

Д. Е. Капустина^{1,2}, В. П. Корольков¹✉, Р. И. Куц¹, А. Р. Саметов¹, С. К. Голубцов¹

Особенности применения полутоновых хромовых фотошаблонов для формирования микрорельефа многоуровневых дифракционных элементов

¹ Институт автоматизации и электрометрии СО РАН,

г. Новосибирск, Российская Федерация

² Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, Российская Федерация

e-mail: victork@iae.nsk.su

Аннотация. Представлены результаты формирования микрорельефа секционированного дифракционного компонента трифокальной интраокулярной линзы в фоторезисте методом контактной фотолитографии с зазором с использованием хромового полутонного фотошаблона.

Ключевые слова: термохимическая лазерная запись, полутонные фотошаблоны, полутонная фотолитография, селективное травление

D. E. Kapustina^{1,2}, V. P. Korolkov¹✉, R. I. Kuts¹, A. R. Sametov¹, S. K. Golubtsov¹

Features of the application of halftone chrome photomasks for the formation of microrelief of multilevel diffraction elements

¹Institute of Automation and Electrometry SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

²Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation

e-mail: victork@iae.nsk.su

Abstract. The results of formation of microrelief of sectioned diffractive component of trifocal intraocular lens in photoresist by contact photolithography with gap using chromium halftone photomask are presented.

Keywords: thermochemical laser writing, halftone photomasks, halftone photolithography, selective etching

Введение

Массовое производство высокоэффективных многоуровневых дифракционных оптических элементов (ДОО) ограничивается высокой стоимостью и трудоемкостью традиционных методов, таких как прямая лазерная [1-3] или электронно-лучевая запись [4,5] на полимерных резистах. В связи с этим, полутонная фотолитография [6] представляет собой перспективную альтернативу, сочетающую в себе высокую производительность, экономичность и возможность создания элементов со сложным рельефом.

В данной работе рассматривается применение полутонной фотолитографии для изготовления многоуровневых ДОО в сочетании с термохимической лазерной записью [7,8] на металлических пленках и селективным жидкостным травлением.

Экспериментальные результаты

Для формирования полутоновых фотошаблонов (ПФ) в работе использовалась круговая лазерная записывающая система CLWS300IAE [9]. Для проявления экспонированного микрорисунка использовался селективный травитель, описанный в работе [10].

Оптимальное время травления составило 9 минут, обеспечив максимальный динамический диапазон пропускания (1:2) при изменении мощности записывающего пучка.

