

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

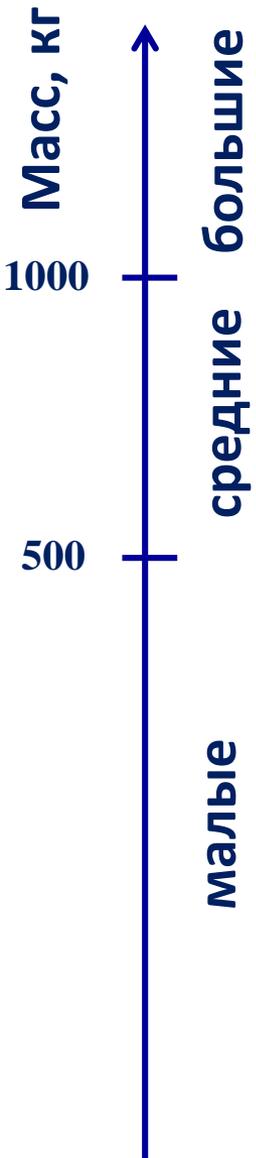


ИЗМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛЫХ ЧАСТИЦ ZnO/SiO_2 ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОНАМИ

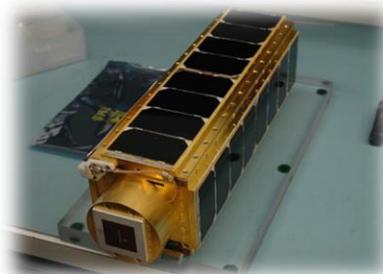
А.Н. Дудин, В.Ю.Юрина, В.В. Нещименко,
М.М.Михайлов, С.А.Юрьев, А.Н.Лапин*

**e-mail: viktoriay-09@mail.ru*

*52-ая Международная Тулиновская конференция по Физике
Взаимодействия Заряженных Частиц с Кристаллами
Москва – 2023*



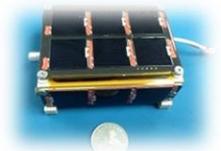
Миниспутник
500-100 кг



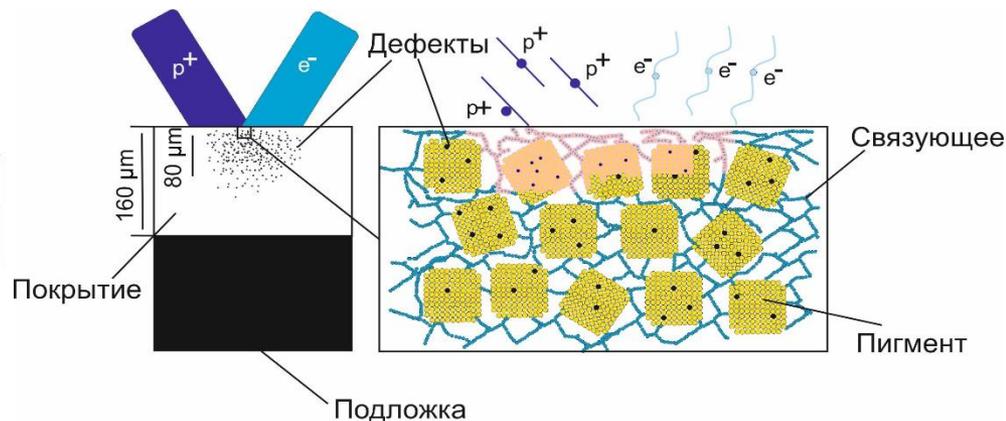
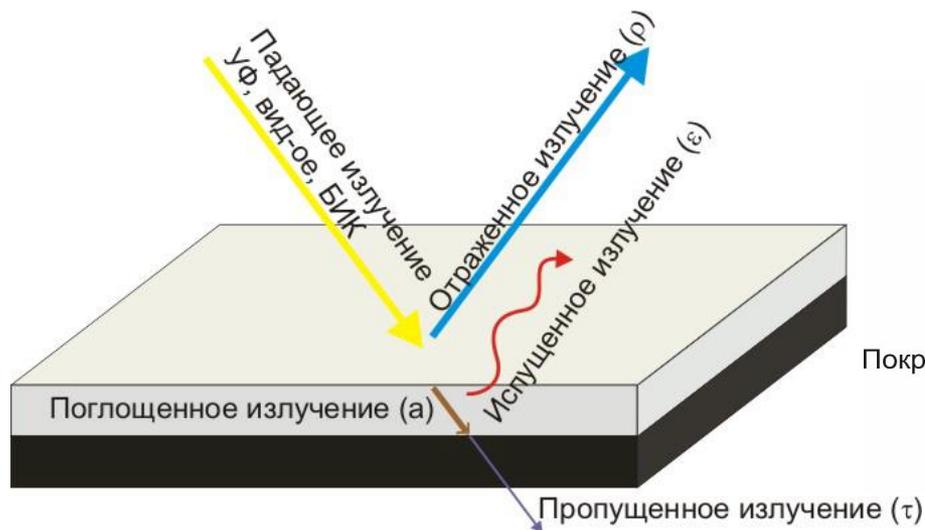
Микроспутник
100-10 кг



