

# ТРАВЛЕНИЕ ПЛЕНОК ПАРИЛЕНОВ В СИСТЕМАХ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ С ПЛАЗМОЙ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ

Д.Евдокимов, В.Киреев, А.Мельников, Д.Челапкин info@esto-vacuum.ru,  
Е.Назаров cren-vm@yandex.ru

Полипараксилилен (ППК) – ароматический линейный полимер, пленки которого сегодня широко применяются в качестве влагозащитных покрытий различных изделий радиотехники и микроэлектроники (печатных плат, интегральных микросхем, СВЧ-устройств и др.). В последнее время растет интерес к использованию ППК в качестве межслойного диэлектрика с низкой диэлектрической проницаемостью как биосовместимого защитного материала для медицинских применений и микроэлектромеханических систем (МЭМС).

**В**опросы травления, проявления и удаления органических пленок, используемых в микроэлектронике в качестве маскирующих и защитных покрытий (слоев фото-, электроно-, ионо- и рентгенорезистов, а также различных полиимидов), в объемных и планарных системах с плазмой обычной плотности подробно рассмотрены в [1-3]. Удаление остатков фоторезистивных масок после операций травления и ионной имплантации функциональных слоев интегральных микросхем (ИМС) в системах с плазмой высокой плотности при высоких (более 50 Па) давлениях описано в [4, 5].

Однако в последнее время появились новые органические материалы, к которым относятся кремнесодержащие полимеры и планаризирующие слои для наноимпринтлитографии, антиотражающие покрытия для фотолитографии [6, 7] и защитные пленки на базе париленов [8, 9]. Для их обработки нужны высокоразрешающие (анизотропные) и высокоскоростные процессы, реализуемые в системах с плазмой высокой плотности при низких давлениях (менее 5 Па) [5].

В ООО "Эсто-Вакуум" изучались пленки N-парилена (полипараксилилена) и D-парилена

(полидихлорпараксилилена) (рис.1) толщиной от 0,8 до 7,0 мкм, нанесенные на дисковые никелевые подложки диаметром 10 мм и высотой (толщиной) 8 мм с покрытием из бериллиевой фольги. Пленки травились на установке Caroline PE 12 [10] в системе с трансформаторно-связанной плазмой (ТСП) высокой плотности (рис.2) в смеси  $O_2$  (6 л/ч)/Ar (2,5 л/ч)/ $SF_6$  (0,3 л/ч) при давлении 2,3 Па, мощности разряда на антенне 700 Вт и мощности разряда на подложкодержателе 200 Вт. Температура охлаждаемого водой подложкодержателя поддерживалась равной 20°C.

Скорость травления пленок N-парилена при коэффициенте анизотропии травления A (отношение скоростей, или глубин травления, в вертикальном и горизонтальном направлениях) более 100 составляла 110 нм/мин, пленок

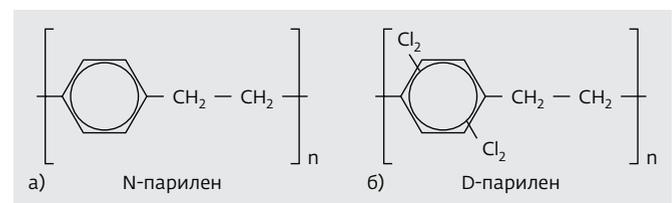


Рис.1. Структурные формулы полипараксилиленов

D-парилена – 90 нм/мин. Меньшая скорость травления пленок D-парилена по сравнению с пленками N-парилена, вероятно, обусловлена более прочными химическими связями атомов углерода с хлором, чем с водородом.

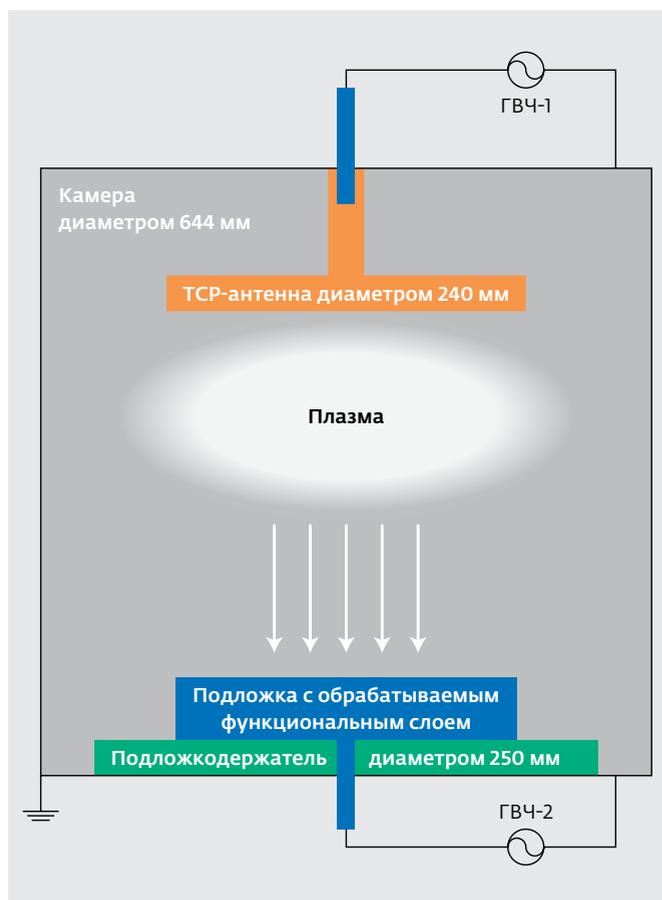
Исследования пленок С-парилена (полимонохлорпараоксилилена) [11] показали, что скорость их травления составляет 300 нм/мин, не зависит от давления в диапазоне 0,13–1,33 Па и возрастает до 480 нм/мин при мощности на подложкодержателе 500 Вт. Пленки травилась в системе ТСП высокой плотности в чистом кислороде (3,6 л/ч) при давлении 1,33 Па и мощности разряда на подложкодержателе 300 Вт (данные о мощности на плоской индукционной катушке – внешней антенне – не приводятся). Диаметр кварцевой камеры составлял 320 мм, антенны – 180 мм, подложкодержателя – 160 мм, расстояние между антенной и подложкодержателем – 200 мм.

