

ВЛИЯНИЕ ПРЯМОЙ ЛАЗЕРНОЙ ЗАПИСИ МЕТОДОМ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ НА СПЕКТРЫ ОТРАЖЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЁНОК ХРОМА

Агафонов А.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

Аннотация

Исследованы спектры отражения тонких плёнок хрома до и после лазерной записи методом локального термохимического окисления. Приведены результаты измерений для квазиаморфного и кристаллического типов плёнок. Показано влияние рекристаллизации на спектр отражения.

Ключевые слова: лазерная запись, хром, рекристаллизация, спектр отражения.

Введение

В настоящее время известен ряд сравнительно дешёвых методов изготовления металлизированных шаблонов для производства дифракционных оптических элементов (ДОО), основанных на формировании изображения непосредственно в слое рабочего материала без использования фоторезиста, при помощи локальной обработки материала лазерным излучением (ЛИ) [1]. Эти методы можно разделить на термофизические (рекристаллизация или прямое испарение вещества) и термохимические (окисление) методы. С точки зрения возможности увеличения разрешающей способности более предпочтителен метод термохимического окисления. Он основан на локальном окислении тонких плёнок хрома под действием лазерного излучения. Последующее жидкостное травление образца приводит к формированию микро рельефа за счёт существенного различия скоростей травления хрома и его окисных форм.

Использование перспективных, с точки зрения повышения разрешающей способности, тонких плёнок (< 50 нм) вызывает необходимость более подробного исследования влияния микро структуры плёнки хрома и её химического состава на процесс термохимического окисления, в том числе на оптические свойства материала плёнки.

1. Экспериментальная часть

Исследование коэффициента отражения плёнок хрома проводилось на спектрофотометре Shimadzu UV 3600. Были получены спектры отражения от образцов плёнок с параметрами, приведёнными в табл. 1.

Результаты измерений приведены на рис. 1, 2.

Полученные данные хорошо согласуются с имеющимися в литературе [2]. Уменьшение коэффициента отражения после лазерной обработки объясняется частичным окислением плёнки хрома. При больших значениях мощности записи (> 80% $P_{кр}$, где $P_{кр}$ – мощность ЛИ, при которой начинается активное плавление хрома) наблюдается резкое изменение коэффициента отражения квазиаморфных плёнок (рис. 3).

Подобное изменение спектра отражения возможно под влиянием двух факторов:

1. изменение характерного размера кристаллитов в процессе лазерной записи (рекристаллизация)

2. образование различных типов оксидов хрома в зависимости от мощности экспонирующего излучения (Cr_2O_3 и CrO_2).

Таблица 1. Параметры образцов для исследования оптических свойств

Номер образца	Стадия	Размер кристаллита, нм	Толщина, нм
1	До лазерной обработки	Квазиаморфная плёнка	≈ 80
2	До лазерной обработки	≈ 25 нм	≈ 80
3	После лазерной обработки	Квазиаморфная плёнка	≈ 80
4	После лазерной обработки	≈ 25 нм	≈ 80

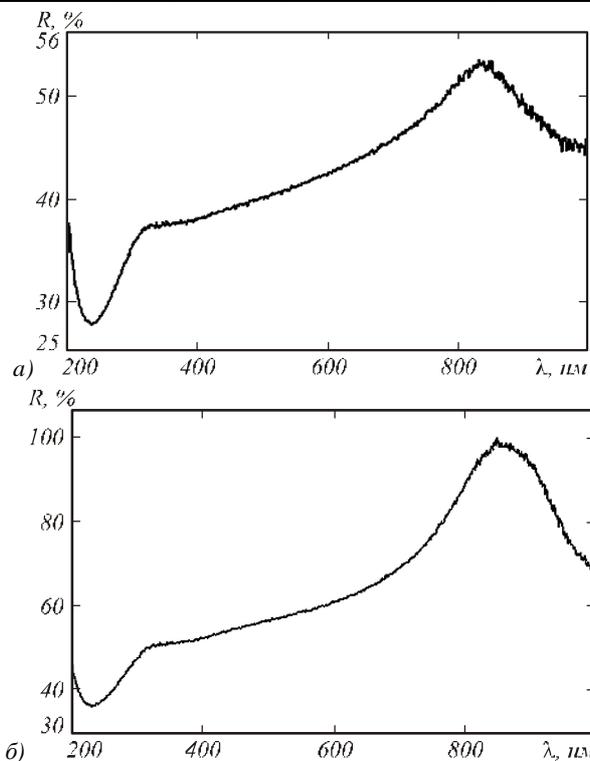


Рис. 1. Спектры отражения до лазерной обработки квазиаморфная плёнка (а), кристаллическая плёнка (б)

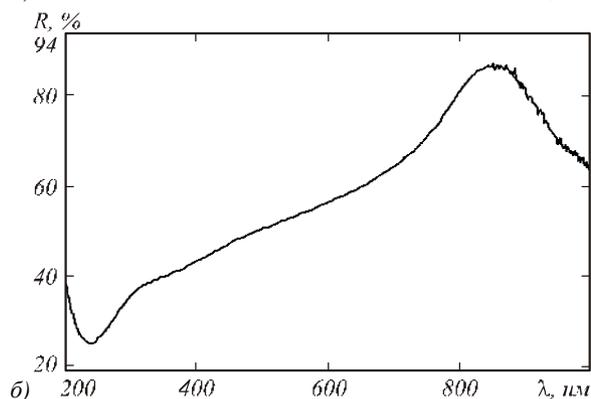
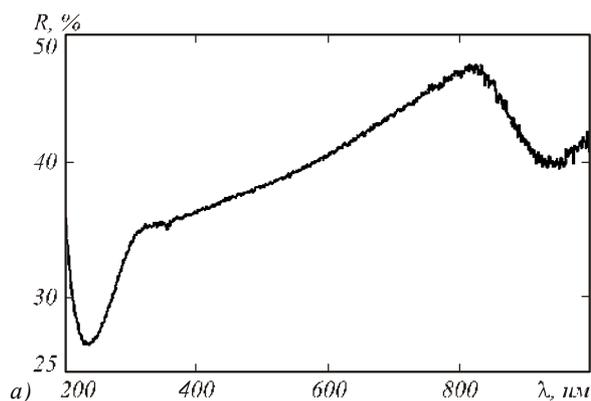


