

## **МЕТОДИКА ЗАПИСИ МАСОК ПО МНОГОСЛОЙНЫМ ПОКРЫТИЯМ (часть 2)**

### ***Никита Андреевич Гурин***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант гр. АсОЭП-2; АО «Новосибирский приборостроительный завод», 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 179/2, заместитель главного оптика, тел. 8(923)129-87-48, e-mail: gna200694@yandex.ru

### ***Виктор Павлович Корольков***

Институт автоматики и электрометрии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 1, доктор технических наук, заместитель директора, тел. (383)333-30-91, e-mail: victork@iae.nsk.ru

### ***Юрий Цыдыпович Батомункуев***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент, тел. (913)794-84-78, e-mail: opttechnic@mail.ru

### ***Евгений Васильевич Спесивцев***

Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН; 630090, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 13, кандидат технических наук, тел. (383)330-90-55, e-mail: evs@isp.nsc.ru

В работе выполнено экспериментальное определение коэффициентов отражения в видимой области спектра неэкспонированных и экспонированных лазерным излучением пленок оксида хрома. Измерения коэффициентов отражения проведены с помощью спектрофотометра Linza – 150 (рабочий диапазон спектра от 380 до 1700 нм). Полученные характерные значения коэффициентов отражения образцов пленок оксида хрома на разных длинах волн представлены в таблице и в виде графиков. Получено, что коэффициент отражения пленки оксида хрома до экспонирования лазерным излучением монотонно уменьшается при увеличении длины волны от 380 до 450 нм, при дальнейшем увеличении длины волны до 630 нм коэффициент отражения монотонно увеличивается. Работа является частью разработки методики записи масок сфокусированным лазерным излучением по многослойным поглощающим покрытиям.

**Ключевые слова:** лазерная запись, амплитудные фотошаблоны, оксид хрома.

## **MASK RECORDING TECHNIQUE OF ON MULTILAYERED COATINGS (part 2)**

### ***Nikita A. Gurin***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate Student; JSC "Novosibirsk Instrument-Making Plant", 179/2, Dusi Kovalchuk St., Novosibirsk, 630049, Russia, Deputy Chief Optician, phone: 8(923)129-87-48, e-mail: gna200694@yandex.ru

### ***Viktor P. Korolkov***

Institute of Automation and Electrometry SB RAS, 1, Akademik Koptyug Prospect, Novosibirsk, 630090, Russia, D. Sc., Leading Researcher, phone: (383)333-30-91, e-mail: victork@iae.nsk.ru

### ***Yury T. Batomunkuev***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, phone: (913)794-84-78, e-mail: opttechnic@mail.ru

*Evgeny V. Spesivtsev*

Institute of Semiconductor Physics, named after A.V. Rzhanova SB RAS, 13, Lavrentiev Prospect, Novosibirsk, Ph.D., phone: (383)330-90-55, e-mail: evs@isp.nsc.ru

The experimental determination of the reflection coefficients in the visible region of the spectrum of chromium oxide films unexposed and exposed to laser radiation was performed. The reflection coefficients were measured using a Linza - 150 spectrophotometer (operating spectrum range from 380 to 1700 nm). The obtained characteristic values of the reflection coefficients of samples of chromium oxide films at different wavelengths are presented in the table and in the form of graphs. It was found that the reflectance of the chromium oxide film before exposure to laser radiation monotonically decreases with increasing wavelength from 380 to 450 nm, with a further increase in wavelength to 630 nm, the reflectance increases monotonically. This work is part of the development of a technique for recording masks by focused laser radiation on multilayer absorbing coatings.

**Keywords:** laser writing, amplitude photomasks, chromium oxide.

### *Введение*

Хотя методы получения тонких пленок хрома и оксида хрома достаточно изучены [1], при практическом применении таких пленок постоянно возникает необходимость более детального исследования тех или иных оптических свойств и характеристик этих пленок. В настоящее время развиваются методы формирования рельефной структуры с субмикронными характерными размерами без использования фоторезистов [2-9]. Они основаны на локальном воздействии на пленки хрома или оксида хрома непрерывным (или импульсным) лазерным излучением, что позволяет усовершенствовать процесс изготовления рельефных структур произвольной топологии. Эти методы можно разделить на термохимические и методы с прямой лазерной записью. Для уменьшения характерных размеров рельефных структур более предпочтителен метод прямой лазерной записи [4,6]. Но при практическом использовании этого метода имеет место проблема оплавления краев субмикронных структур при сканировании их сфокусированным лазерным излучением. Для решения этой проблемы необходимо подобрать не только оптимальную мощность и экспозицию воздействующего лазерного излучения, но и экспериментально контролировать возникающие при этом изменения оптических характеристик пленок.

