

ТОНКОПЛЕНОЧНАЯ МЕДЬ КАК МАСКИРУЮЩИЙ СЛОЙ В ПРОЦЕССЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ КВАРЦА

А.В. Волков, Б.О. Володкин, С.В. Дмитриев, В.А. Ерополов, О.Ю. Мусеев, В.С. Павельев

Институт систем обработки изображений РАН
Самарский государственный аэрокосмический университет

Аннотация

В работе рассматривается методика формирования микрорельефов дифракционных оптических элементов плазмохимическим травлением с применением в качестве материала маскирующего слоя меди.

Введение

В [1] была описана методика получения дифракционных микрорельефов на торцах галогенидных ИК-волноводов путем горячей штамповки. В качестве матриц использовались пластины кварцевого стекла толщиной 1...2 мм, микрорельеф на которых был изготовлен методами «мокрой» фотолитографии. Из-за изотропии химического травления угол боковых граней структур (клин травления) в лучшем случае был равен 43° (в идеале не лучше 45°) (рис. 1).

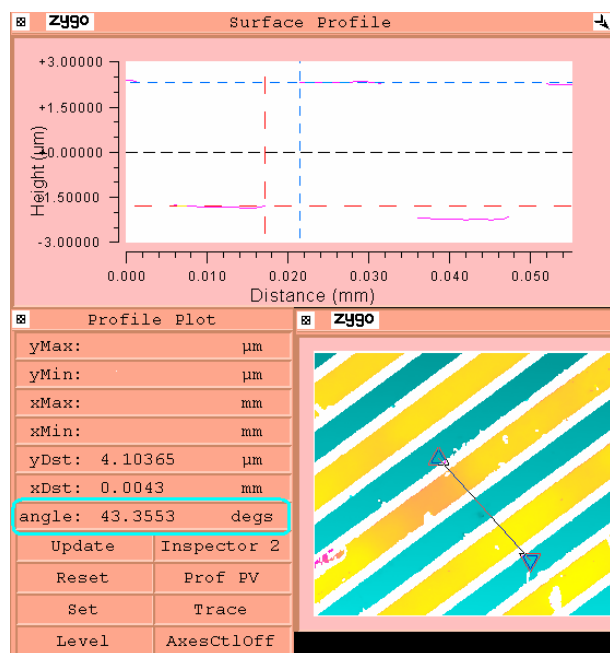


Рис. 1. Микрорельеф матрицы, полученной химическим травлением (клин травления -43°)

Для приближения реальной структуры к расчетным данным была предпринята попытка применить при изготовлении матриц плазмохимическое травление. Однако для получения необходимых глубин травления (2...7 мкм) устойчивость обычных (фоторезистивных масок) к плазме оказалась недостаточной.

При решении задачи увеличения стойкости маски было решено использовать тонкопленочную медь, как материал, прекрасно поддающийся процессам фотолитографии и достаточно устойчивый к реагентам плазмохимического травления кварца.

Описание процесса

Для формирования микрорельефа штамповочной матрицы были произведены следующие технологические операции:

- нанесение на кварцевую подложку маскирующих слоев;
- перенесение рисунка матрицы на маскирующий слой методом фотолитографии и жидкого травления материалов маски;
- плазмохимическое травление материала подложки с перенесением рисунка матрицы.

На первом этапе на кварцевую пластину методом вакуумного напыления были последовательно нанесены тонкие пленки хрома и меди. Хром был использован в качестве подслоя из-за относительно плохой адгезии слоя меди к поверхности кварца. Толщина пленок составила: хрома – 70-80 нм, меди – 350-400 нм.

В качестве шаблона для проведения фотолитографии был использован шаблон, полученный с использованием станции круговой лазерной записи CLWS-200. Шаблон представляет собой стеклянную пластину размером 102x102 мм со слоем хрома толщиной 80 нм. Рисунок шаблона представляет собой дифракционную решетку с периодом 30 мкм.

На металлизированную кварцевую пластину методом центрифугирования был нанесен фоторезист марки ФП-4-04 (рис. 2а). При скорости вращения центрифуги 3000 об/с толщина слоя нанесенного фоторезиста составила 600-700 нм. После первой термообработки фоторезист был экспонирован на установке ЭМ-5006 и проявлен (рис. 2б).

Следующим этапом было проведено последовательно жидкое травление слоев меди и хрома (рис. 2в, 2г).

Кварцевая подложка со сформированной защитной маской была подвергнута плазмохимическому травлению. Травление осуществлялось на установке УТП ПДЭ-125-009 со следующими параметрами: мощность ВЧ 600 Вт (согласование оптимальное), расход травящего газа (хладон-12 – CCl_2F_2) [2, 3] $0,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$, давление в реакторе 1 Па.

В данном режиме скорость травления кварца составила 40 нм/мин. При этом высокая плазмохимическая стойкость меди позволяет травить кварц до глубин свыше 6 мкм.

