

ТОНКОПЛЕНОЧНАЯ МЕДЬ КАК МАСКИРУЮЩИЙ СЛОЙ В ПРОЦЕССЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ КВАРЦА

А.В. Волков^{1,2}, Б.О. Володкин^{1,2}, С.В. Дмитриев^{1,2}, В.А. Ерополов^{1,2}, О.Ю. Моисеев^{1,2}, В.С. Павельев^{1,2}

¹Институт систем обработки изображений РАН, Самара, Россия,

²Самарский государственный аэрокосмический университет, Самара, Россия

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).

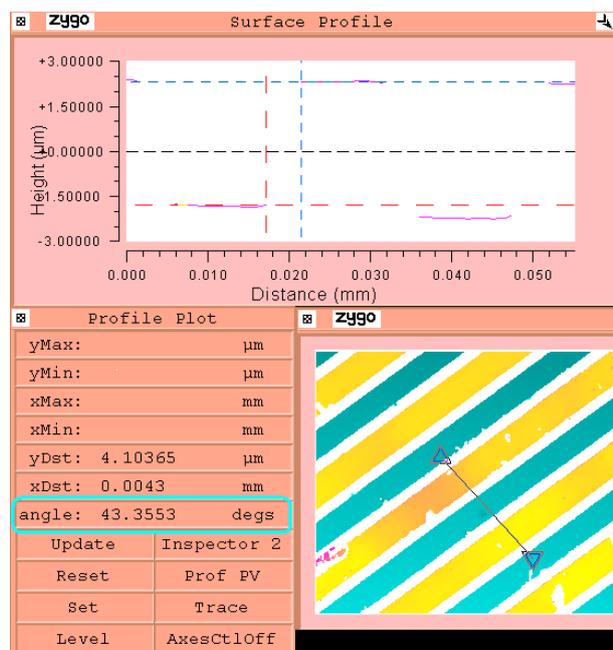


Рис. 1. Микрорельеф матрицы, полученной химическим травлением (клин травления -43°)

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 слоя 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.

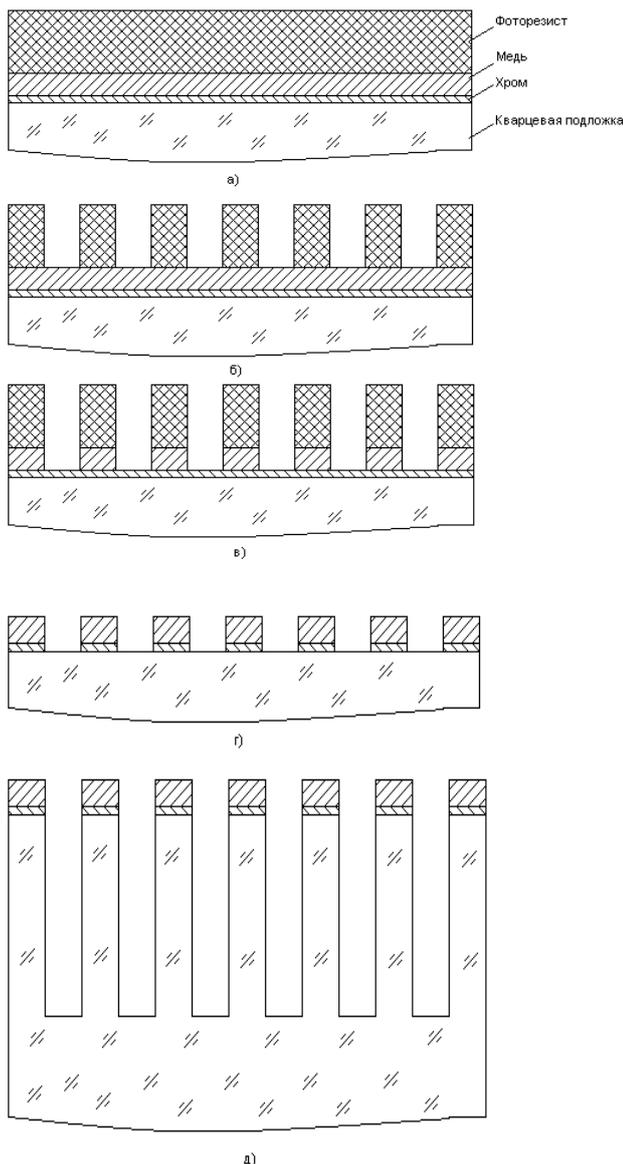


Рис. 2. Стадии формирования микрорельефа штамповочной матрицы: а) - перед фотолитографией; б) - после фотолитографии; в) - травление слоя меди; г) - травление подслоя хрома; д) - плазмохимическое травление кварца

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

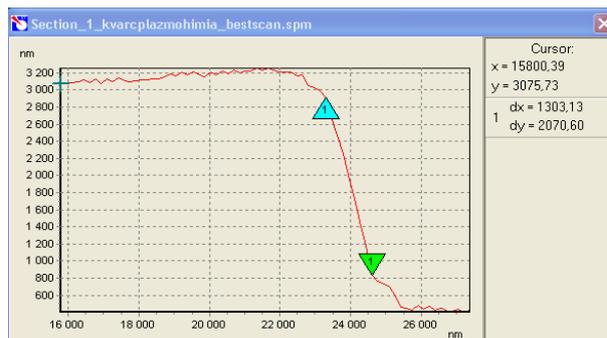


Рис. 3. Профиль микрорельефа при плазмохимической обработке

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.

THIN COPPER FILM AS A MASK LAYER IN PLASMA ETCHING OF QUARTZ

A.V. Volkov^{1,2}, B.O. Volodkin^{1,2}, S.V. Dmitriyev², V.A. Erolov², O.Yu. Moiseev^{1,2}, V.S. Pavelyev^{1,2}
¹Image Processing Systems Institute of the RAS, Samara, Russia,
²Samara State Aerospace University, Samara, Russia

Abstract

The paper represents a technique for fabrication of diffractive optical element microrelief by plasma etching with a copper layer used as a mask material.

Keywords: diffractive optical element, plasma etching, copper layer

Citation: Volkov AV, Volodkin BO, Dmitriyev SV, Erolov VA, Moiseev OYu, Pavelyev VS. Thin copper film as a mask layer in plasma etching of quartz [In Russian]. Computer Optics 2007; 31(4): 53-54.

Acknowledgements: The work was supported under the Russian-American Basic Research and Higher Education Program (BRHE, grant CRDF RUX0-014-SA-06), and by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR grants No. 06-07-08074 and No. 07-02-12134-ofi).

References:

- [1] Borodin SA, Volkov AV, Kazanskiy NL, Karpeev SV, Moiseev OYu, Pavelyev VS, Yakunenkova DM, Runkov YuA, Golovashkin DL. Fabrication and characterization of diffractive microrelief at the endface of halide IR waveguide [In Russian]. Computer Optics 2005; 27: 45-49.
- [2] Kireev VYu, Danilin BS, Kuznetsov VI. Plasma-chemical and ion-chemical etching of microstructures [In Russian]. Moscow: "Radio i svyaz" Publisher, 1983; 126 p.
- [3] Semashko NN, ed. Technological application of low-temperature plasma [In Russian]. Moscow: Energoatomizdat, 1983; 144 p.
- [4] Einspruck N, Brown D, eds. Plasma technology in the production of superlarge-scale integrated circuits [Russian translation abridged]. Moscow: "Mir" Publisher, 1987; 470 p.