Рис. 2. Спектры отражения после лазерной обработки квазиаморфная плёнка (а), кристаллическая плёнка (б)

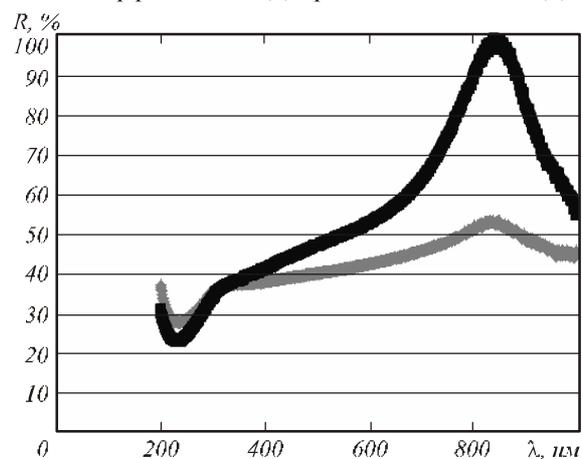


Рис. 3. Коэффициент отражения квазиаморфной плёнки после обработки лазерным излучением большой мощности. Нижняя кривая – до лазерной обработки, верхняя кривая – после лазерной обработки

Имеющиеся в настоящее время экспериментальные данные по определению характерного размера кристаллитов [3] показывают, что в случае квазиаморфных плёнок, при сравнительно больших мощностях лазерного излучения, рекристаллизация возможна. Так как указанное изменение спектра отражения присутствует только в случае квазиаморфной

плёнки, вероятнее всего, процессы рекристаллизации являются определяющими.

Так как характерный размер кристаллитов во многом определяет количество окисленного хрома и стойкость полученных структур к последующему жидкостному травлению, активная рекристаллизация может сильно влиять на результаты лазерной записи. Следовательно, определение условий, при которой в квазиаморфной плёнке начинаются активные процессы рекристаллизации, является актуальной задачей, ещё требующей решения.

Заключение

Таким образом, в результате проделанной работы получены следующие основные результаты:

1. Определены экспериментальные зависимости коэффициента отражения от длины волны для плёнок хрома различной микроструктуры, как до лазерной обработки, так и после неё.
2. Экспериментально определено влияние процессов рекристаллизации на спектр отражения квазиаморфных плёнок.
3. Экспериментально определено влияние характерного размера кристаллитов на спектры отражения плёнок хрома.

Литература

1. **Veyko, V.P.** Local Laser Oxidation of Thin Metal Films: Ultra-resolution in Theory and in Practice / V.P. Veyko, E.A. Shakhno, A.G. Poleshchuk, V.P. Korolkov, V. Matyzhonok // JLMN-Journal of Laser Micro/Nanoengineering. – 2008. – Vol. 3, N 3. – P. 201-205.
2. **Вейко, В.П.** Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика / В.П. Вейко, М.Н. Либенсон, Г.Г. Червяков, Е.Б. Яковлев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 312 с.
3. **Агафонов, А.Н.** Исследование параметров микроструктуры пленок хрома и их влияния на результаты локального термохимического окисления под действием лазерного излучения / А.Н. Агафонов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики – 2010. – № 05(69). – С. 17-21.

References

1. **Veyko, V.P.** Local Laser Oxidation of Thin Metal Films: Ultra-resolution in Theory and in Practice / V.P. Veyko, E.A. Shakhno, A.G. Poleshchuk, V.P. Korolkov, V. Matyzhonok // JLMN-Journal of Laser Micro/Nanoengineering. – 2008. – Vol. 3, N 3. – P. 201-205.
2. **Veyko, V.P.** Interaction of laser radiation with substance / V.P. Veyko, M.N. Libenson, G.G. Chervyakov, E.B. Yakovlev. – Moscow: "Physmathlit" Publisher, 2008. – 312 p. – (In Russian).
3. **Agafonov, A.N.** Influence of microstructure parameters of chrome films on local thermochemical oxidation by laser radiation / A.N. Agafonov // Sci-tech reporter of IT, mechanical and optics – 2010. – Vol. 05(69). – P. 17-21. – (In Russian).

INFLUENCE OF DIRECT LASER WRITING ON REFLECTION SPECTRUM OF CHROME FILMS*A.N. Agafonov**S.P. Korolyov Samara State Aerospace University (National Research University)****Abstract***

Reflection spectrum of chrome films before and after laser writing by local thermochemical oxidation is investigated. Presented results for quasi amorphous and crystalline type of chrome films. Influence of recrystallization process on reflection spectrum of quasi amorphous chrome films is investigated.

Key words: laser writing, chrome films, recrystallization, reflection spectrum.

Сведения об авторе

Агафонов Андрей Николаевич, ассистент кафедры наноинженерии, Самарский государственный аэрокосмический университет имени С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). Область научных интересов: производство микро и нано-структур, технология прямой лазерной записи.

E-mail: andr_agafonov@mail.ru.

Andrey Nickolaevich Agafonov, assistant of the department of nanoengineering, Samara State Aerospace University named after S.P. Korolev (national research university). Research interests: the production of micro-and nanostructure, direct laser writing technology.