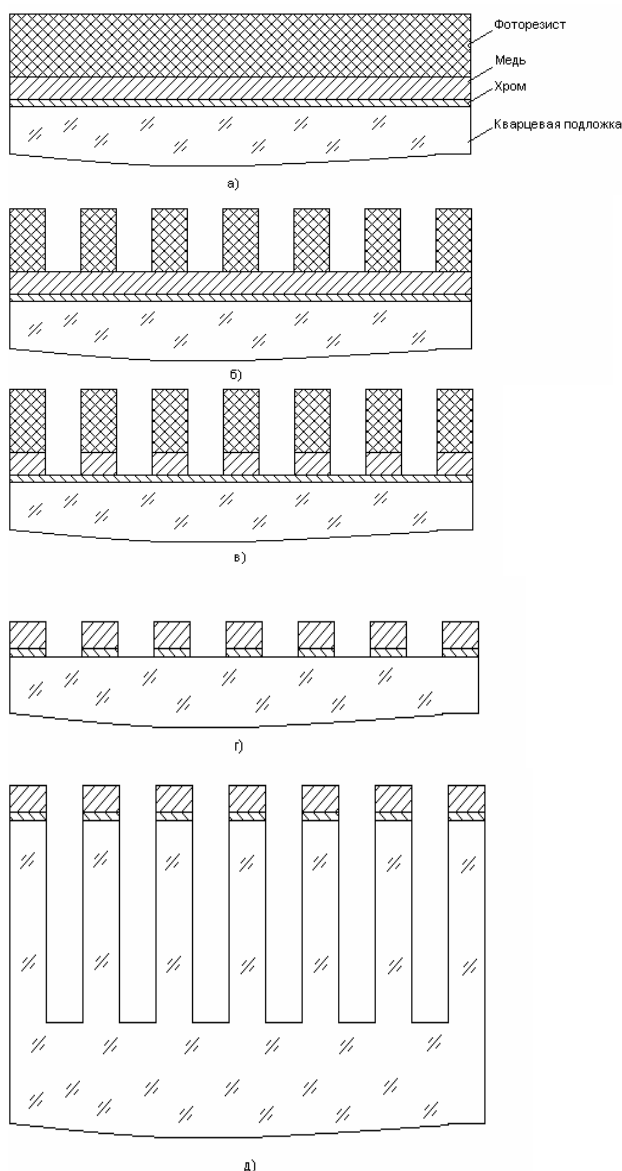


Рис. 2. Стадии формирования микрорельефа штамповочной матрицы: а) - перед фотолитографией; б) - после фотолитографии; в) - травление слоя меди; г) - травление подслоя хрома; д) - плазмохимическое травление кварца

При измерениях, проведенных на сканирующем зондовом микроскопе «NanoEducator» и микроинтерферометре «ZYGO» клин (угол) травления составил около 60° (рис. 3), что значительно больше, чем при химическом травлении (43°).

Из литературы (например [4]) известно, что угол травления может достигать 84° . Таким образом, при более тщательном подборе реагентов травления и ре-

жимов обработки кварца возможно получение углов подтравки (клина травления), приближающихся к 90° .

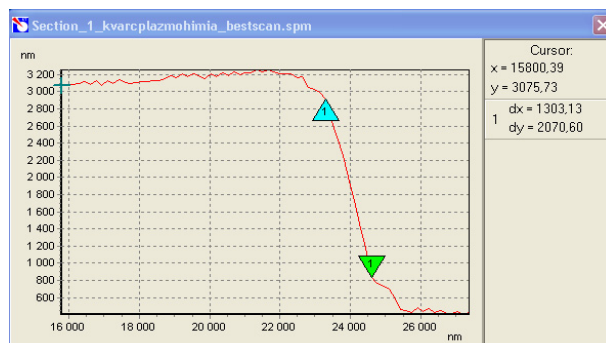


Рис. 3. Профиль микрорельефа при плазмохимической обработке

Заключение

Предложена методика формирования микрорельефа плазмохимическим травлением с использованием маскирующих свойств меди.

Определена скорость травления кварцевой подложки, которая составила 40 нм/мин. Достигнута глубина травления свыше 6 мкм.

Авторы считают, что разработанная методика найдет применение при изготовлении кварцевых ДОО и матриц для формирования микрорельефов на торцах галогенидных волноводов.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке российско-американской программы «Фундаментальное исследование и высшее образование» («BRHE», грант CRDF RUX0-014-SA-06), а также грантов РФФИ №06-07-08074 и №07-02-12134-офи.

Литература

1. Моисеев О.Ю. Формирование и исследование дифракционного микрорельефа на торце галогенидного ИК волновода / Бородин С.А., Волков А.В., Казанский Н.Л., Карпеев С.В., Моисеев О.Ю., Павельев В.С., Якуненкова Д.М., Рунков Ю.А., Головашкин Д.Л. // Компьютерная оптика, 2005. - №27. - С. 45-49.
2. Киреев В.Ю. Плазмохимическое и ионно-химическое травление микроструктур / В.Ю. Киреев, Б.С. Данилин, В.И. Кузнецов. - М.: Радио и связь, 1983. - 126 с.
3. Технологическое применение низкотемпературной плазмы / Под ред. Н.Н. Семашко - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 144 с.
4. Плазменная технология в производстве СБИС: Пер. с англ. с сокращ. / Под ред. Н. Айнспрука, Д. Брауна. - М.: Мир, 1987. - 470 с.