

**В.В. Одинокоев, Г.Я. Павлов, В.М. Долгополов,
П.А. Иракин, В.Э. Немировский, А.В. Данила**
ОАО «Научно-исследовательский институт точного машиностроения»

Многоцелевая установка травления диэлектрических, металлических слоёв, а также глубокого анизотропного травления кремния “МВУ ТМ ПЛАЗМА 06”

Представлена модификация установки МВУ ТМ Плазма 03 – Многоцелевая установка травления диэлектрических, металлических, а также глубокого анизотропного травления кремния “МВУ ТМ ПЛАЗМА 06”. Получены результаты по равномерности, скорости и глубине травления кремния.

Ключевые слова: Кремний, bosch-процесс, вакуумная установка, глубокое анизотропное травление, плазма, ICP.

С целью получения процесса глубокого анизотропного травления была проведена модификация установки МВУ ТМ Плазма 03. В процессе модернизации была изменена система подачи технологических газов в рабочую камеру, с целью обеспечения циклической подачи травящего и полимер-образующих газов. Дополнительно были изменены система управления и вакуумная система установки. Установка получила название МВУ ТМ Плазма 06, внешний вид которой представлен на рис. 1.



Рис. 1. Установка глубокого анизотропного травления МВУ ТМ Плазма 06.

Реакционная камера с источников высокоплотной плазмы и ВЧ электродом-подложкодержателем, для создания смещения на пластину, представлена на рис.2. Разряд зажигается в реакционной камере (диаметром 180 мм и высотой 100 мм) ICP источником с

помощью ВЧ генератора (частота 13,56 МГц, мощность 1 кВт) через согласующее устройство. Для задания необходимого отрицательного смещения на охлаждаемый электрод-подложкодержатель от отдельного ВЧ генератора (частота 13,56 МГц, мощность 600 Вт) через согласующее устройство подавалось смещение. Высоковакуумная система откачки на базе турбомолекулярного и форвакуумного насосов обеспечивала предельный остаточный вакуум $1 \cdot 10^{-3}$ Па.

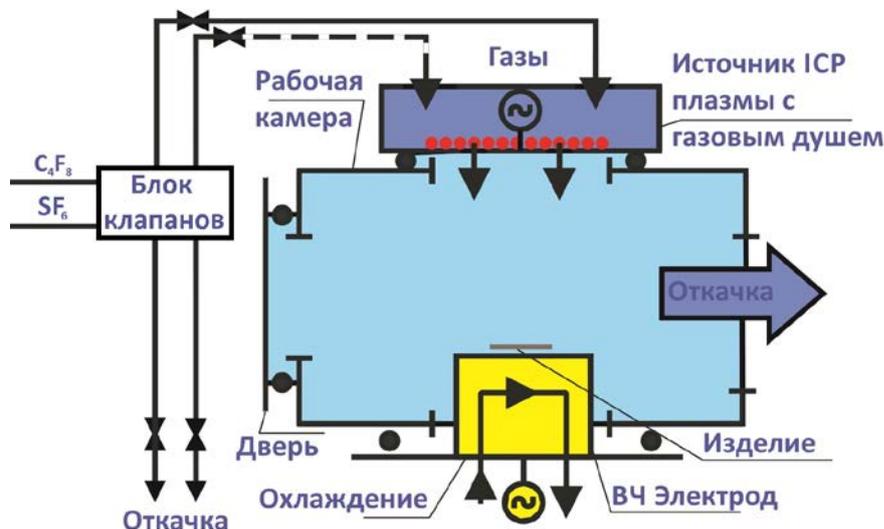


Рис. 2. Схема реактора установки.

Процесс глубокого анизотропного травления кремния в плазме высокочастотного индукционного разряда (который так же называют Bosch-процессом) широко применяется в технологиях создания микроэлектромеханических систем (МЭМС). Процесс является двухстадийным и циклическим. На первой стадии осуществляется быстрое изотропное травление кремния в SF_6 плазме, на второй - осаждение полимерной пленки во фторуглеродной плазме (рис.3). Затем процесс циклически повторяется. На первой стадии следующего цикла под действием ионной бомбардировки происходит быстрое удаление пассивирующей пленки со дна канавки, с последующим удалением кремния. Пассивирующая пленка, которая высаживается во второй стадии, должна оставаться на боковых стенках канавки для предотвращения бокового травления. Основным достоинством процесса являются высокая скорость и высокая анизотропность травления кремния. Кроме того, варьируя параметрами процесса, можно получить структуры необходимого профиля [1, 2].