Наноспутник
10- 1 кг



Пикоспутник
менее 1 кг



Для поддержания постоянной температуры космического аппарата необходимо:

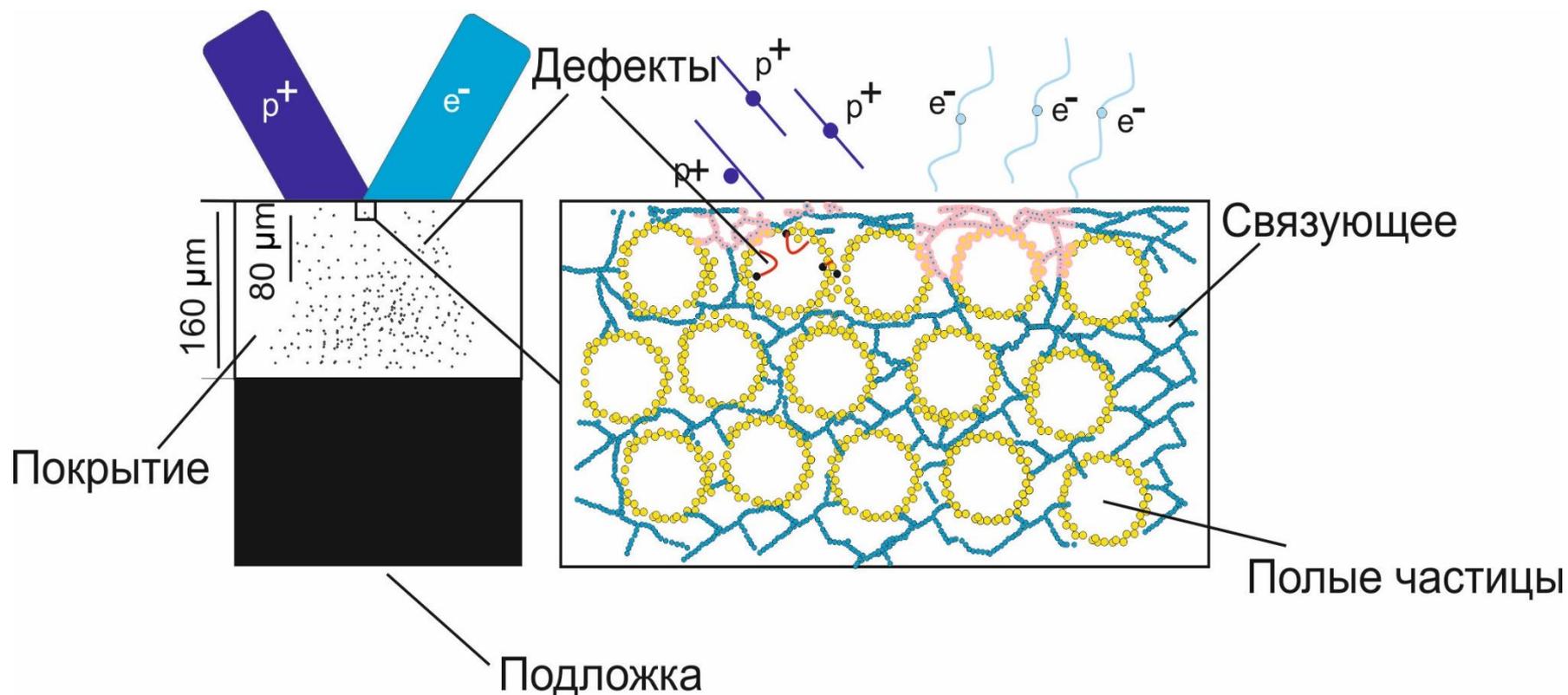
$$Q_{\text{погл}} = Q_{\text{изл}}$$

$$T_{\text{КА}} = (a_s / \epsilon)^{1/4} (S_{\text{погл}} \sigma / S_{\text{изл}} Q_{\text{пад}})^{1/4}$$

ϵ – интегральная полусферическая излучательная способность;

a_s – интегральный коэффициент поглощения солнечного излучения.

Следовательно, значения a_s и ϵ для материалов космического аппарата должны иметь **малые изменения** во времени при орбитальном полете.



Улучшение радиационной стойкости покрытий на основе полых частиц (микросфер) может быть связано с тем, что объемные радиационные дефекты будут возникать с меньшей вероятностью, а поверхностные дефекты будут рекомбинировать в тонком слое микросферы.

Целью работы является исследование деградации оптических свойств покрытий на основе полых двухслойных микрочастиц @ZnO/SiO₂ при облучении электронами.