Скорость травления пленок париленов, как и любых органических материалов, зависит от двух составляющих [2, 12]:

- спонтанной изотропной скорости  $v_{sp}$ , обусловленной самопроизвольной химической реакцией и экспоненциально зависящей от температуры подложки с пленкой  $T_s$ ;
- ионно-стимулированной вертикальной скорости  $v_{ist}$ , зависящей от плотности ионного тока на подложкодержателе  $j_i$ .

Коэффициент анизотропии  $A = v_{ist} / v_{sp}$ . Следовательно, для одновременного получения высокого разрешения (высокой анизотропии) и высокой скорости при плазменном травлении пленок парилена необходимо при постоянном низком давлении снижать температуру подложек и повышать плотность ионного тока на подложкодержателе.

Реализовать такой алгоритм можно только в системах плазменного травления с использованием магнитного поля, что и было сделано в автоматизированной шлюзовой установке плазмохимического и ионно-химического травления Caroline PE15 [10]. Эта установка фирмы "Центр радиоэлектронных технологий" и ООО "Эсто-Вакуум" рекомендована для скоростной



**Рис.2.** Система с трансформаторно-связанной плазмой (transformer coupled plasma, TCP) высокой плотности: ГВЧ-1 – генератор высокой частоты (13,56 МГц), подающий мощность на антенну; ГВЧ-2 – генератор высокой частоты (13,56 МГц), подающий мощность на подложкодержатель, расстояние между антенной и подложкодержателем – 215 мм

и анизотропной обработки париленовых пленок при внутреннем монтаже кристаллов интегральных микросхем [9].

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Точицкий Э.И., Шарендо А.И., Бокша В.В.** Методы сухой литографии в микроэлектронике. – Зарубежная электронная техника, 1989, вып.7(338), с.3–61.
2. **Киреев В.Ю., Фролов В.М.** Формирование элементов мегабитовых ДОЗУ. Ч.3. Газофазное удаление органических резистивных масок с поверхности микроструктур. – Обзоры по электронной технике. Сер.3, 1990, вып.1, с.3–48.
3. **Моро У.** Микролитография: в 2-х ч. / Пер. с. англ. – М.: Мир, 1990.
4. **Гомжин И., Гликсон Б., Гуцин О.** и др. Автоматическая установка удаления фоторезиста "Плазма 150А". – Электроника: НТБ, 2003, № 6, с.40–41.
5. **Берлин Е., Киреев В., Челапкин Д.** Специальное технологическое оборудование для производства микросхем. Критерии эффективности и конкурентоспособности. – Электроника: НТБ, 2011, №6, с.53–58.
6. **Бобков С.Г., Киреев В.Ю.** Проблемы перехода микроэлектроники в субнанометровую область размеров. Ч.2. Возможности наноимпринт литографии и проекционной оптической литографии. – Нано- и микросистемная техника, 2007, № 6, с.8–18.
7. **Бобков С., Врублевский Э., Киреев В.** и др. Возможности и особенности наноимпринтлитографии для производства интегральных микросхем. – Наноиндустрия, 2007, № 3, с.26–32.
8. **Уразаев В.** Влагозащитные полимерные покрытия: какие бывают. – Технологии в электронной промышленности, 2005, №5, с.52–55.
9. **Назаров Е.** Производители РЭА голосуют за технологию внутрентреннего монтажа. – Электроника: НТБ, 2009, №3, с.58–64.
10. Каталог технологического оборудования фирмы ООО "ЭстоВакуум" – [www.esto-vacuum.ru](http://www.esto-vacuum.ru)
11. **Шутов Д.А., Кан С.Ю., Бак К.-Х.** и др. Исследования закономерностей травления пленок полимонохлорпараксилилена в плазме ВЧ-разряда в кислороде. – Сб. трудов V Международного симпозиума по теоретической и прикладной плазмохимии, 2008, сентябрь 3–8, Иваново (Россия), т.1, с.229–233.
12. **Киреев В.Ю.** Вакуумная газоплазменная обработка. Справочник. – Инженерный журнал, 1999, №2.

## МАГНЕТРОНЫ 3-ММ ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН

ОАО "Плутон" (<http://pluton.msk.ru>) приступило к разработке магнетрона 3-мм диапазона длин волн. В нем планируется использовать новейшие технологии, отработанные при создании ряда магнетронов 2-мм диапазона длин волн. Среди них – применение металлосплав-

ных катодов, обеспечивающих долговечность не менее 2000 ч, и изготовление анодных блоков с точностью до 0,004 мкм, позволяющих достичь большой точности интервала рабочих частот.

Предполагаемая масса устройства составит не более



# Плутон

1 кг, выходная мощность – не менее 6 кВт, напряжение анода – не более 13 кВ при номинальном токе анода 10 А.

ОАО "Плутон" готово к доработке изделия для различных применений.