

Р. Р. Мингалиева, М. С. Петровнина, К. В. Сабержанов,
В. Е. Катнов, С. Н. Степин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОКСИДА КРЕМНИЯ С ВКЛЮЧЕНИЯМИ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА

Ключевые слова: наночастицы серебра, диоксид кремния, золь-гель-технология, покрытия, свойства.

Исследована возможность формирования покрытий, содержащих наночастицы серебра, по золь-гель-технологии при температуре от 400 °C до 600 °C. Установлена зависимость коэффициентов отражения и пропускания полученных покрытий от температуры и соотношения исходного компонентов.

Keywords: metal nanoparticles, silica sol-gel technology, coating properties.

The possibility of forming coatings containing silver nanoparticles by sol-gel technique at temperatures from 400 °C to 600 °C. The dependence of the reflection and transmission of the coatings on the temperature and the ratio of the initial components.

Введение

Начиная с открытия матричного синтеза мезопористых силикатов и алюмосиликатов, интенсивное развитие получил золь-гель-метод синтеза различных мезопористых материалов в присутствии поверхностно-активных веществ (ПАВ). В частности, таким образом впервые были получены тонкие прозрачные пленки с низким показателем преломления на основе диоксида кремния [1].

На всех этапах золь-гель-процессов протекают многообразные реакции, влияющие на конечный состав и структуру ксерогеля. На этапе синтеза и созревания золя характеры фрактальных агрегатов зависят от состава прекурсоров, их концентрации, порядка смешивания, pH среды, температуры и времени реакции, состава атмосферы (особенно влажности) и других [2].

Экспериментальная часть

В данной работе исследован процесс получения прозрачных покрытий (Пк), содержащих наночастицы (НЧ) серебра, по золь-гель-технологии при температуре от 400 °C до 600 °C и различном соотношении компонентов. Золь диоксида кремния получали в процессе плазмодинамического синтеза, описанного в работах [3,4]. На первом этапе исследовали влияние условий термообработки на свойства Пк. Композиции для получения Пк готовили смешением 20%-го водного золя диоксида кремния и 3 %-го водного раствора нитрата серебра достигая массового соотношения диоксида кремния и серебра 10:1. Полученные композиции наносили на стеклянную подложку распылением и центрифугальным методом, после чего сушили при комнатной температуре до образования пленки и подвергали термообработке в муфельной печи при температуре от 400°C до 600°C (нагрев образцов выше 600°C сопровождается механическим разрушением стекла).

На образцах, нагретых до 400°C, наблюдалось частичное отслоение пленок от поверхности стеклянного субстрата, очевидно,

связанное с возникновением в покрытии остаточных напряжений, превышающих прочность адгезионных связей. В остальных случаях на стеклах формировались тонкие, прозрачные Пк толщиной менее 1 мкм, содержащие наночастицы серебра, образующиеся в результате термолитиза нитрата. По результатам ОЖЕ-спектроскопии размер частиц серебра находится в пределах 20-30 нм. Визуальные наблюдения под разными углами зрения позволили установить, что Пк обладают интерференционным эффектом.

Коэффициенты отражения и пропускания полученных покрытий в диапазоне длин волн 400-700 нм определяли при помощи спектрофотометров X-Rite Color и Proscan MC 122 соответственно. В качестве эталона при измерении оптических характеристик использовали чистое стекло, измерения проводили с шагом 10 нм.

Результаты исследования оптических свойств покрытий представлены на рис. 1 и 2.

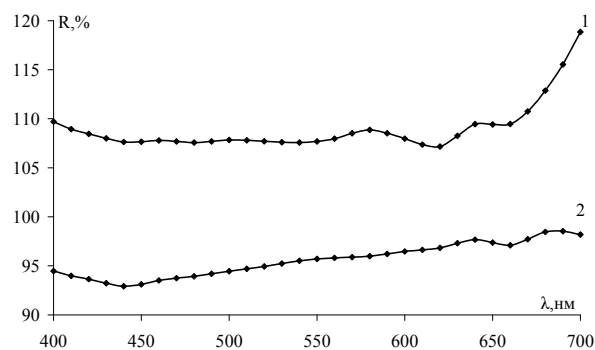


Рис. 1 - Зависимость коэффициентов отражения стеклянных образцов с Пк, полученным при температуре 500°C (1) и 600 °C (2)

Данные, представленные на рис. 1 и 2 свидетельствуют о том, что при формировании Пк при температуре 600°C для них наблюдается уменьшение коэффициента отражения и увеличение коэффициента пропускания. Снижение температуры приводит к уменьшению коэффициента пропускания и возрастанию коэффициента

отражения. Таким образом, в качестве оптимальной температуры формирования Пк была определена температура 600 °С.