Задачи:

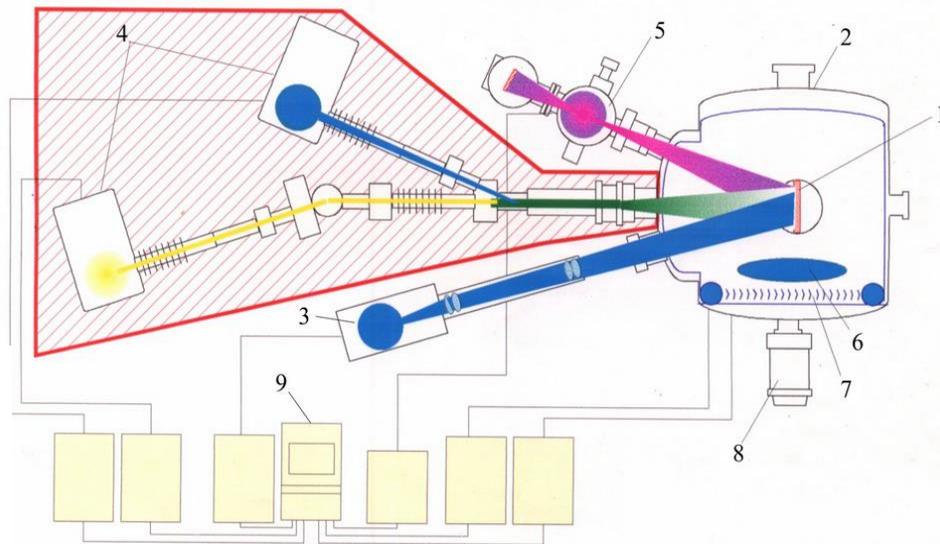
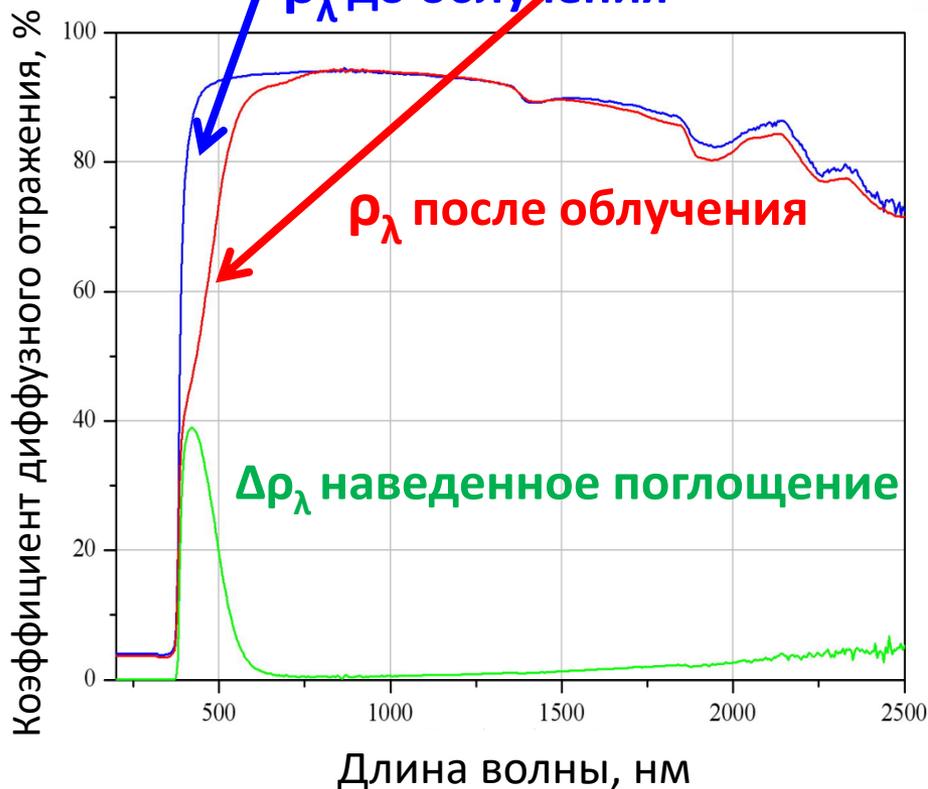
- синтезировать полые частицы @ZnO/SiO₂, исследовать их кристаллическую структуру и морфологию поверхности;
- исследовать оптические свойства покрытий на основе полых частиц @ZnO/SiO₂ в диапазоне от 200 до 2500 нм;
- исследовать деградацию оптических свойств *in situ* покрытий на основе полых частиц @ZnO/SiO₂ при облучении электронами с энергией 30 кэВ флюенсом до $7 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$;