Целью работы является экспериментальное исследование в видимой области спектра коэффициентов отражения тонких пленок оксида хрома, экспонированных сфокусированным лазерным излучением с последующим селективным травлением.

Работа является частью разработки методики записи масок сфокусированным лазерным излучением по многослойным поглощающим покрытиям [10-13]. Исследование коэффициента отражения  $R$  образцов пленок оксида хрома проводилось в диапазоне длин волн света от 380 до 630 нм до и после экспозиции лазерным излучением на круговой лазерной записывающей системе [14-20], а также после селективного травления образцов. Измерение коэффициента отра-

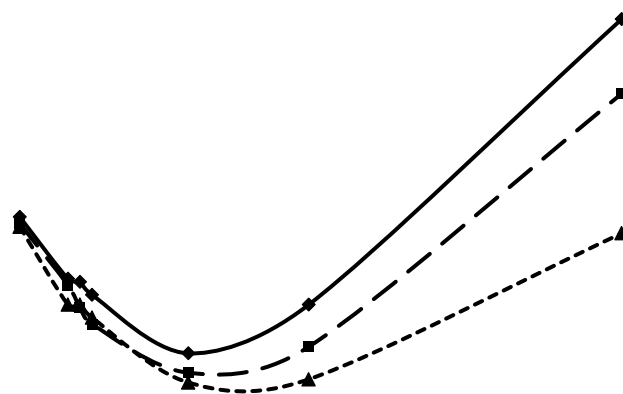
жения осуществлялось на спектрофотометре Linza – 150, имеющим рабочий диапазон спектра от 380 до 1700 нм. Полученные характерные значения коэффициентов отражения образцов пленок оксида хрома на разных длинах волн приведены в таблице 1 и представлены в виде графиков на рис. 1. Сплошной линией представлен спектр коэффициента отражения пленки оксида хрома после напыления, штриховой линией – после экспонирования, а пунктирной линией – после селективного травления.

Таблица 1

Зависимость коэффициента отражения  $R$  образца пленки оксида хрома от длины волны света

Длина волны $\lambda$ , нм	Образец после напыления оксида хрома (R %)	Образец после экспонирования оксида хрома (% R)	Образец после селективного травления оксида хрома (% R)
380	5,9	5,7	5,6
400	4	3,8	3,2
405	3,9	3,1	3,2
410	3,5	2,6	2,8
450	1,7	1,1	0,8
500	3,2	1,9	0,9
630	12	9,7	5,4

R, %



$\lambda$ , нм

Рис. 1. Зависимость коэффициента отражения  $R$  пленки оксида хрома от длины волны света  $\lambda$

Получено, что коэффициент отражения пленки до экспонирования лазерным излучением монотонно уменьшается от 5,9 до 1,7% при увеличении длины волны от 380 до 450 нм. Затем при дальнейшем увеличении длины волны до 630 нм коэффициент отражения монотонно увеличивается до 12%. Измеренные значения коэффициента отражения экспонированной пленки оксида хрома

меньше соответствующих значений неэкспонированной пленки во всем спектральном диапазоне от 380 до 630 нм, исключая диапазон от 430 до 450 нм.

Характер зависимости коэффициента отражения от длины волны в этом случае подобен зависимости для неэкспонированной пленки. Также  $R$  монотонно уменьшается с 5,7 до 1,3 % при увеличении длины волны от 380 до 450 нм, а затем монотонно возрастает до 9,9 % на длине волны 640 нм. Значения коэффициента отражения пленки оксида хрома после селективного травления существенно меньше соответствующих значений неэкспонированной пленки. Так, при длине волны 380 нм коэффициент отражения равен 5,6 %, а на длине волны 460 нм уменьшается до 0,8 %. Затем монотонно возрастает до 5,7 % на длине волны 640 нм, то есть разница между коэффициентами отражения неэкспонированной пленки и пленки после экспонирования и травления увеличивается от 0,3 % на длине волны 380 нм до 6,5 % на длине волны 640 нм.