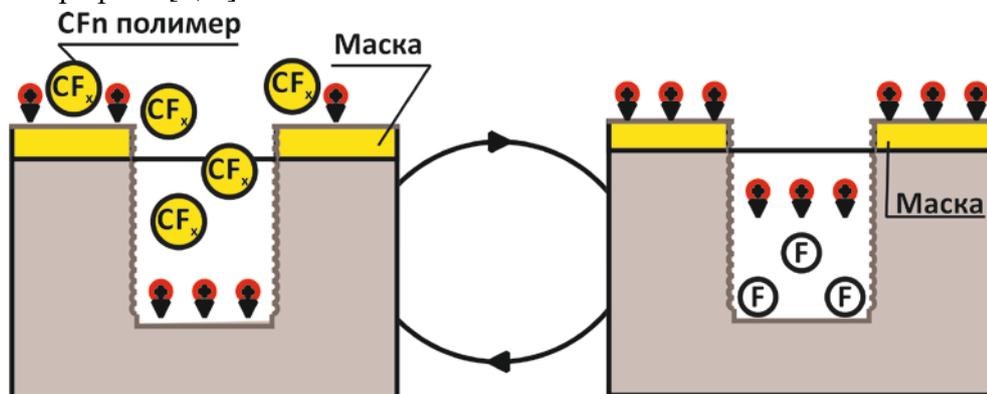


Рис. 3. Схема циклического двухстадийного процесса травления кремния.

Процессы глубокого анизотропного травления проводились при рабочих давлениях 2-10 Па, ВЧ мощность источника плазмы - 400-700 Вт, ВЧ мощность на электрод-подложкодержатель для создания смещения - 10-30 Вт, суммарный расход газов не превышал 20 л/ч.

Образцами для травления являлись кремниевые пластины с маской фоторезиста толщиной 4 мкм и подслоем оксида кремния толщиной 0,6 мкм.

Результаты, представленные на рис. 4а, являются продолжением работы [3]. В ходе работы нам удалось избавиться от растрыва в верхней части отверстия (рис. 4б) и увеличить селективность травления кремния к фоторезисту, тем самым выйдя на глубину травления более 100 мкм. Количество циклов травления составляло 260 шт., неравномерность травления на пластинах диаметром 100 мм не превышала $\pm 5\%$, аспектное отношение 1:10. Максимальная глубина отверстия - 112 мкм при ширине окна 13 мкм. Скорость травления составляла около 1,7 мкм/мин. Образцы и метрология предоставлены ОАО «Микрон».

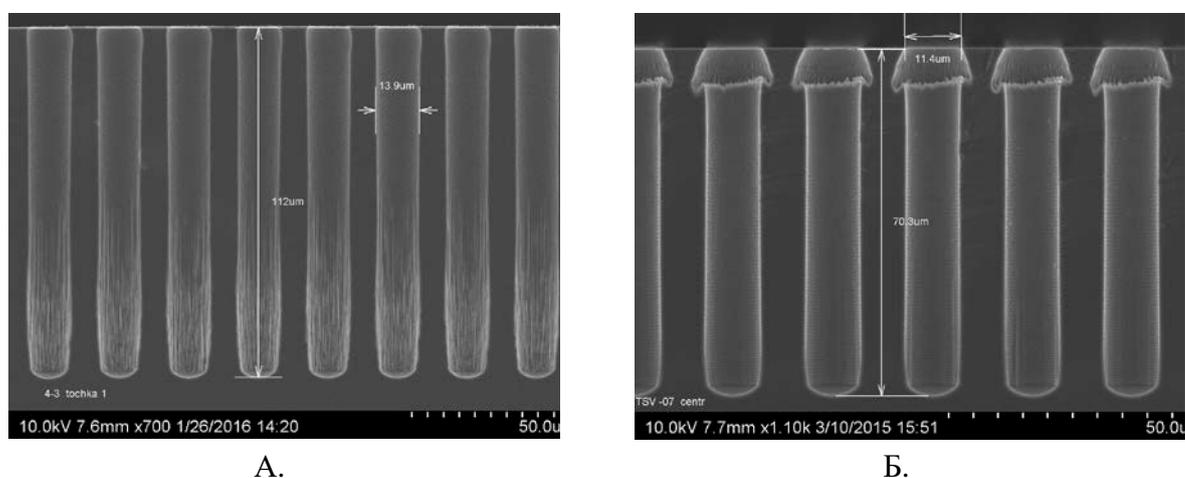


Рис 4. Глубокое анизотропное травление кремния.

Наряду с процессом глубокого анизотропного травления кремния с циклической подачей травящего и полимерообразующего газов в рабочую камеру существуют процессы формирования «гладких» высоко аспектных щелей, где эти же газы подаются в рабочую камеру одновременно. В силу отсутствия циклической подачи газов в рабочую камеру на боковой стенке получаемых щелей отсутствует эффект «стиральной доски» (так называемые scalloping).

Процессы формирования «гладких» щелей проводились при рабочих давлениях 2-10 Па, ВЧ мощность источника плазмы - 500-700 Вт, ВЧ мощность на электрод-подложкодержатель для создания смещения - 10-30 Вт, суммарный расход газов не превышал 20 л/ч.

