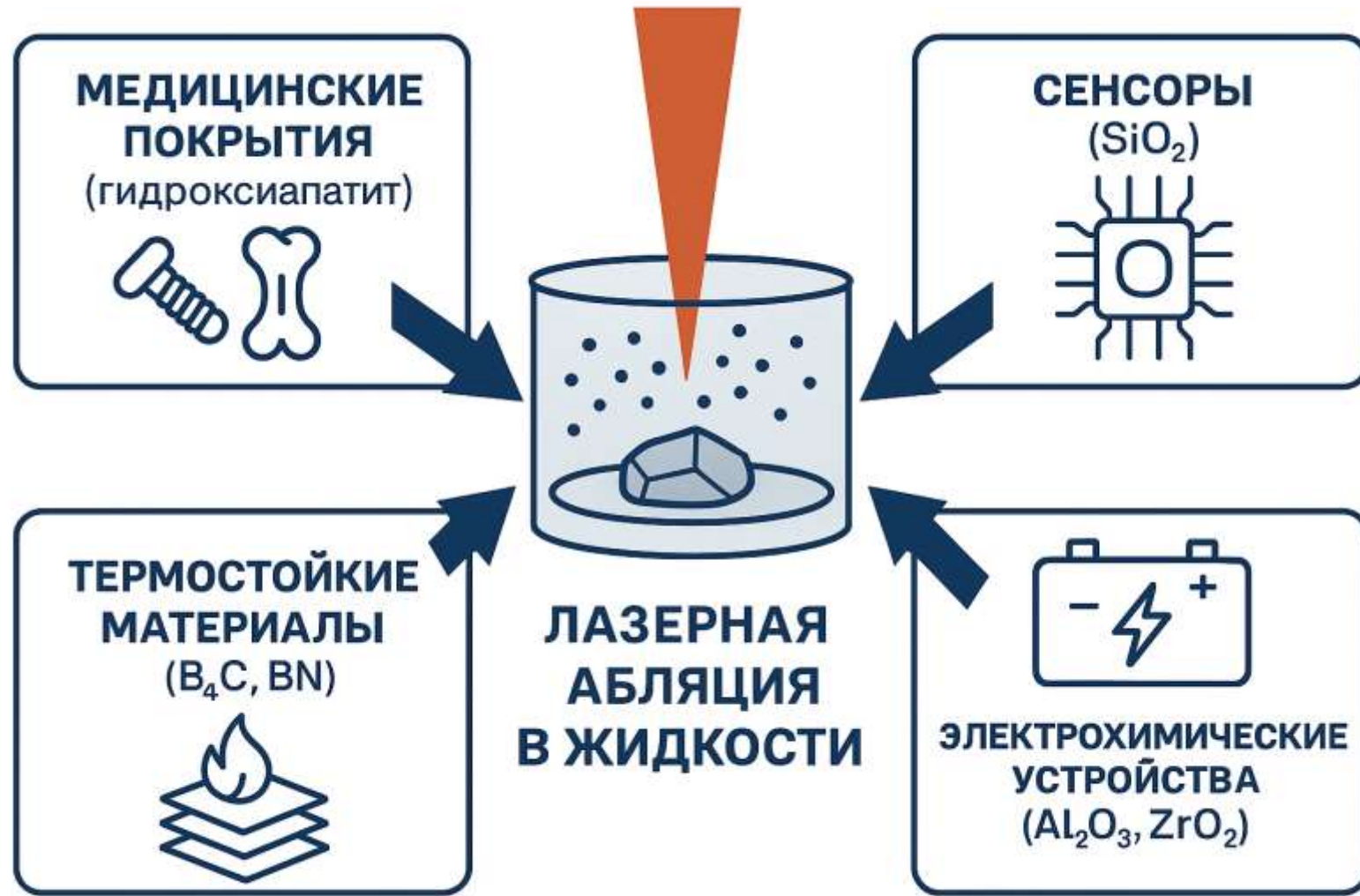




«Применение теории рассеяния Рэлея для оценки концентрации наночастиц и производительности метода *PLAL* (лазерная абляция в жидкости)»

