

# АВТОМАТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА УДАЛЕНИЯ ФОТОРЕЗИСТА "ПЛАЗМА 150А"

И.Гомжин, Б.Гликсон, О.Гущин,  
Д.Ефремов, Э.Лебедев, Н.Федоров

**"Плазма 150А" – первая отечественная установка плазменного удаления фоторезиста, оснащенная реактором индуктивно связанной плазмы (ICP). Установка позволяет удалять фоторезист с пластин диаметром 150 мм без радиационных повреждений обрабатываемой поверхности с неравномерностью  $\pm 3,5\%$  и производительностью 50 пластин/ч.**

При увеличении степени интеграции СБИС на первый план выходят следующие требования к установкам плазмохимического удаления фоторезиста (ПХУФ):

- отсутствие радиационных повреждений обрабатываемой поверхности;
- равномерность скорости удаления фоторезиста;
- высокая производительность.

Сегодня на рынке оборудования ПХУФ лидирующее положение занимают установки с реакторами для обработки пластин в после-свечении плазмы, активируемой СВЧ- [1] или ICP-источниками [2]. Специалистами ОАО "НИИПМ" (г.Воронеж) разработана первая отечественная установка плазменного удаления фоторезиста без радиационных повреждений обрабатываемой поверхности, оснащенная ICP-реактором высокоплотной плазмы, – "Плазма 150А" (рис.1). Установка удаляет фоторезистивные маски с кремниевых пластин при их индивидуальной обработке после любой операции формирования топологического рисунка, включая операции высокотемпературного задубливания, ГУФ-термостабилизации (с использованием глубокого УФ-излучения) и легирования различными примесями.

В установку входят:

- робот-манипулятор загрузки/выгрузки пластин;
- транспортно-технологический модуль с устройством шлюзования и механизмом перемещения пластин;

- ICP-реактор плазменного удаления фоторезиста с термостабилизированным подложкодержателем;
- ВЧ-генератор с блоком согласования и измерителем прямой и отраженной мощности;
- газовый блок с тремя газовыми каналами;
- блок вакуумной откачки реактора с автоматическим регулятором давления;
- блок откачки транспортно-технологического модуля и система управления установкой.

Система транспортировки пластин выполнена на базе разработанного специалистами НИИПМ робота-манипулятора, выгружающего пластины из кассеты загрузчика в шлюз транспортно-технологического модуля, где пластины перегружаются из шлюза в реактор и обратно в шлюз. Затем манипулятор переносит пластины из шлюза в кассету приемника, и цикл повторяется. Управляют роботом-манипулятором и механизмом перемещения пластин в транспортно-технологическом модуле шаговые двигатели.

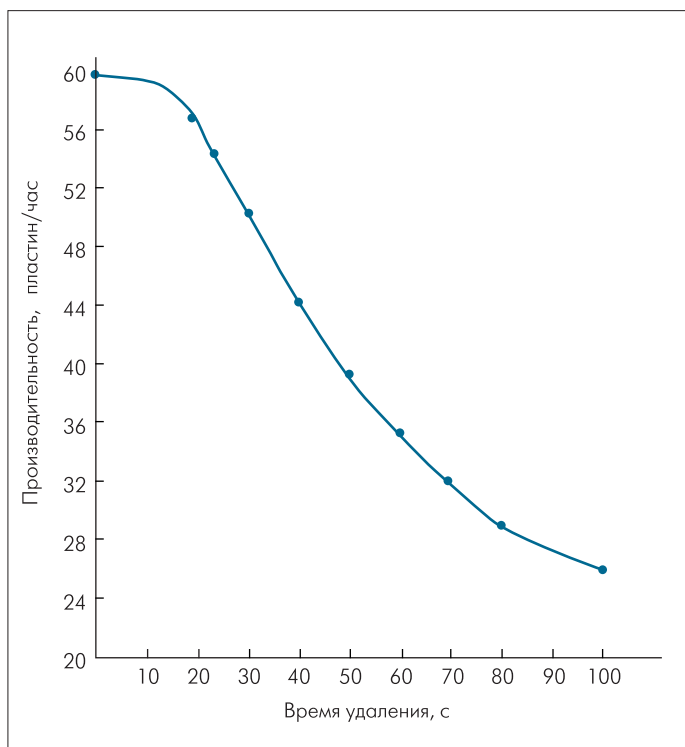
Фронтальная панель установки – в виде бокса с встроенным в него роботом-манипулятором – легко стыкуется с чистым помещением класса 10/100. При этом в чистой комнате находится только робот-манипулятор с загрузчиком и приемником пластин. Все остальные блоки и элементы установки расположены в технической зоне.