Образцами для травления являлись кремниевые пластины с маской фоторезиста толщиной 2 мкм и подслоем оксида кремния, толщиной 0,3 мкм.

Результаты травления представлены на рис. 5. Время процесса травления составило 7,5 мин., неравномерность травления на пластинах диаметром 100 мм не превышала $\pm 5\%$, аспектное отношение 1:5. Глубина щелей – 7,5 мкм при ширине щели 1,5 мкм. Скорость

травления составляла около 1 мкм/мин. Образцы и метрология предоставлены ОАО «Микрон».

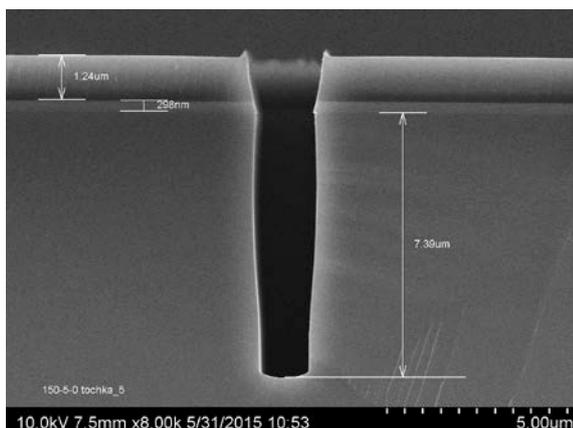


Рис. 5. Глубокое анизотропное травление кремния.

Установка МВУ ТМ Плазма 06 является модификацией установки МВУ ТМ Плазма 03, но при этом сохраняет все возможности установки МВУ ТМ Плазма 03, такие как возможность травления металлических и диэлектрических пленок. На рис. 6 представлены результаты травления тонких слоев платины как примера травления металлических слоев.

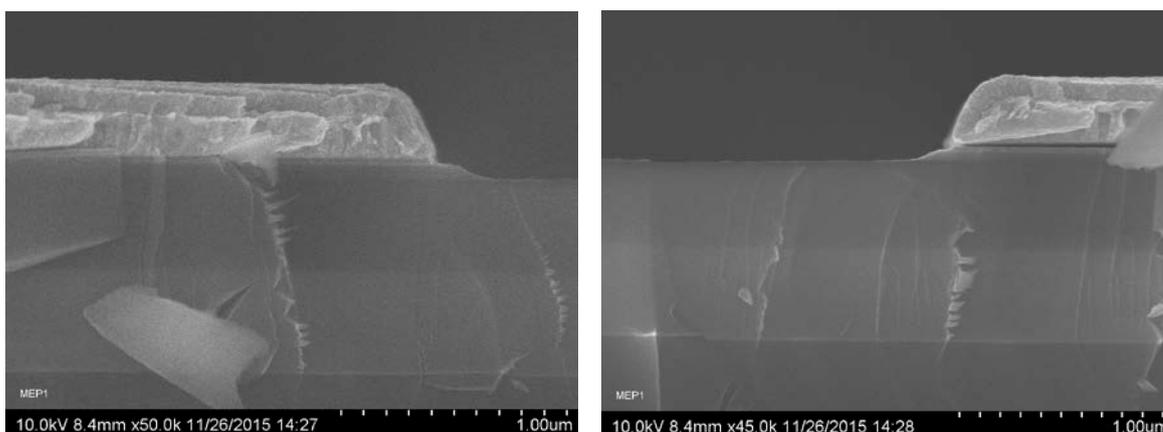


Рис. 6. Травление слоя платины.

Образцами для травления являлись кремниевые пластины с маской фоторезиста толщиной 2 мкм слоем платины 0,25 мкм и подслоем нитрида кремния, толщиной 0,3 мкм. Время процесса травления составило 5 мин., травление проводилось до стоп слоя нитрида кремния. Скорость травления составляла около 50 нм/мин. Образцы и метрология предоставлены ОАО «Микрон».

Библиографический список

1. Амиров И.И., Морозов О.В., Кальнов В.А., Лукичев В.Ф., Орликовский А.А. Ключевые процессы технологии микросистемной техники: плазмохимические процессы глубокого анизотропного травления кремния, Нанотехнологии и наноматериалы, №4(66) июль-август, С. 8-13.
2. Reza Abdolvand, Farrokh Ayazi, An advanced reactive ion etching process for very high aspect-ratio sub-micron wide trenches in silicon, Sensors and actuators, A 144 (2008), P. 109-116.
3. Одинокоев В.В., Павлов Г.Я., Долгополов В.М., Иракин П.А., Немировский В.Э. Оптимизация процесса глубокого анизотропного травления кремния, Электроника и микроэлектроника СВЧ, Сборник статей конференции Том 1. Санкт-Петербург, 2015. С. 82-84.