ρ_λ до облучения

ρ_λ после облучения

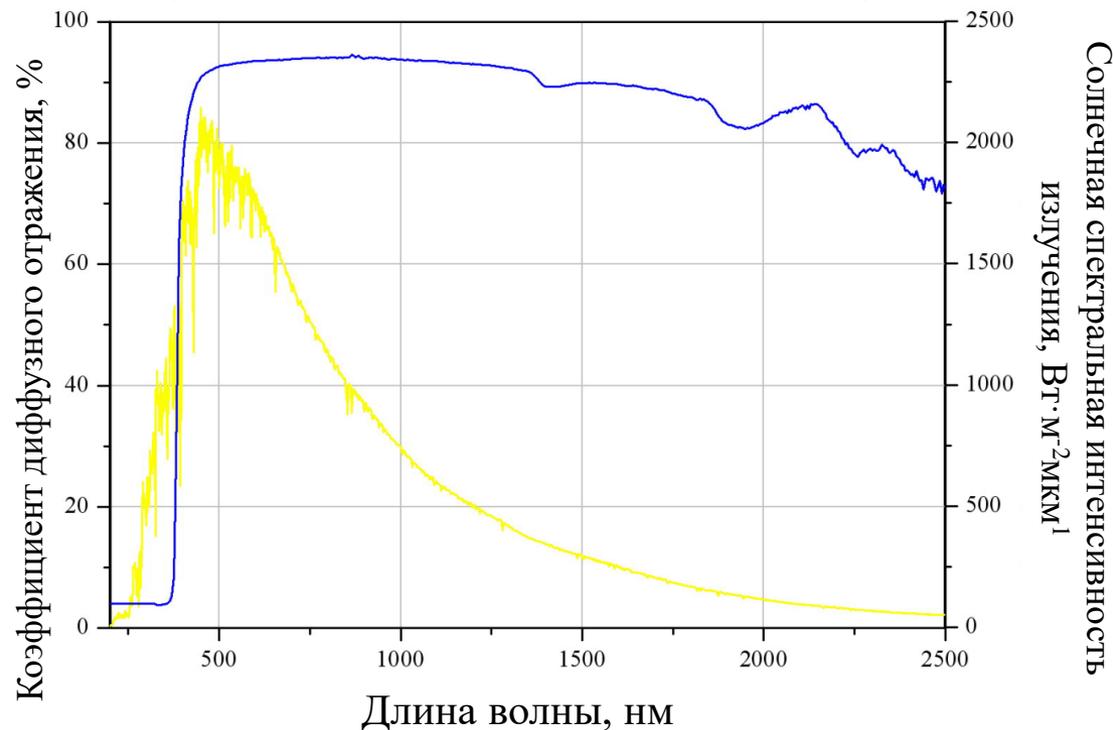
$\Delta\rho_\lambda$ наведенное поглощение

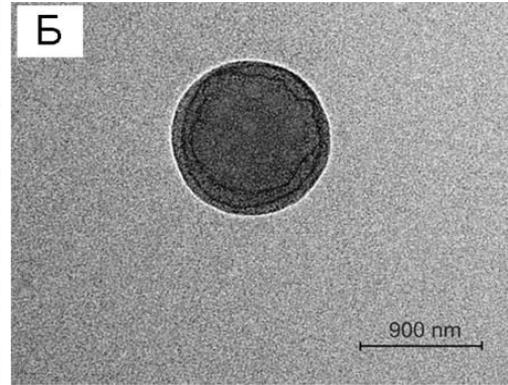
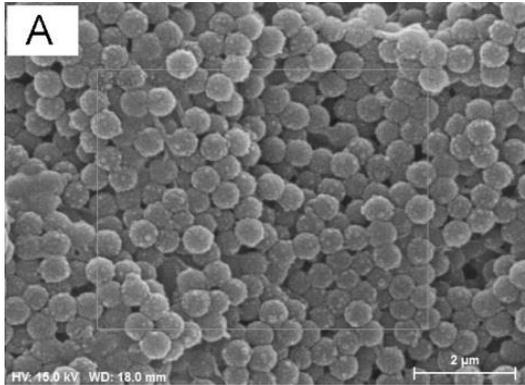
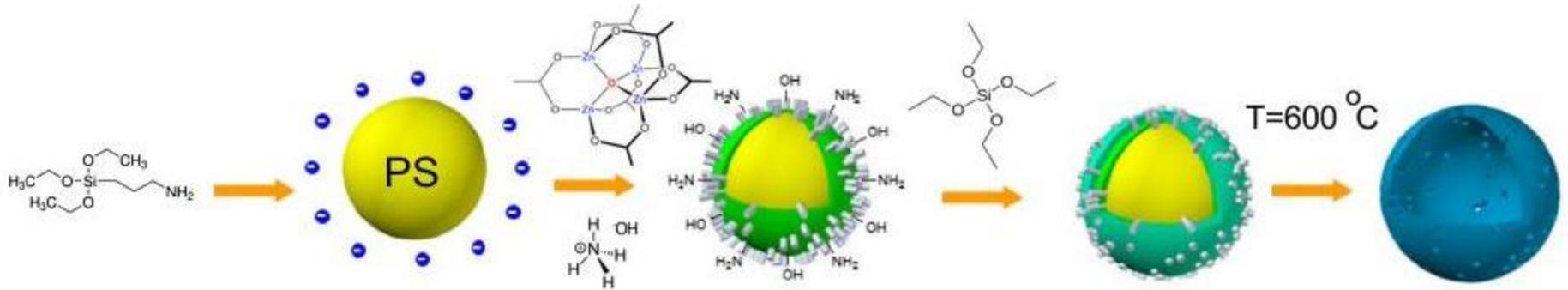