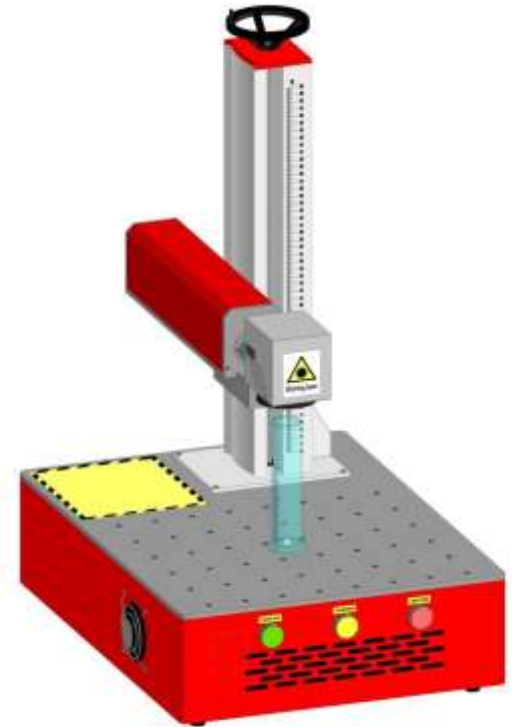
Беккер А.Е., Исаев Е.И

Актуальность работы

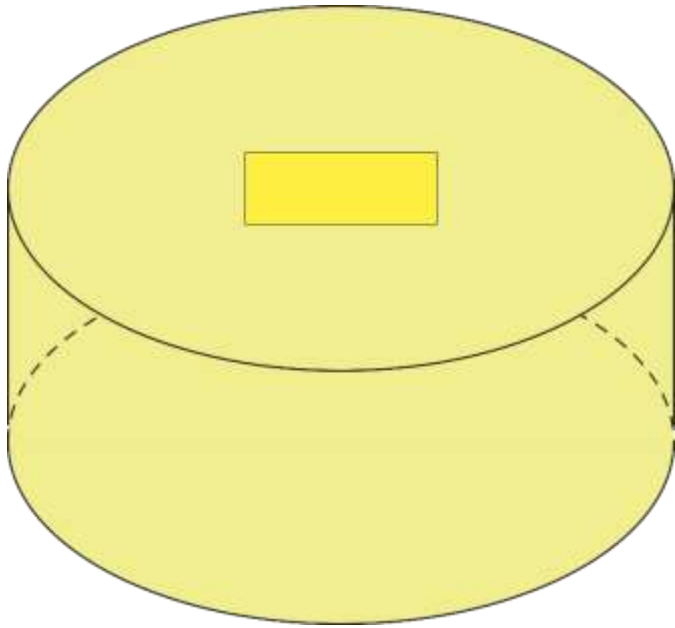


Цель работы:

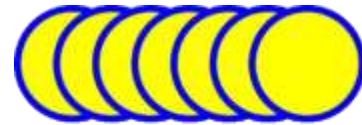
- Показать возможность применения теории рассеяния Рэлея для оценки концентрации наночастиц и производительности метода *PLAL*



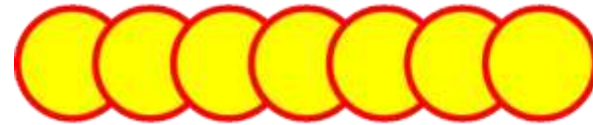
Паттерн обработки ZrO_2 методом *PLAL*



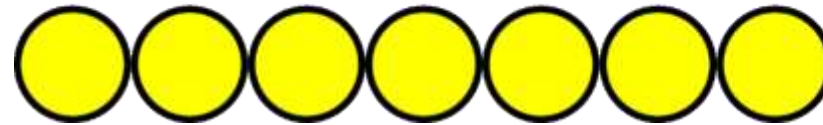
Схематическое изображение образца и области обработки