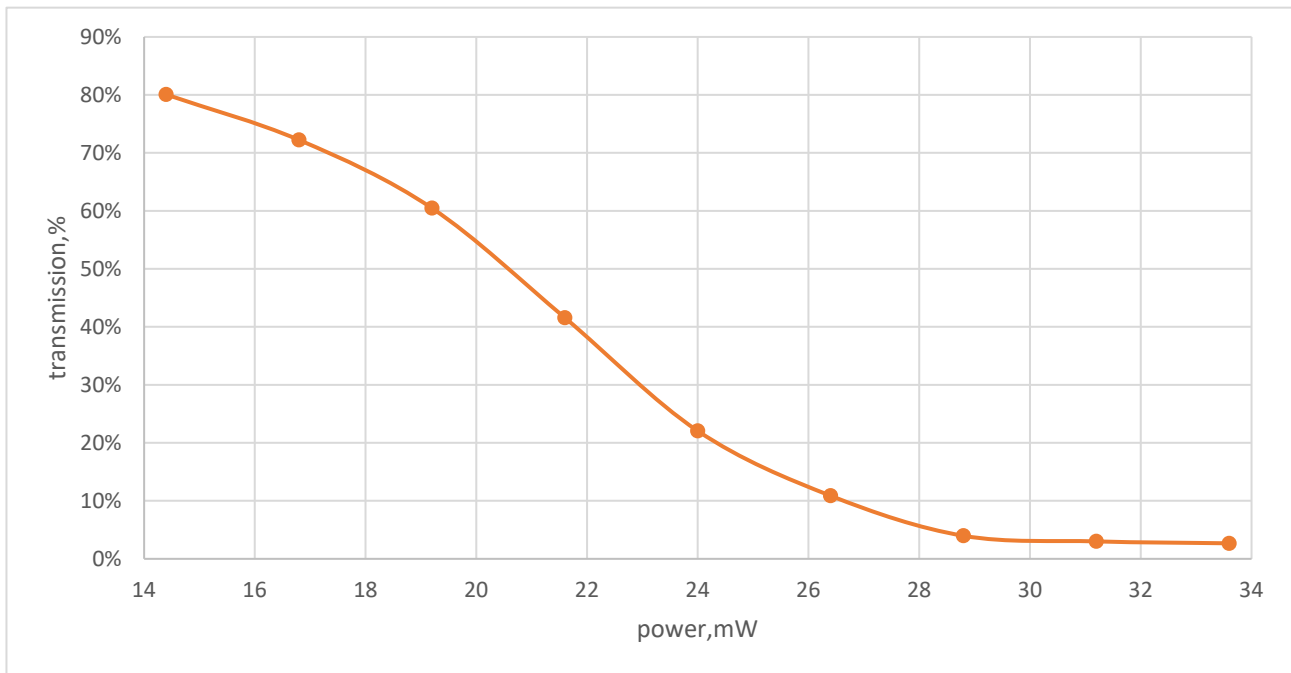


Рис.1. Зависимость пропускания от мощности записывающего пучка при 9-минутном травлении

Методом термохимической лазерной записи был изготовлен полутоновой фотошаблон трехсекционной интраокулярной линзы (рис. 2а), после чего методом контактного экспонирования с зазором и последующим проявлением в щелочном растворе КОН 0,8% был получен его отпечаток в фоторезисте (рис. 2б). Глубина рельефа была оптимизирована для проверки работы фоторезистной линзы в воздушной среде и составила 500 нм для сектора, рассчитанного на работу в красной области спектра. Сглаживание дифракционного рельефа необходимо для интраокулярных гибридных линз и было реализовано за счет зазора при контактной фотолитографии.