Зачастую при изготовлении многих типов приборов размещение обрабатываемых пластин непосредственно в плазме приводит к вредным побочным эффектам. Основные причины этого – бомбардировка поверхности электрически заряженными частицами и воздействие на поверхность УФ-излучения [3]. В установке "Плазма 150А" для удаления фоторезиста используются только незаряженные продукты тлеющего разряда. Высокоплотную плазму генерирует ICP-источник, при этом плазма проходит по достаточно длинному пути, благодаря чему заряженные частицы рекомбинируют до достижения пластины. Кроме того, перед поступлением в реакционную камеру активированный газ проходит через специальный экран, исключающий воздействие УФ-излучения и заряженных частиц на обрабатываемую поверхность. Пластина размещается на подложкодержателе, находящемся в потоке незаряженного атомарного кислорода. Температура подложкодержателя стабилизируется в диапазоне 60–300°C.

Реактор оснащен зондом, позволяющим контролировать потенциал плазмы в зоне обработки, и спектральным датчиком ИУП-5 для автоматического контроля окончания процесса удаления фоторезиста. Поскольку пластина в установке "Плазма 150А" находится



Рис.1. Установка плазменного удаления фоторезиста "Плазма 150А"

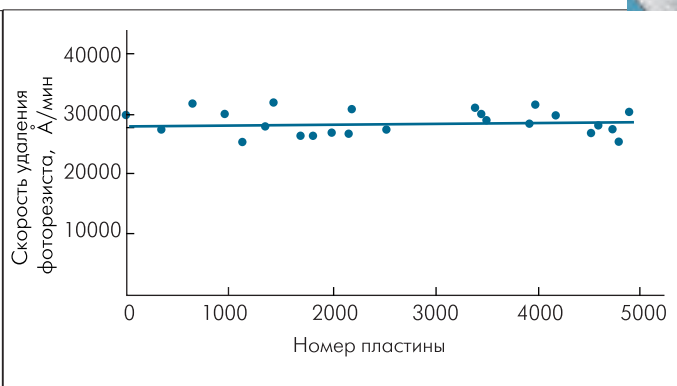


**Рис.2. Зависимость производительности установки от времени удаления фоторезиста**

в потоке долгоживущих частиц тлеющего разряда, радиационные повреждения обрабатываемой поверхности исключаются. Установлено, что минимальная толщина затворного диэлектрика при отсутствии пробоев составляет 10 нм (меньшая толщина не проверялась). Плотность подвижного заряда в оксиде кремния после удаления фоторезиста не превышала  $1,3 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ . Благодаря этому установка "Плазма 150А" отличается высокой производительностью (рис.2) и воспроизводимостью технологического цикла удаления фоторезиста (рис.3) без радиационных повреждений обрабатываемой поверхности.

Система управления установкой, обеспечивающая высокоточный контроль и стабилизацию всех технологических параметров, построена на базе IBM PC-совместимого компьютера. Программное обеспечение функционирует в операционной системе Windows 95/98/98SE. Программа предусматривает:

- вывод на экран дисплея параметров проводимого процесса;



**Рис.3. Воспроизводимость скорости удаления фоторезиста**

- возможность перепрограммирования и запоминания новых параметров процесса;
- диагностику состояния установки, ее основных блоков и систем;
- вывод сообщений о неисправностях блоков и систем;
- остановку процесса по данным датчика окончания процесса;
- запись и хранение реальной статистики по отказам установки;
- возможность проведения многостадийных процессов.

**Технические характеристики установки "Плазма 150А":**

Диаметр обрабатываемых пластин, мм	100, 150
Число одновременно обрабатываемых пластин, шт.	1
Производительность, пластин/час	50
Скорость удаления фоторезиста, мкм/мин	3,2
Неравномерность удаления фоторезиста, %	±3,5
Плотность подвижного заряда, $\text{см}^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{10}$
Минимальная толщина диэлектрика при отсутствии пробоев, нм	10
Мощность ВЧ-генератора, Вт	1200
Частота ВЧ-генератора, МГц	13,56
Температура подложкодержателя, °С	60–300
Потребляемая мощность, кВт	не более 10

**ЛИТЕРАТУРА**

1. J.F.Spencer, R.A. Borel, A. Hoff. High rate photoresist stripping in an oxygen afterglow. – J.Electrochem. Soc., 1986, v.133, №.9, p.1922–1925.
2. J.T.C. Lee. A comparison of HDP sources for polysilicon etching.– Solid State Technology, 1996, v.39, №8, p.63–69.
3. T.B. Hook. Plasma and Process Damage: Results From P2ID 2002. – Semiconductor International, Aug., 2002.