

Технология прямой лазерной записи дифракционных структур на двухслойных материалах Zr/SiO₂, Si/Ti и Si/Cr

Technology of direct laser writing of diffractive structures on bi-layer materials Zr/SiO₂, Si/Ti AND Si/Cr

Авторы: Д.А. Белоусов, Р.И. Куц, В.П. Корольков, К.А. Окотруб, А.И. Малышев, А.Р. Саметов, С.Л. Микерин

Authors: D.A. Belousov, R.I. Kuts, V.P. Korolkov, K.A. Okotrub, A.I. Malyshev, A.R. Sametov, S.L. Mikerin

Разработана термохимическая лазерная технология прямой лазерной записи амплитудных и фазовых дифракционных структур на двухслойных материалах Zr/SiO₂, Si/Ti и Si/Cr. Обнаружена аномально высокая разность фаз при отражении света между экспонированными и исходными участками Zr/SiO₂ и образование нанополостей внутри материала вдоль трека лазерного пучка. Продемонстрировано формирование на материале Zr/SiO₂ отражательных дифракционных структур по полностью «сухой» (без жидкостного селективного травления) технологии. Использование термохимической реакции образования силицидов для Si/Ti и Si/Cr существенно расширило диапазон мощности лазерного пучка для термохимической записи (Δ) по сравнению с реакцией окисления и улучшило пространственное разрешение. Сформированные металло-силицидные маски могут быть проявлены двухэтапным травлением и затем использованы как оптические маски или маски для последующего травления подложки. Значительное изменение отражения при записи на данных материалах позволяет реализовать in-situ контроль формируемого рисунка непосредственно на установке лазерной записи.

Работа выполнена за счет гранта РФФИ (проект № 22-79-00049).

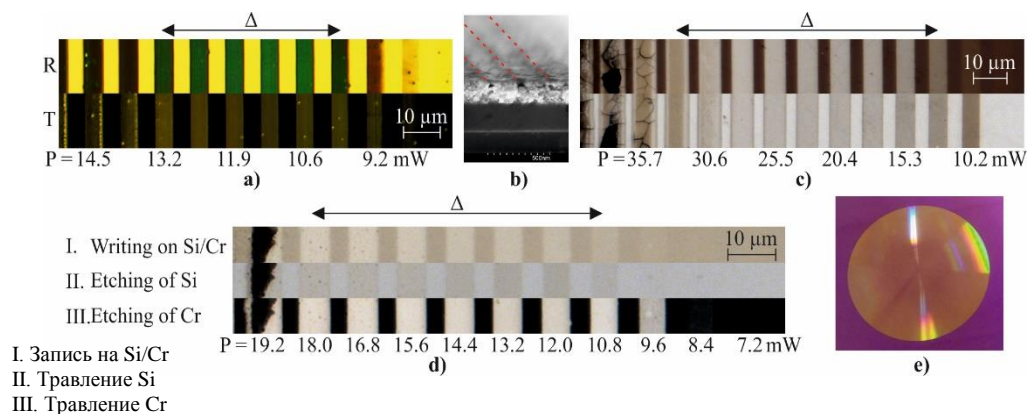


Рис. 1.9. Микроизображения записанных структур: *a* – на Zr/SiO₂ (R – на отражение, T – на пропускание); *b* – нанополости на сколе Zr/SiO₂ (СЭМ); *c* – на Si/Ti до (сверху) и после (снизу) стравливания слоя Si (микроизображения на отражение); *d* – этапы проявления маски, записанной на Si/Cr (микроизображения на отражение); *e* – фотография дифракционной линзы (диаметр 50 мм), записанной на Si/Cr

Fig. 1.9. Microimages of written structures: *a* – for Zr/SiO₂ (R – reflection microimage, T – transmission microimage); *b* – nanocavities on a Zr/SiO₂ cleavage (SEM); *c* – on Si/Ti before (top) and after (bottom) etching of the Si layer (reflection microimages); *d* – stages of developing a mask written on Si/Cr (reflection microimages); *e* – photo of a diffraction lens (diameter 50 mm) written on Si/Cr

A thermochemical laser technology for direct laser writing of amplitude and phase diffraction structures on by-layer materials Zr/SiO₂, Si/Ti and Si/Cr has been developed. Due to the anomalously high phase difference when light is reflected between the exposed and initial Zr/SiO₂ areas, the formation of reflection gratings with a diffraction efficiency of over 30 % has been demonstrated using a completely «dry» (without liquid selective etching) technology. The use of a thermochemical reaction for the formation of silicides significantly expanded the laser

beam power range for thermochemical writing (Δ) on bi-layer Si/Ti and Si/Cr films compared to the oxidation reaction and improved spatial resolution. The formed metal-silicide masks are developed by dual-step etching, providing unique selectivity, and then used for photolithography or as substrate etch masks. A significant change in reflection during laser writing on by-layer materials allows for in-situ control of the formed pattern without development. The patentable technology expands the scope of application of laser writing systems created jointly by the IAE SB RAS and TDI SIE SB RAS.

This research was funded by Russian Science Foundation (grant № 22-79-00049).

Публикации/References:

1. Belousov D.A., Kuts R.I., Okotrub K.A., Korolkov V.P. Direct Laser Writing of Diffractive Structures on Bi-Layer Si/Ti Films Coated on Fused Silica Substrates // *Photonics*. – 2023. – V. 10. – P. 771. <https://doi.org/10.3390/photonics10070771>
2. Kuts R., Korolkov V., Mikerin S., Okotrub K., Belousov D., Malyshev A., Sametov A., Shimansky R., Gavrilova T. Volumetric thermochemical laser writing of nanostructured reflective diffraction gratings on a dual-layer material Zr/SiO₂ // *Journal of Optical Technology*. – 2023. – V. 90. – № 4. – P. 163–169. – DOI: 10.1364/JOT.90.000163.
3. Belousov D.A., Kuts R.I., Korolkov V.P. Thermochemical laser writing of silicide masks on dual-layer films a-Si/Cr // *SPIE Proceedings. Photonics Asia*. – 2023. (Beijing, China, 14–16 October 2023). – Paper 12768-88.