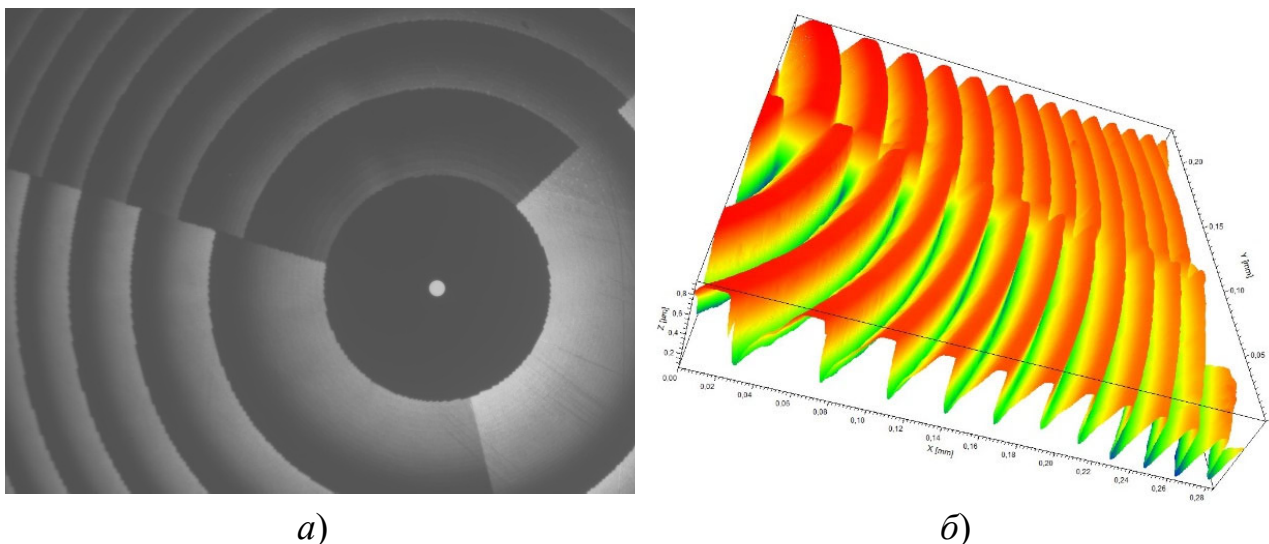


Рис. 2. Микрофотография полутонового фотошаблона дифракционной секционированной интраокулярной линзы *а)* и профилограмма его отпечатка в фоторезисте *б)*

Заключение

Изготовлен полутоновой фотошаблон трехсекционной интраокулярной линзы, изображение которого было перенесено на фоторезист методом контактной фотолитографии с зазором. Сформированный профиль измерен оптическим профилометром. Продемонстрирована возможность применения хромовых полутоновых фотошаблонов для тиражирования дифракционного микрорельефа в фоторезисте.

Благодарности

Исследование финансировалось за счет субсидий на финансовое обеспечение государственного задания (государственный регистрационный номер 124041700107-9). В исследовании использовалось оборудование ЦКП «Спектроскопия и оптика» ИАиЭ СО РАН и ЦКП ВТАН НГУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gale M.T., Knop K. The fabrication of fine lens arrays by laser beam writing// Proc. SPIE. – 1983. – Vol.398. – P. 347–353.
2. Gale M. T. Direct writing of continuous-relief micro-optics // Chapter 4 in Micro-optics, H.P. Herzig.– Taylor & Francis.– London, 1996.
3. Korolkov V.P., Pruss C., Reichelt S., Tiziani H. J. Metrological features of diffractive high-efficiency objectives for laser interferometry// Proc. SPIE. – 2002. – Vol.4900. – P. 873 – 884.
4. Fujita T., Nishihara H., Koyama J. Fabrication of micro-lenses using electron beam lithography// Opt. Lett. – 1981. – Vol.6. – P.613–615.
5. Ekberg M., Nikolaeff F., Larson M., and Härd S. Proximity-compensated blazed transmission grating manufacture with direct-writing, electron-beam lithography // Appl. Opt.– 1994. – Vol.33, N1. – P.103–107.
6. Полещук А.Г. Изготовление высокоэффективных элементов дифракционной оптики с помощью полутоновой и фоторастровой технологий // Автометрия. 1991.– N 6.– С. 66–76.

7. В. П. Коронкевич и др. Лазерная термохимическая технология синтеза дифракционных оптических элементов на пленках хрома //Квантовая электроника. – 1985. – Т. 12. – №. 4. – С. 755–761.

8. Вейко В. П., Корольков В. П., Полещук А. Г., Синев Д. А., Шахно Е. А., «Лазерные технологии в микрооптике Ч. 1 изготовление дифракционных оптических элементов и фотошаблонов с амплитудным пропусканием», Автометрия. – 2017 – Том 53. - №5 – С.71.

9. Poleshchuk A G., Churin E.G., Koronkevich V.P., Korolkov V.P., Kharissov A.A., Cherkashin V.V., Kiryanov V.P., Kiryanov A.V., Kokarev S.A., Verhoglyad A.G. Polar coordinate laser pattern generator for fabrication of diffractive optical elements with arbitrary structure // Appl. Opt. – 1999. – Vol. 38. – P. 1295–1301.

10. Cherkashin V.V., Churin E.G., Korolkov V.P. et al. Processing parameters optimization for thermochemical writing of DOEs on chromium films// Proc. SPIE. – 1997. – Vol. 3010. – P. 168–179.

© Д. Е. Капустина, В. П. Корольков, Р. И. Куц, А. Р. Саметов, С. К. Голубцов, 2025