

РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ДВУХСЛОЙНЫХ ПОЛЫХ ЧАСТИЦ SiO_2/ZnO ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПРОТОНАМИ

Дудин А.Н.¹, Нецименко В.В.¹, Чундун Ли²

1. Амурский государственный университет, Благовещенск, Россия

2. Харбинский политехнический университет, Харбин, Китай

e-mail: andrew.n.dudin@gmail.com, v1ta1y@mail.ru



Аннотация:

Проведен сравнительный анализ спектров диффузного отражения и их изменений после облучения протонами с энергией 100 кэВ двухслойных полых частиц SiO_2/ZnO . Установлено, что интенсивность полос наведенного поглощения в полых частицах SiO_2/ZnO меньше, чем в объемных частицах ZnO . Эффект увеличения радиационной стойкости полых частиц SiO_2/ZnO может быть обусловлен: высокой удельной поверхностью частиц, которая является стоком радиационных дефектов; присутствием фаз SiO_2 , ZnSiO_3 и Zn_2SiO_4 , которые обуславливают образование центров поглощения в УФ области спектра, снижая их концентрацию в видимой области спектра.

Актуальность:

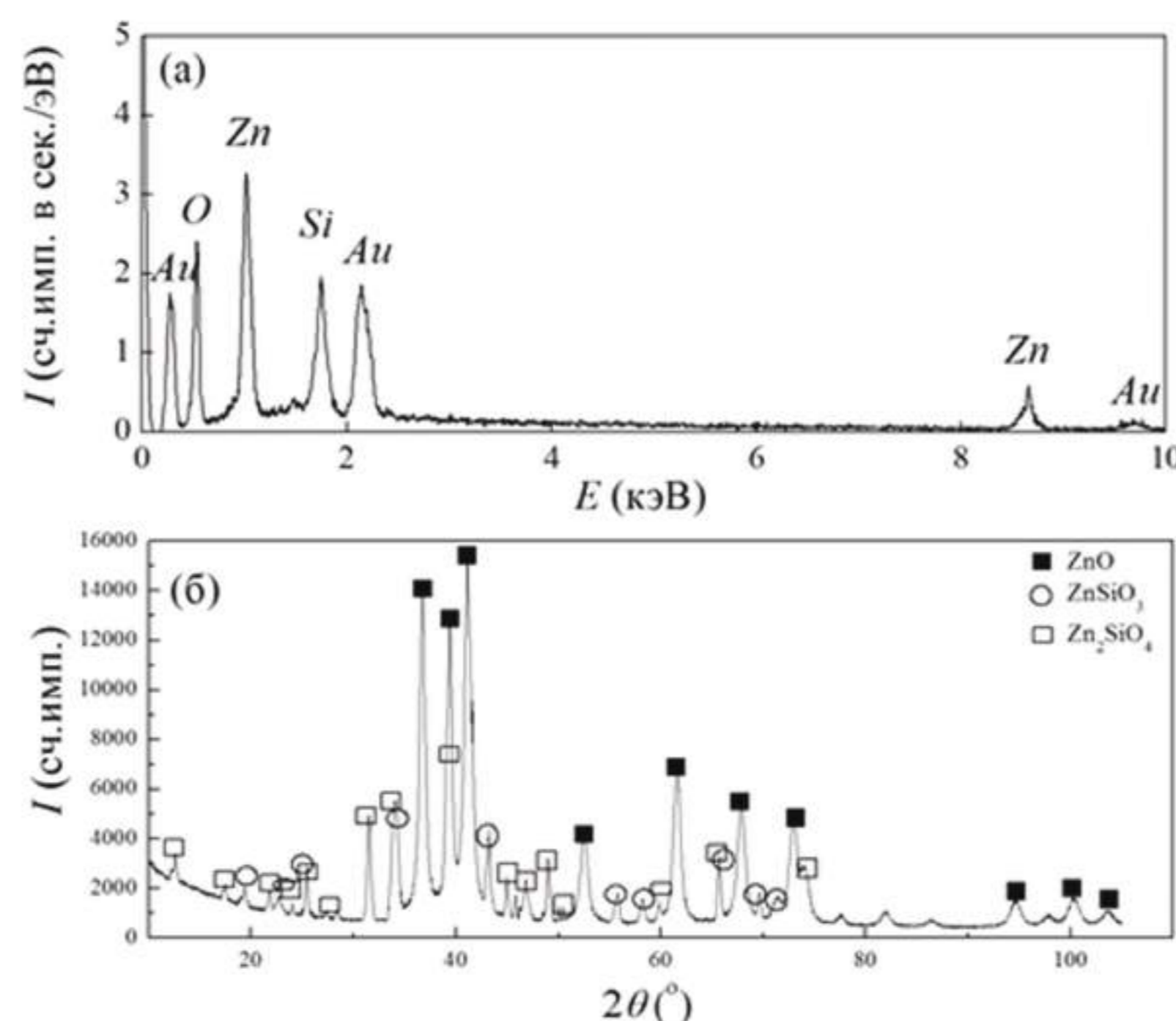
Порошки на основе оксида цинка обладают уникальными электрофизическими и оптическими свойствами, в связи с чем применяются в качестве пигментов терморегулирующих покрытий (ТРП) космических аппаратов. Данные свойств связаны с большой шириной запрещенной зоны, стабильной структурой, обеспечивающей относительно высокую по сравнению с другими пигментами (TiO_2 , Zn_2TiO_4 , Al_2O_3 и др.) фото- и радиационную стойкость.