Таким образом, в работе экспериментально определены зависимости коэффициента отражения пленок оксида хрома от длины волны света до и после экспозиции пленок лазерным излучением, а также после проявления в селективном травителе. Получено, что во всех трех случаях, соответствующие спектры коэффициента отражения имеют выраженный минимум в синей или в голубой областях видимого спектра. Длина волны, соответствующая минимуму коэффициента отражения пленок оксида хрома, смещается в более длинноволновую область после экспозиции лазерным излучением. Послеэкспозиционное травление приводит к дальнейшему смещению длины волны, соответствующей минимуму коэффициента отражения, в более длинноволновую область спектра.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Современное состояние исследований и технические применения / Физика тонких пленок // под общ. ред. Г. Хасса, Г. Х. Франкомба, Р. У. Гофмана; перевод с англ. под редакцией Б.Б. Сандомирского, А.Г. Ждана. – М.: Мир, 1967-1978. – Т. 8.
2. Вейко В.П., Корольков В.П., Полещук А.Г., Саметов А.Р., Шахно Е.А., Ярчук М.В. Исследование пространственного разрешения лазерной термохимической технологии записи дифракционных микроструктур / Квантовая электроника. – 2011. – Т. 41, № 7. – С. 631 – 636.
3. Агафонов А.Н. Исследование параметров микроструктуры пленок хрома и их влияния на результаты локального термохимического окисления под действием лазерного излучения / Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2010. – № 5. – С. 17 – 21.
4. Полещук А.Г., Корольков В.П., Седухин А.Г., Саметов А.Р., Шиманский Р.В. Прямая лазерная запись в плёнках хрома полутонных микроизображений с большим динамическим диапазоном / Автометрия. – 2015. – Т. 51, № 3. – С. 87–93.
5. Гурин Н.А., Корольков В.П., Батомункуев Ю.Ц., Спесивцев Е.В. Методика записи масок по многослойным покрытиям (часть 1) // Сборник материалов Национальной конференции «СИБОПТИКА-2019». – 2019. – Т. 8. – С. 47-51.
6. Верхогляд А. Г., Завьялова М. А., Качкин А. Е. Кокарев С. А., Корольков В. П. Круговая лазерная записывающая система для формирования фазовых и амплитудных микроструктур на сферических поверхностях // Датчики и системы. – 2015. – № 9 – 10 (196). – С. 45 – 52.
7. Herzig H.P., Ehbets P., Tejjido J.M., Weible K.J. and Heimbeck H.-J. Diffractive optical elements for space communication terminals// Proc. SPIE. – 1994. – Vol. 2210. – P. 104 – 111.

8. d'Auria L., Huignard J.P., Roy A.M. Photolithographic fabrication of thin film lenses// Opt. Comm. – 1972. – Vol.5, N4 – P. 232 – 235.
9. Ersoy O.K. Construction of point images with the scanning electron microscope: A simple algorithm// Optik. – 1976. – Vol. 46, September – P. 61 – 66.
10. Fujita T., Nishihara H., Koyama J. Fabrication of micro-lenses using electron beam lithography// Opt. Lett. – 1981. – Vol.6. – P.613 – 615.
11. Одинокоев С.Б., Сагатеян Г.Р. Технология изготовления дифракционных и голограммных оптических элементов с функциональным микрорельефом поверхности методом плазмохимического травления // Вестник МГТУ. Приборостроение. – 2010. – №2. – С.79.
12. Swanson G.J. Binary optics technology: The theory and design of multi-level diffractive optical elements// MIT Lincoln Laboratory Rep. 854. – MIT, Cambridge, Mass. – 1989.
13. Gale M.T., Кноп К. The fabrication of fine lens arrays by laser beam writing// Proc. SPIE. – 1983. – Vol.398. – P. 347 – 353.
14. Goltsos W., Liu S. Polar coordinate laser writer for binary optics fabrication//Proc. SPIE. – 1990. – V.1211. – P.137.
15. Полешук А.Г., Кирьянов В.П., Коронкевич В.П., Наливайко В.И. Киноформы. Оптическая система для синтеза элементов // Новосибирск, 1979. – Препринт 99. – ИАиЭ СО АН СССР.
16. Дифракционная компьютерная оптика // Под ред. Сойфера В.А. . – М, 2007. – ФИЗМАТГИЗ. – С.736.
17. Clark P.P., Londoco C. Production of kinoforms by single-point diamond machining//Opt. News. – 1989. – Vol.15. – №12. – P.39 – 40.
18. Gale M.T. Replication technology for diffractive optical elements// Proc. SPIE. – 1997. – Vol.3010. – P.111 – 123.
19. Anderson H., Ekberg M., Hard S., Jacobsson S., Larsson M., Nilsson T.. Single photomask, multilevel kinoforms in quartz and photoresist: manufacture and evaluation //Applied Optics. – 1990. – Vol.29. – N 28. – P.4259 – 4264.
20. Wu C., Che-Kuang. High energy beam sensitive glasses. Патент США N 5285517. C03C 15/00. – 1994.

© Н. А. Гурин, В. П. Корольков, Ю. Ц. Батомункуев, Е. В. Спесивцев, 2020