- 1 – образец; 2 – вакуумная камера; 3 – источник ЭМИ имитирующий солнечное излучение; 4 – протонная и электронная пушка; 5 – источник ВУФ; 6 – система термоциклирования; 7 – охлаждающая система на жидком азоте; 8 – турбомолекулярный насос; 9 – система управления.

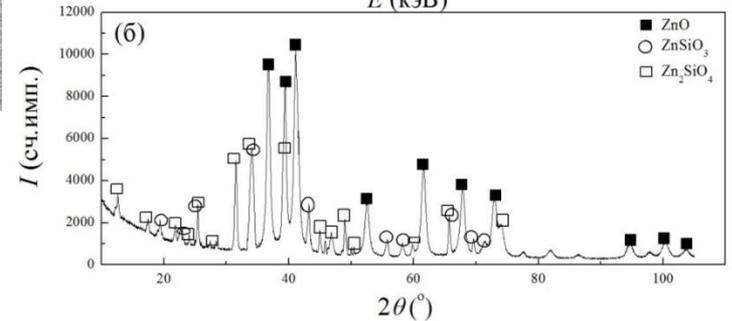
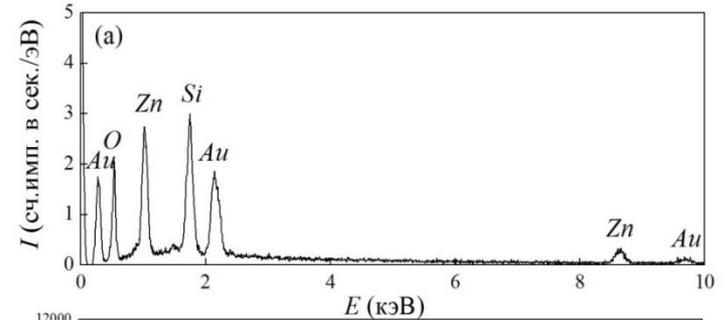
$$\alpha_s = 1 - \rho_s = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \rho(\lambda_i) S(\lambda_i) \Delta\lambda_i}{\sum_{i=1}^n S(\lambda_i) \Delta\lambda_i}$$

α_s – интегральный коэффициент поглощения солнечного излучения ;
 ρ_s – интегральный коэффициент отражения;
 $S(\lambda)$ – солнечная спектральная интенсивность излучения.