Как и другие пигменты ТРП, порошки оксида цинка подвержены воздействию различных видов космического излучения. Возникающие при облучении, различного рода дефекты кристаллической решетки ведут к уменьшению отражающей способности и к увеличению интегрального коэффициента поглощения. Решение задач, связанных с увеличением радиационной стойкости, за счет модифицирования пигментов ТРП, представляет научный интерес и практическую ценность.

Двухслойные полые частицы SiO_2/ZnO формировались при смешивании коллоидного раствора полистирольных частиц, этанола, 3-триэтоксисилпропиламина и тетраэтилортосиликата в соотношении по объему 25:250:1:5 в течение 1 часа при температуре 50°C, с последующим добавлением ацетата цинка и 25 % раствора гидроксида аммония в соотношении 5:25 к первичному раствору. После чего полученный раствор перемешивался в течение 2 часов при температуре 50°C. После чего полученный продукт был промыт несколько раз спиртом и высушен при 60°C на воздухе. Далее осуществляли ступенчатую термообработку от 200 до 600°C в течение 4-х часов.

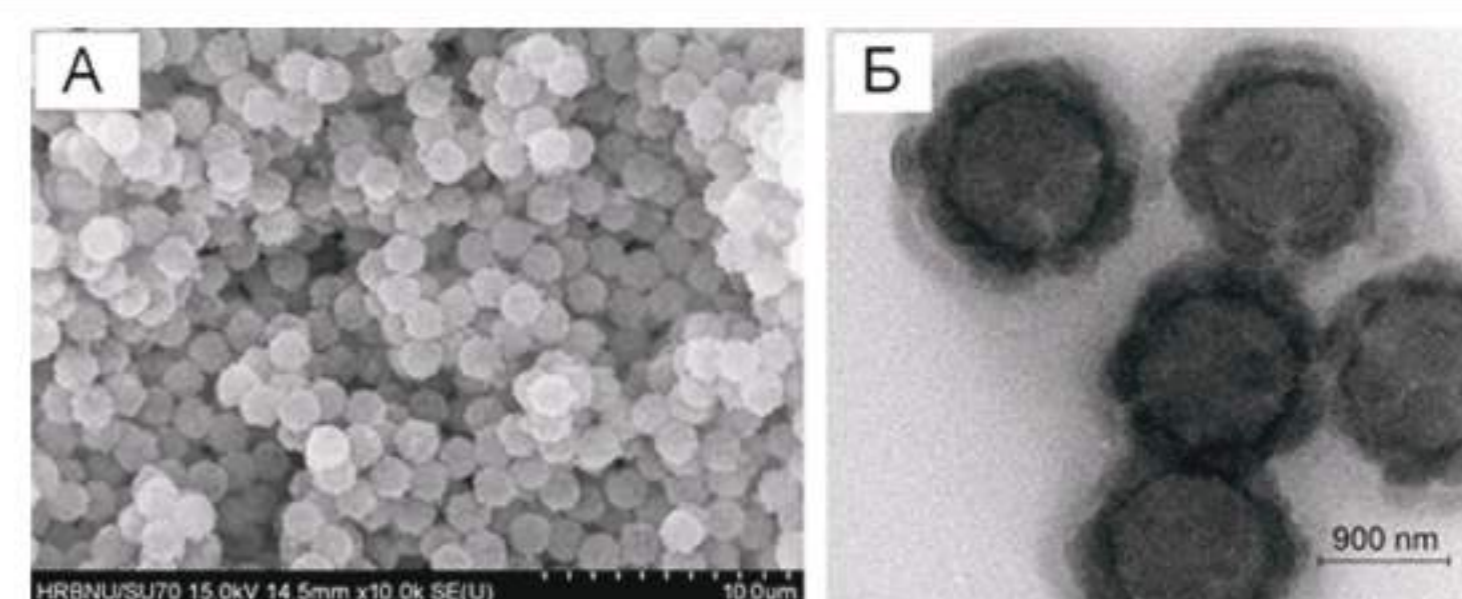
Спектры диффузного отражения получали на сканирующем двухлучевом спектрофотометре с двойным монохроматором Perkin Elmer Lambda 950 шагом 5 нм/с в диапазоне 250–2500 нм.

