

УДК 661.882.27:[538.958 + 544.541]

DOI: 10.17223/00213411/62/9/187

М.М. МИХАЙЛОВ, С.А. ЮРЬЕВ, А.Н. ЛАПИН

**ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ПОРОШКА  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ  $\text{ZrO}_2$  \***

**Ключевые слова:** порошки, наночастицы, модифицирование, оптические свойства, облучение, ускоренные электроны.

Порошки оксидов металлов, такие, как  $\text{ZnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с высокой отражательной способностью в солнечном диапазоне спектра широко используются в качестве пигментов терморегулирующих покрытий (ТРП) космических аппаратов (КА) класса «оптические солнечные отражатели». Под действием излучений космического пространства (КП) в процессе орбитального полета в этих пигментах и ТРП, изготовленных на их основе, образуются дефекты и центры окраски, что приводит к появлению полос поглощения и уменьшению коэффициента отражения ( $\rho$ ) в различных областях спектра. Для увеличения стабильности оптических свойств пигментов к облучению используют различные технологические приемы: обработку в кислороде, фторирование, модифицирование оксидантами и редкоземельными элементами, прогрев в атмосфере кислорода, создание защитных слоев на поверхности зерен и гранул [1, 2].

В последние годы большое внимание уделяется модифицированию порошков наночастицами, выступающими в роли центров релаксации, образованных облучением дефектов [3]. К настоящему времени модифицирование наночастицами неорганических соединений достаточно изучено и используется для увеличения их стойкости к действию ионизирующих излучений [3, 4].

Ранее было показано [4, 5], что от многих кристаллических нанопорошков оксидных соединений ( $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CeO}_2$ ) порошок  $\text{SiO}_2$  отличается аморфным состоянием и большой удельной поверхностью. Такое отличие имеет особое значение для увеличения радиационной стойкости модифицируемых ими соединений. Эти два свойства могут оказывать противоположное влияние на стойкость к действию излучений. Поэтому представляет научный интерес исследование оптических свойств и радиационной стойкости самих исходных и модифицированных наночастицами порошков  $\text{SiO}_2$ .

Целью работы является исследование влияния пригрева и модифицирования наночастицами порошков  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  на спектры диффузного отражения и их изменение после облучения электронами порошка  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , являющегося кремниевой кислотой

Образцы для исследования приготавливали смешиванием порошка  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  с наночастицами  $\text{ZrO}_2$  (5 мас. %, 20–40 нм, получены плазмохимическим способом [5]) в фарфоровой ступке, диспергированием в дистиллированной воде с использованием ультразвука и магнитной мешалки, выпариванием смеси в сушильном шкафу, перетираем в фарфоровой ступке и прогревом 2 ч при 800 °С. Приготовленные порошки запрессовывали при  $P = 1$  МПа в металлические подложки, устанавливали на предметном столике установки «Спектр» [6]. Получали вакуум  $5 \cdot 10^{-7}$  Торр, регистрировали спектры отражения до облучения ( $\rho_{\lambda 0}$ ), облучали электронами с энергией 30 кэВ при  $\varphi = 1 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ,  $\Phi = (0.5, 1 \text{ и } 2) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ ,  $T = 300$  К. После каждого периода облучения регистрировали спектры облученных порошков ( $\rho_{\lambda \text{ф}}$ ) на месте облучения (*in situ*).

Из спектров  $\rho_{\lambda 0}$  следует (рис. 1), что коэффициент отражения порошка в исходном состоянии (кривая 1) превышает 90 %. В областях вблизи 400, 1400 и 1800 нм регистрируются провалы, в области свыше 2000 нм коэффициент отражения уменьшается до 40 % и менее. Провалы в ближней ИК-области определяются деформационными колебаниями ОН-групп [7], в области 400 нм – собственными дефектами  $\text{SiO}_2$  [8–10]. После прогрева 2 ч при 800 °С (кривая 2)  $\rho$  увеличивается по всему спектру, величина провалов уменьшается, в области  $\lambda \geq 2000$  нм значения  $\rho$  воз-

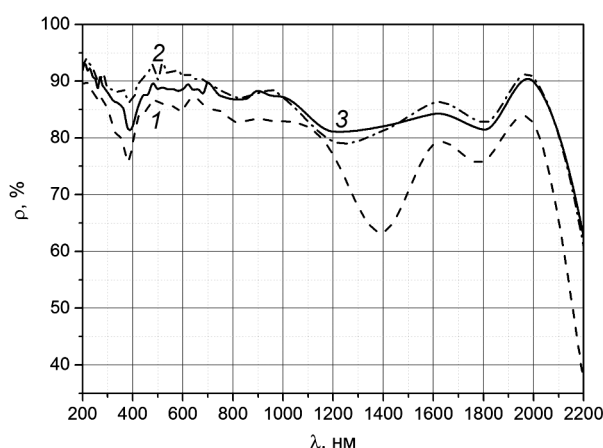


Рис. 1. Спектры диффузного отражения порошка  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  в исходном состоянии (кр. 1), после прогрева (кр. 2) и модифицирования наночастицами  $\text{ZrO}_2$  (кр. 3)

\* Работа выполнена при финансовой поддержке госзадания № 1.8575.2017/8.9 Минобрнауки.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>