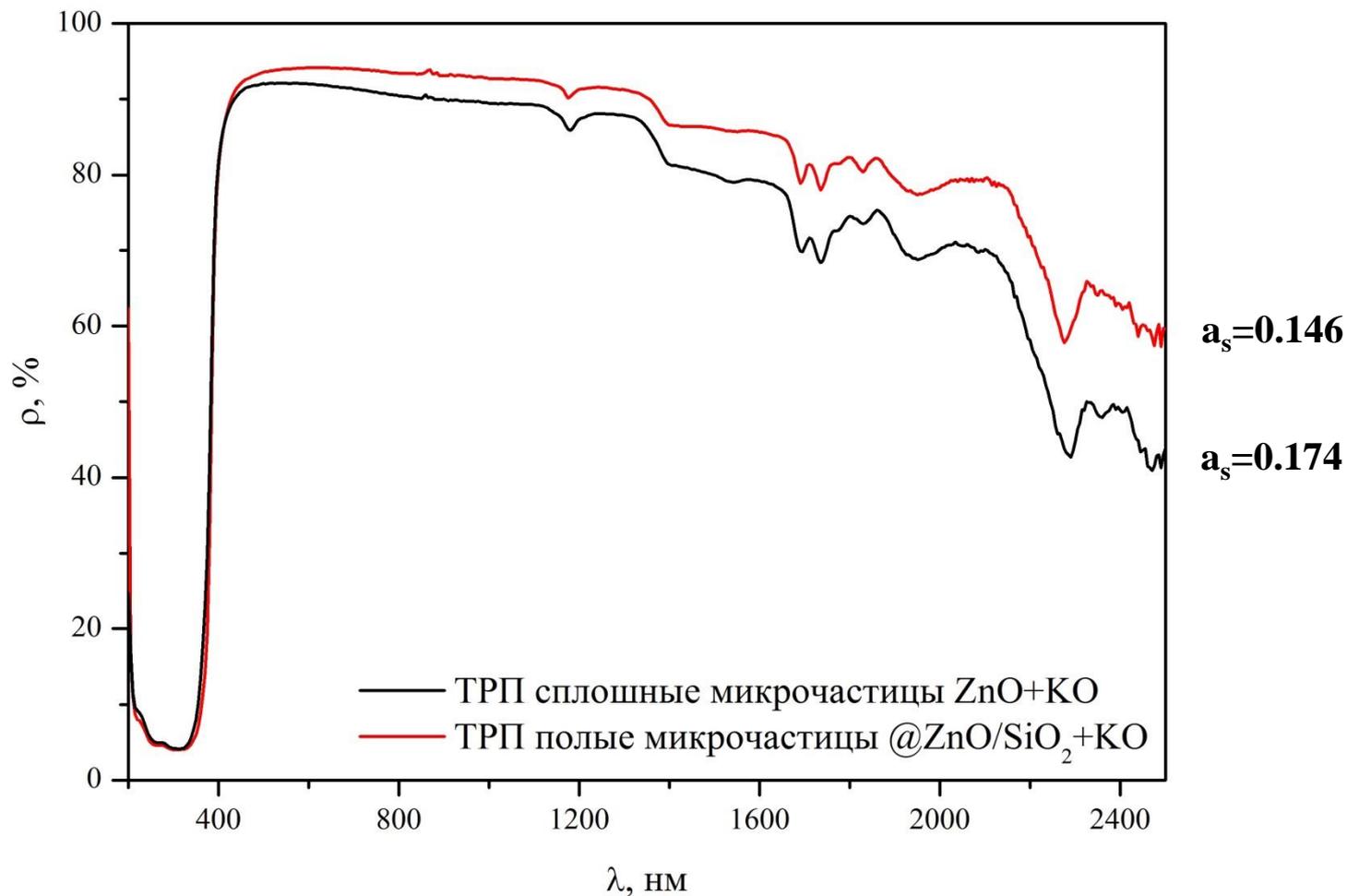




РЭМ (а) и ТЭМ (б) изображения двуслойных полых частиц ZnO/SiO₂

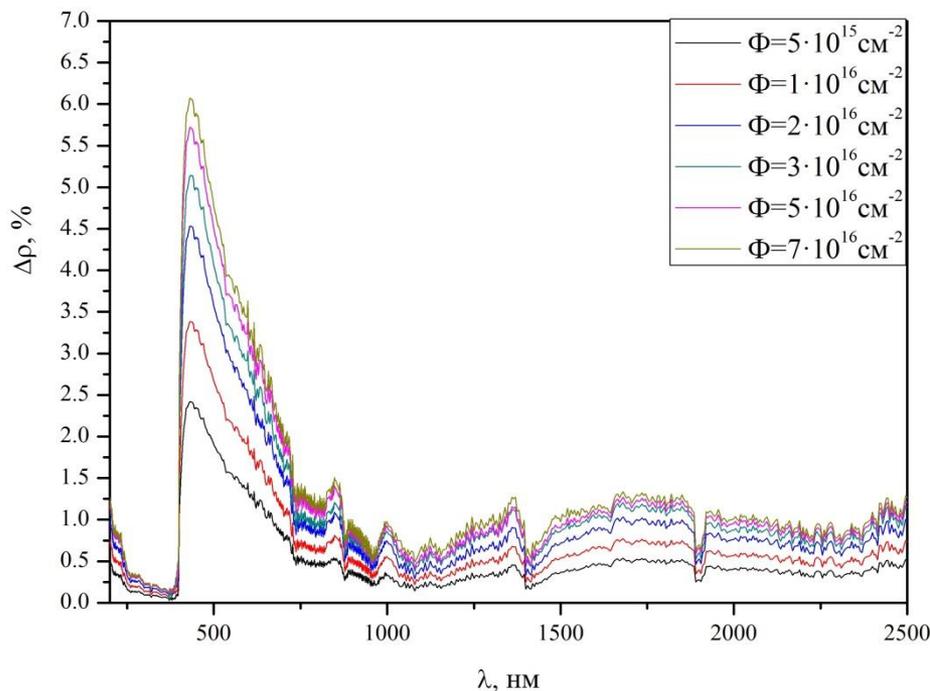


ЭДС спектр двуслойных полых частиц ZnO/SiO₂ (а). Рентгенограмма двуслойных полых частиц ZnO/SiO₂ (б)