ЭДС спектр (А) и Рентгенграмма (Б) двухслойных полых частиц SiO_2/ZnO

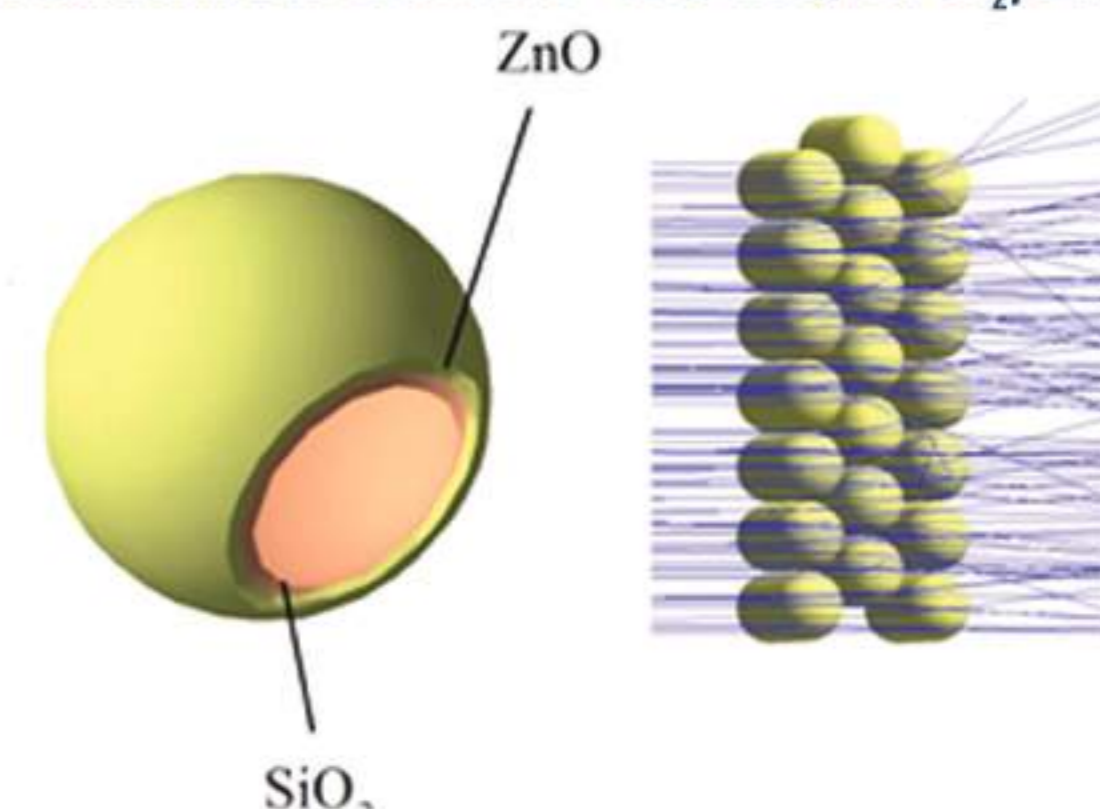


Облучение осуществляли протонами с энергией 100 кэВ, (флюенс $5 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}$), плотностью потока $1 \times 10^{12} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ в вакууме 5×10^5 Па. Интегральный коэффициент поглощения рассчитывали в соответствии со стандартами ASTM (E490-00a и E903-96).

