

УДК 544.541: 535.343

ДЕГРАДАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ НАНОПОРОШКОВ TiO_2

Нещименко В. В., Житенев А. Н.

Амурский государственный Университет, г. Благовещенск

Космические аппараты подвержены действию многих факторов, обуславливающих изменение свойств и рабочих характеристик материалов внешних поверхностей. В большей степени это касается терморегулирующих покрытий класса «солнечные отражатели», к которым относятся эмалевые и керамические покрытия на основе оксидных белых пигментов с органическими и неорганическими связующими [1]. Среди пигментов для покрытий этого класса используются порошки диоксида титана. Но при длительных сроках орбитального полета космических аппаратов образуется достаточно большое количество дефектов и центров поглощения, что приводит к появлению полос поглощения, а также к увеличению интегрального коэффициента поглощения солнечного излучения. Поэтому разработка способов повышения радиационной стойкости покрытий является актуальной проблемой. В данной работе исследовалась возможность применения наночастиц диоксида титана в качестве пигмента для покрытий космических аппаратов, оценивались их оптические свойства и радиационная стойкость к действию ионизирующих излучений.

Наночастицы TiO_2 были получены золь-гель методом и имели размер 10-30 нм, и высокую удельную поверхность $120 \text{ м}^2/\text{г}$. Для сравнения свойств, использовались микропорошки, их размер был порядка 1 мкм, удельная поверхность $5 \text{ м}^2/\text{г}$. Микро- и нанопорошки TiO_2 имели структуру анатаз. Покрытия были приготовлены при смешивании 75 % по объему порошка-пигмента и 25 % по объему кремнийорганического лака, которые были нанесены на алюминиевые подложки АМгб. Толщина слоя покрытия составляла примерно 150-200 мкм.

Образцы были облучены протонами энергией 100 кэВ флюенсом $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ потоком $5 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ в вакууме $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$. Спектры диффузного отражения регистрировали спектрофотометром Perkin Elmer Lambda 950 с шагом 5 нм/с в диапазоне от 250 до 2500 нм. Спектры ρ_λ оценивались по двум экспериментальным точкам. Значение интегрального коэффициента поглощения солнечного излучения (α_s) рассчитывалась по стандартам ASTM (E490 и E903-00a-96).

Коэффициент отражения для покрытий на основе микро- и нанопорошков TiO_2 достигает 80 % в области от 500 до 1500 нм, в ближней ИК-области происходит его уменьшение до 40 % (рис.1). В этой области также регистрируются полосы поглощения 1190, 1405, 1690, 1740, 1830, 1930, 2275, 2360, 2460 нм, которые сходны с полосами поглощения используемого связующего кремнийорганического лака, часть из них совпадают с полосами поглощения микропорошков.

После облучения порошков протонами в разностных спектрах диффузного отражения ($\Delta\rho = \rho_0 - \rho_\phi$, где ρ_0 и ρ_ϕ – спектры диффузного отражения до и после облучения соответственно), регистрируется полоса наведенного поглощения в области от 3,5 до 0,5 эВ. Данная полоса обусловлена различными радиационными дефектами как в пигменте, так и в связующем. Элементарные процессы и реакции, приводящие к образованию и накоплению дефектов в диоксиде титана были описаны в наших предыдущих работах [2, 3]. Наибольшим поглощением 76 % обладают образцы покрытий из микропорошков TiO_2 , пик, которого приходится на видимую область 3,08 эВ, что совпадает со значением характерным для дефектов в пигменте. Для покрытий на основе наночастиц положение пика поглощения варьируется от 2,7 эВ до 2,9 эВ и его интенсивность достигает 50 %.

Из рассчитанных значений Δa_s следует, что наибольшей радиационной стойкостью обладают образцы покрытий на основе нанопорошков, значения Δa_s , которых равно $0,203 \pm 0,001$, тогда как у покрытий на основе микропорошков она достигает $0,268 \pm 0,001$.

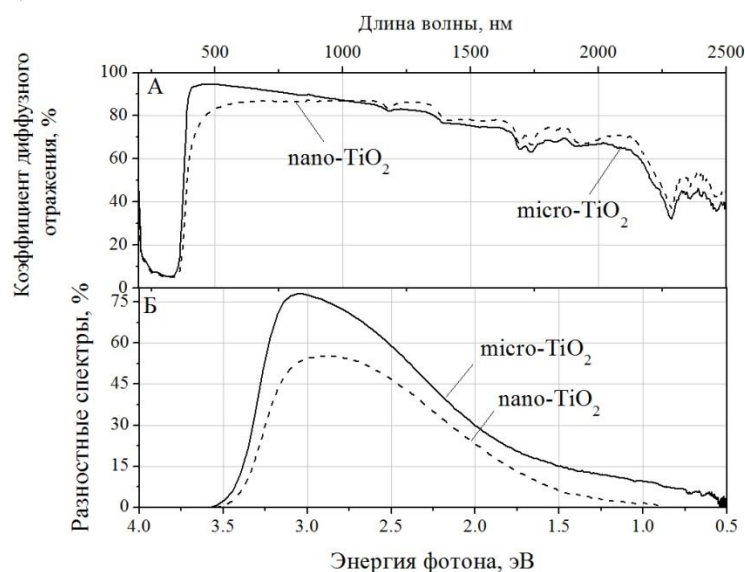


Рис. 1. Спектры диффузного отражения (А) и разностные спектры диффузного отражения покрытий (Б) на основе микро- и нанопорошков TiO_2 после облучения протонами $100 \text{ кэВ } \Phi = 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$.

Выполненные исследования показали, что коэффициент отражения в спектрах диффузного отражения покрытий микропорошков выше, чем у нанопорошков. Но радиационная стойкость к воздействию протонов покрытий на основе наночастиц выше, чем у микрочастиц. Таким образом, можно говорить о возможности использования наночастиц для разработки новых терморегулирующих покрытий и использованием нанопорошков диоксида титана.

Библиографический список

1. Tribble, A. C., Lukins, R., Watts, E., Borisov, V. A., Demidov, S. A., Denisenko, V. A., Gorodetskiy, A. A., Grishin, V. K., Nauma, S. F., Sergeev, V. K., Sokolova, S. P. United States and Russian Thermal Control Coating Results in LowEarth Orbit. *Journal of Spacecraft and Rockets* 1996; 33(1): 160-166.
2. Mikhailov, M. M., Chundong, Li, Neshchimenko, V. V. Optical property degradation of titanium dioxide micro- and nanopowders under irradiation. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 2014; 333: 52–57
3. Mikhailov, M. M., Neshchimenko, V. V., Yuryev, S. A. Optical properties and radiation stability of submicro- and nanopowders titanium dioxide measured in situ. *Radiation Physics and Chemistry*. 2016; 121: 10-15.