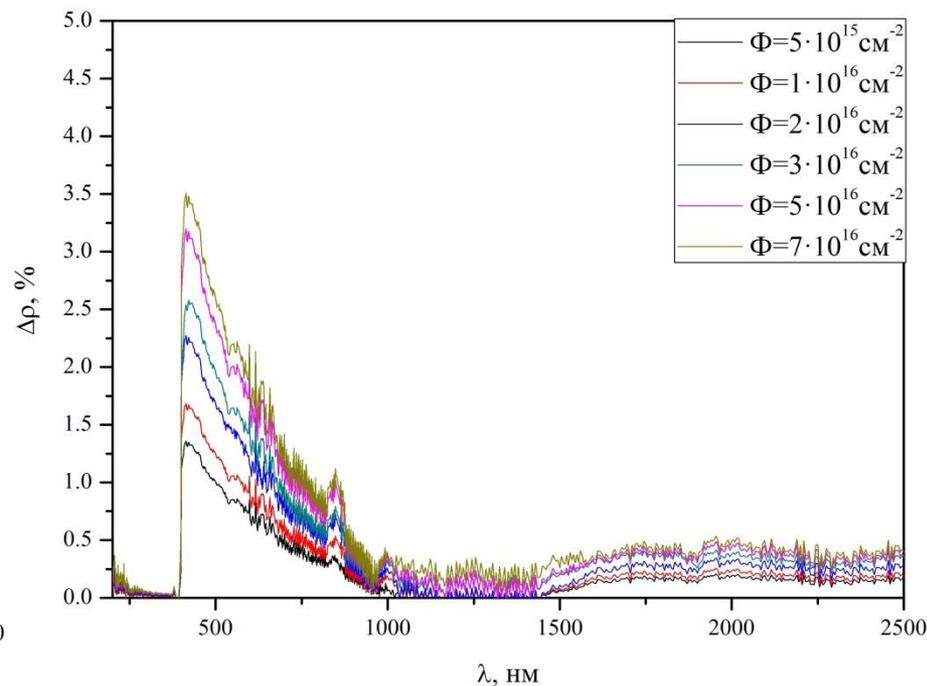


Спектры диффузного отражения ТРП на основе сплошных ZnO и полых микрочастиц @ZnO/SiO₂

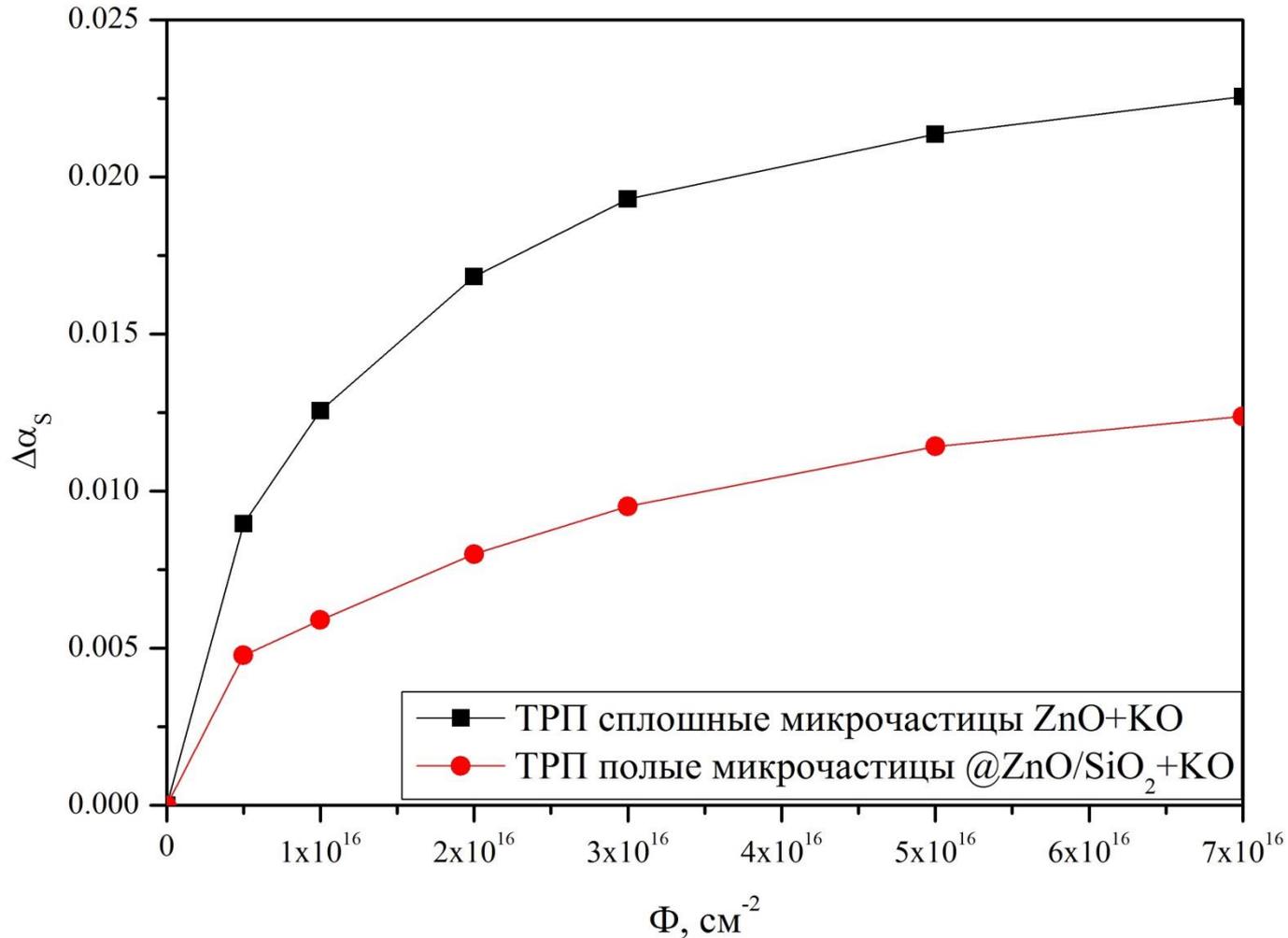
Установлено, что радиационная стойкость покрытий на основе двуслойных полых частиц ZnO/SiO₂ к воздействию электронов больше, чем у покрытий на основе сплошных микрочастиц ZnO .



