с белым светом, мкм;

$N_1 - N_3$  - расстояние между системами полос, выраженное в делениях  
 $n=1.52$  - показатель преломления фоторезиста.

По пластине производилось не менее 5 измерений и рассчитывалось среднее значение толщины.

**Таблица 1.** Технология формирования пленок различных фоторезистов

Фоторезист	AZ4562	ФП 25
Предварительная сушка, мин	100°C 1 мин	90°C 40 мин
Время экспонирования, мин	2	2
Состав проявителя	УПФ-1Б	0,25 УПФ-1Б
Последующий отжиг, мин	115°C 60 мин	100°C 45 мин 160°C 45 мин
Толщина слоя, мкм	2-4	2-4

В работе [2] приведены режимы травления фоторезиста S1813 для разных режимов травления.

Пластины кремния подвергались реактивно-ионному травлению на установке НИИ ТМ МВУ ТМ Плазма 03. В качестве рабочего газа использовался SF<sub>6</sub>+Ar. Мощность генератора составила 300 Вт; давление 45мТорр; расход SF<sub>6</sub> 40см<sup>3</sup>/мин; расход аргона 50см<sup>3</sup>/мин. Стойкость фоторезиста оценивали по изменению толщины слоя с дополнительным контролем дефектов под микроскопом. Режим плазмохимического травления в данной работе приведен в таблице 2. Для сравнения в той же таблице приведен режим травления фоторезиста S1813 и кремния в [2].

**Таблица 2.** Скорость травления при различных режимах плазмохимического травления

скорость травления, нм/мин					
	Процесс	S1813	AZ 4562	ФП 25	Si
1	SF <sub>6</sub> , 100 Вт, 13,56 МГц, 20 мТорр	120			
2	SF <sub>6</sub> +O <sub>2</sub> , 100 Вт, 13,56 МГц, 20 мТорр	180			1500
3	CF <sub>4</sub> , 100 Вт, 13,56 МГц, 60 мТорр	42	33		
4	CF <sub>4</sub> +O <sub>2</sub> , 100 Вт, 13,56 МГц, 60 мТорр	130			95
5	O <sub>2</sub> , 400 Вт, 30 кГц, 300 мТорр	300			
6	SF <sub>6</sub> +Ar, 300 Вт, 13,56 МГц, 45 мТорр			250	3000
7	SF <sub>6</sub> +O <sub>2</sub> , 300 Вт, 13,56 МГц, 200 мТорр		100	100	2000

На рисунке 1 приведены фотографии AZ 4562 до и после плазмохимического травления в режиме 6 таблица 2.



**Рисунок 1.** Фотографии фоторезиста AZ4562 до (а) и после 12 мин. плазмохимического травления (б) в режиме, указанном в таблице 2.

По рисунку 1 видно, что при травлении в плазме возникают дефекты поверхности фоторезиста.

На рисунке 2 приведены фотографии ФП 25 до и после плазмохимического травления в режиме 7 таблица 2.



**Рисунок 2.** Фотографии фоторезиста ФП 25 до (а) и после 12 мин. плазмохимического травления(б) в режиме, указанном в таблице 1.

По рисунку 1 видно, что при травлении в плазме возникают дефекты поверхности фоторезиста.

На рисунке 2 приведены фотографии ФП 25 до и после плазмохимического травления в режиме 7 таблица 2.

**Таблица 3.** Результаты по травлению структур

скорость травления, нм/мин					
Процесс		S1813	AZ 4562	ФП 25	Si
1	SF <sub>6</sub> +Ar, 300 Вт, 13,56 МГц, 45 мТорр	РИТ	250	250	3000
2	SF <sub>6</sub> +O <sub>2</sub> , 300 Вт, 13,56 МГц, 200 мТорр	ПХТ	100	100	2000

Скорость травления фоторезистов AZ 4562 и ФП 25 практически одинаковые. Дело в том, что фоторезист состоит из органических соединений, которые взаимодействуют с газами, в которых происходит ПХТ. При реактивно-ионном травлении происходит также физическое распыление фоторезиста высокоэнергетическими ионами. [3]. Исследуемые фоторезисты, как и другие позитивные фоторезисты изготовлены на основе нафтохинондиазида. Скорость травления фоторезиста зависит от количества углерода в его составе [4]. Поскольку в составе практически всех позитивных фоторезистов количество углерода сохраняется постоянным, скорость травления фоторезистов зависит только от состава газа и режима работы установки ПХТ.

### 3. Заключение

Проведено сравнение маскирующих свойств фоторезистов AZ 4562 и ФП25, которые предохраняют поверхность кремния от длительного плазмохимического травления. Скорость травления фоторезистов при ПХТ и исходная толщина одинакова. Таким образом, возможно использование фоторезистов обоих типов. Однако, фоторезист AZ 4562 очень чувствителен к срокам использования. Учитывая длительность приобретения фоторезиста предпочтительно использовать отечественный фоторезист ФП25.

#### Список литературы

1. Rawal D. S. et al.  $\text{BCl}_3/\text{Cl}_2$ -Based Inductively Coupled Plasma Etching of GaN/AlGaIn Using Photoresist Mask //IEEE Transactions on plasma science. – 2012. – Т. 40. – №. 9. – С. 2211-2220.
2. А. Скупов, Фоторезисты для плазмохимического травления, Вектор высоких технологий №3 (48) 2020.
3. Галперин В. А., Данилкин Е. В., Мочалов А. И. Процессы плазменного травления в микро-и нанотехнологиях. – 2013.
4. Goosey M. T. (ed.). Plastics for electronics. – 2nd ed. Dordrecht : Kluwer academic publishers, 1999.