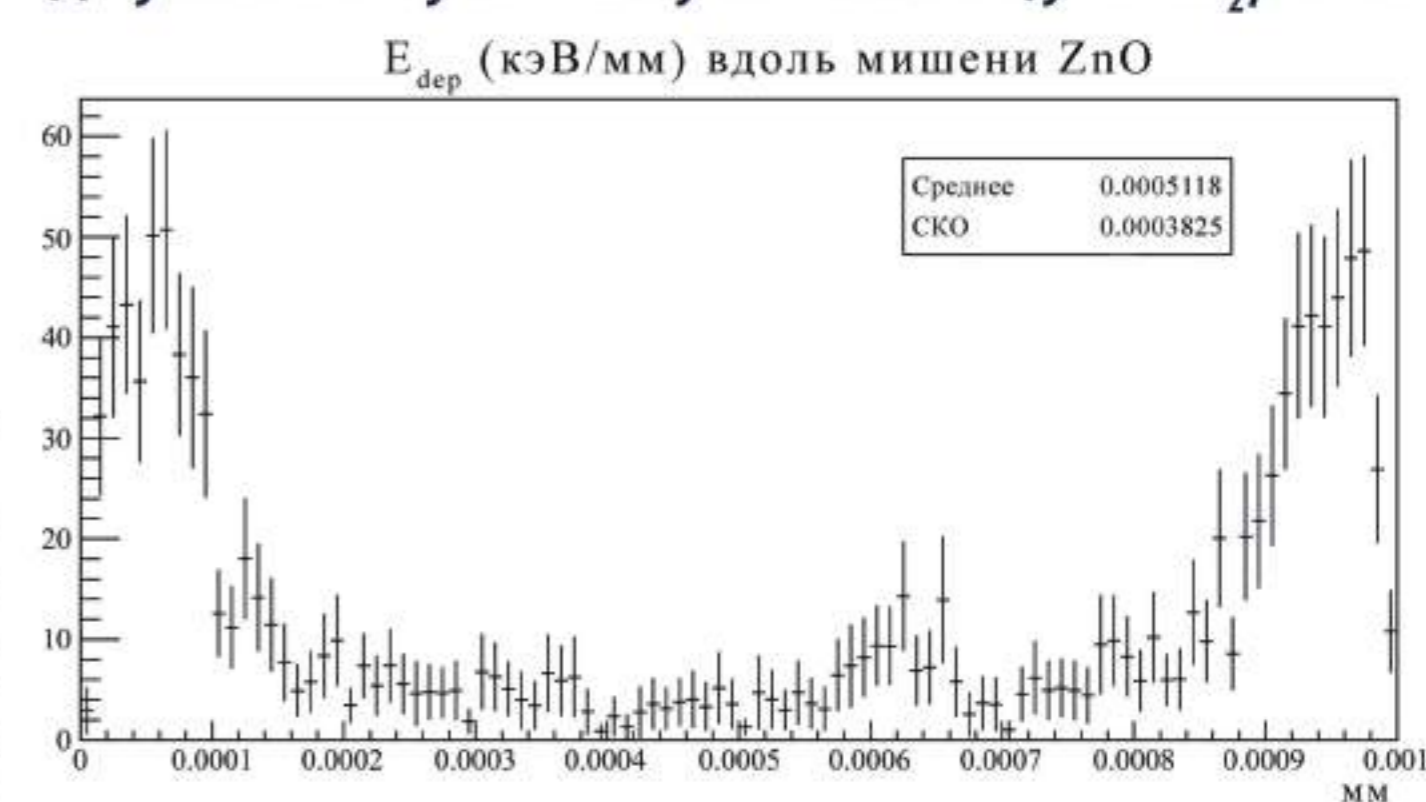
Спектры диффузного отражения микрочастиц ZnO (1) и двухслойных полых частиц SiO_2/ZnO (2) (а). Разностные спектры диффузного отражения микрочастиц ZnO (6) и двухслойных полых частиц SiO_2/ZnO (в) после облучения протонами с энергией 100 кэВ, флюенсом $5 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}$



SEM (А) и TEM (Б) изображение двухслойных полых частиц SiO_2/ZnO



Моделирование в GEANT4, прохождения пучка первых 100 протонов через двухслойную полую частицу SiO_2/ZnO



Моделирование в GEANT4, отношения количества поглощенной энергии относительно толщины мишеней

Заключение:

Из полученных спектров $\Delta\rho_E$ следует, что при воздействии протонами с энергией 100 кэВ флюенсом $5 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}$ интенсивность полос наведенного поглощения в полых частицах SiO_2/ZnO меньше, чем в объемных частицах ZnO , а расчет изменений значений α_s показал увеличение радиационной стойкости порошков SiO_2/ZnO по сравнению с порошками ZnO на 28 %. Показано, что преимущественно двухслойные полые частицы SiO_2/ZnO имеют наибольшее значение поглощенной энергии, превышающие аналогичное значение для полый частицы ZnO в 1.7 раз. Эффект увеличения радиационной стойкости полых частиц SiO_2/ZnO может быть обусловлен: высокой удельной поверхностью частиц, которая является стоком радиационных дефектов; присутствием фаз SiO_2 , ZnSiO_3 и Zn_2SiO_4 , которые обуславливают образование центров поглощения в УФ области спектра, снижая их концентрацию в видимой области спектра.