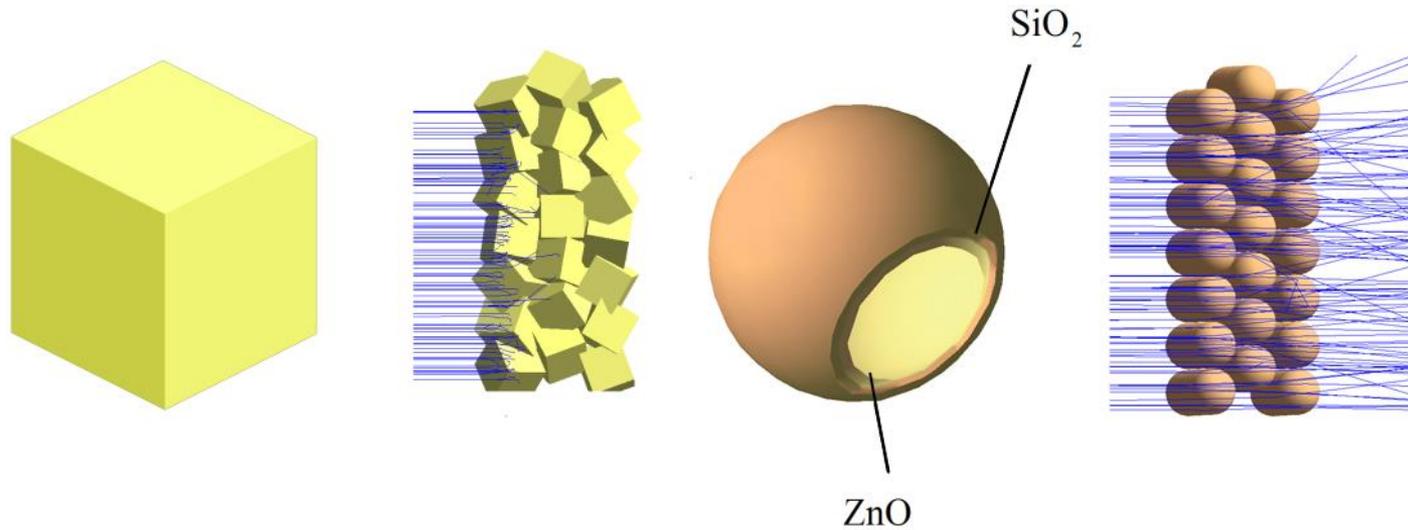
Спектры наведенного поглощения покрытий на основе сплошных микрочастиц ZnO облучённых электронами E=30 кэВ



Спектры наведенного поглощения покрытий на основе двуслойных полых частиц ZnO/SiO₂ облучённых электронами E=30 кэВ



Зависимость изменения интегрального коэффициента поглощения солнечного излучения от флюенса электронов исследуемых покрытий



Модели микрочастицы ZnO, двуслойной полый частицы ZnO/SiO₂ и результаты воздействия на их ансамбль электронов с энергией 30 кэВ и флюенсом $5 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$, построенных в GEANT4

Расчет показал, что пробег электронов в полых частицах составляет 106,4 мкм, против 23 мкм в микрочастицах.

- Показано, что отражательная способность у покрытий на основе двуслойных полых частиц ZnO/SiO_2 выше чем у покрытий на основе поликристаллов ZnO ;
- Установлено, что деградация оптических свойств покрытий на основе двуслойных полых частиц ZnO/SiO_2 преимущественно происходит в видимой части спектра;
- Радиационная стойкость покрытий на основе двуслойных полых частиц ZnO/SiO_2 выше чем у покрытий на основе поликристаллов ZnO на 45 %.

Спасибо за внимание!