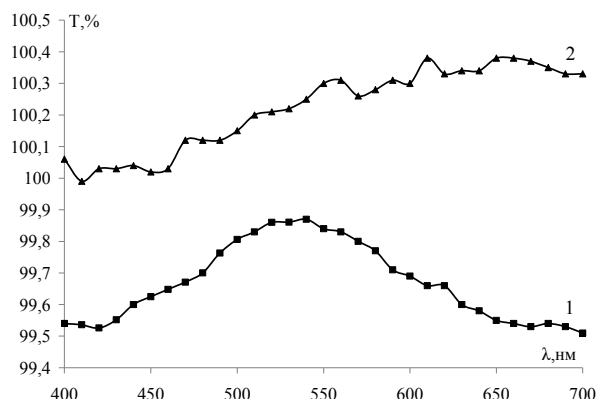


Рис. 2 - Зависимость коэффициентов пропускания стеклянных образцов с Пк, полученным при температуре 500°C (1) и 600°C (2)

На следующем этапе работы для определения оптимальной рецептуры композиции были приготовлены композиции для формирования Пк с массовым соотношением диоксида кремния и серебра 10:1 и 10:3. Как видно из данных, представленных на рис. 3 и 4, при увеличении содержания наносеребра отражательная способность Пк уменьшается, а пропускная способность увеличивается.

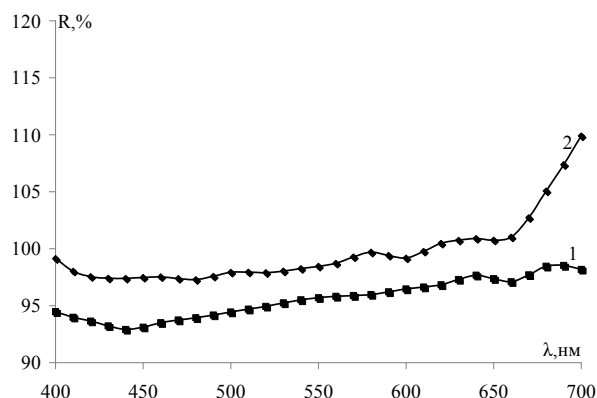


Рис. 3 - Зависимость коэффициентов отражения стеклянных образцов с Пк, полученным при соотношении золь диоксида кремния: серебра: 1 - 10:1 и 2 - 10:3

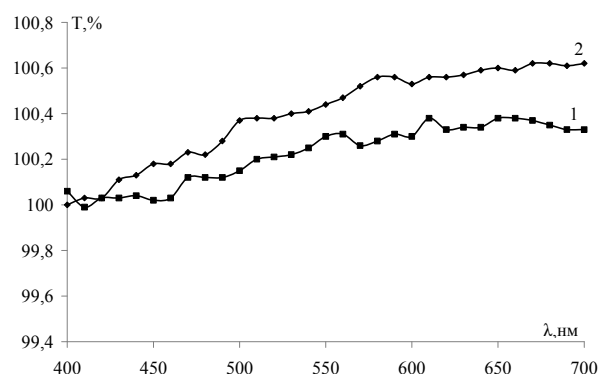


Рис. 4 - Зависимость коэффициентов пропускания стеклянных образцов с Пк, полученным при соотношении золь диоксида кремния: серебра: 1 - 10:1 и 2 - 10:3

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о перспективности использования наносеребра в качестве компонента покрытий на основе диоксида кремния с целью придания им специальных оптических свойств.

Литература

1. Троицкий Б.Б., Наноструктуры поверхности пленок диоксида кремния, полученных золь-гель-методом с органическими добавками/Б.Б. Троицкий, и др. //Известие Академии наук: Серия химическая, №4, 2012, С.681-684
2. Авторы: Максимов А.И., Мошников В. А., Таиров Ю. М., Шилова О. А. Основы золь-гель-технологии нанокompозитов: Монография. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2007. 156 с.
3. Катнов В.Е., Петрова Е.В., Степин С.Н., Дресвянников А.Ф., Гафаров И.Г., Казань: Вестник Казанского технологического университета, вып. 14, 220– 223 (2011).
4. Герасимов А.В., Игнатов О. Б., Пронин О. Ю., Катнов В.Е., Казань: Вестник Казанского технологического университета, вып. 21, 133– 136 (2012).