$$V_{sc} = 500 \text{ мм/с}$$



$$V_{sc} = 1000 \text{ мм/с}$$



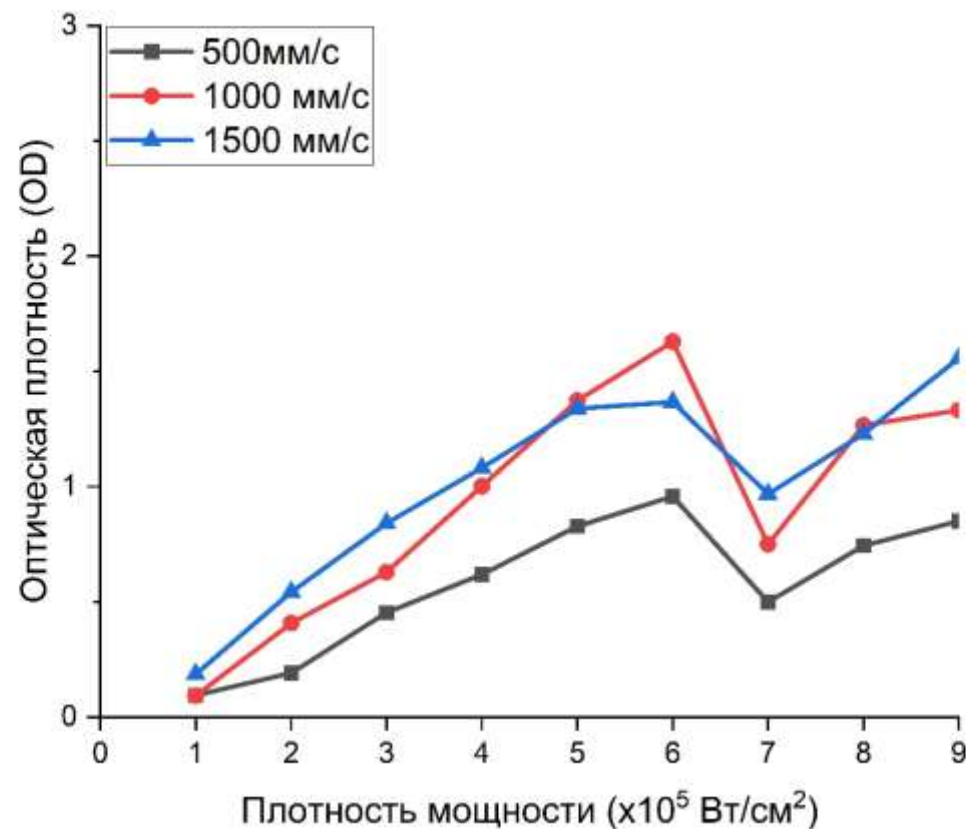
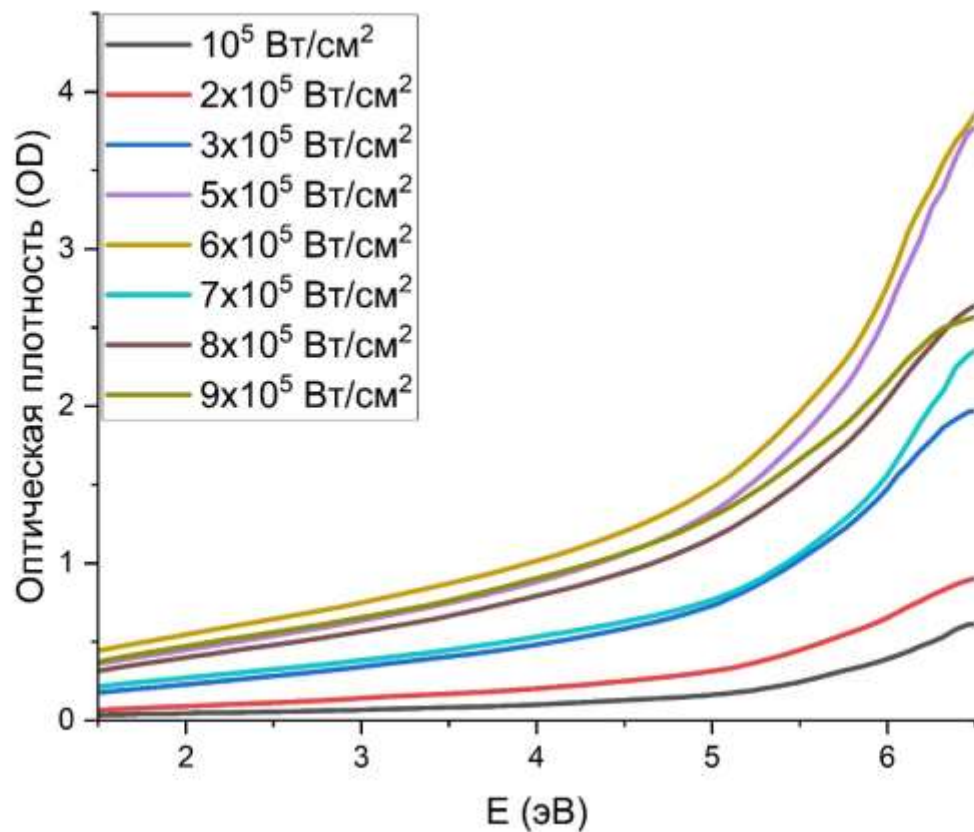
$$V_{sc} = 1500 \text{ мм/с}$$

Схематическое изображение следа лазерного луча при разных скоростях сканирования

Зависимость оптической плотности коллоида ZrO_2 от мощности лазерного источника

Закон Бугера – Ламберта: $I = I_0 \exp(-k_\lambda l)$

Оптическая плотность: $D = -\lg\left(\frac{I}{I_0}\right)$

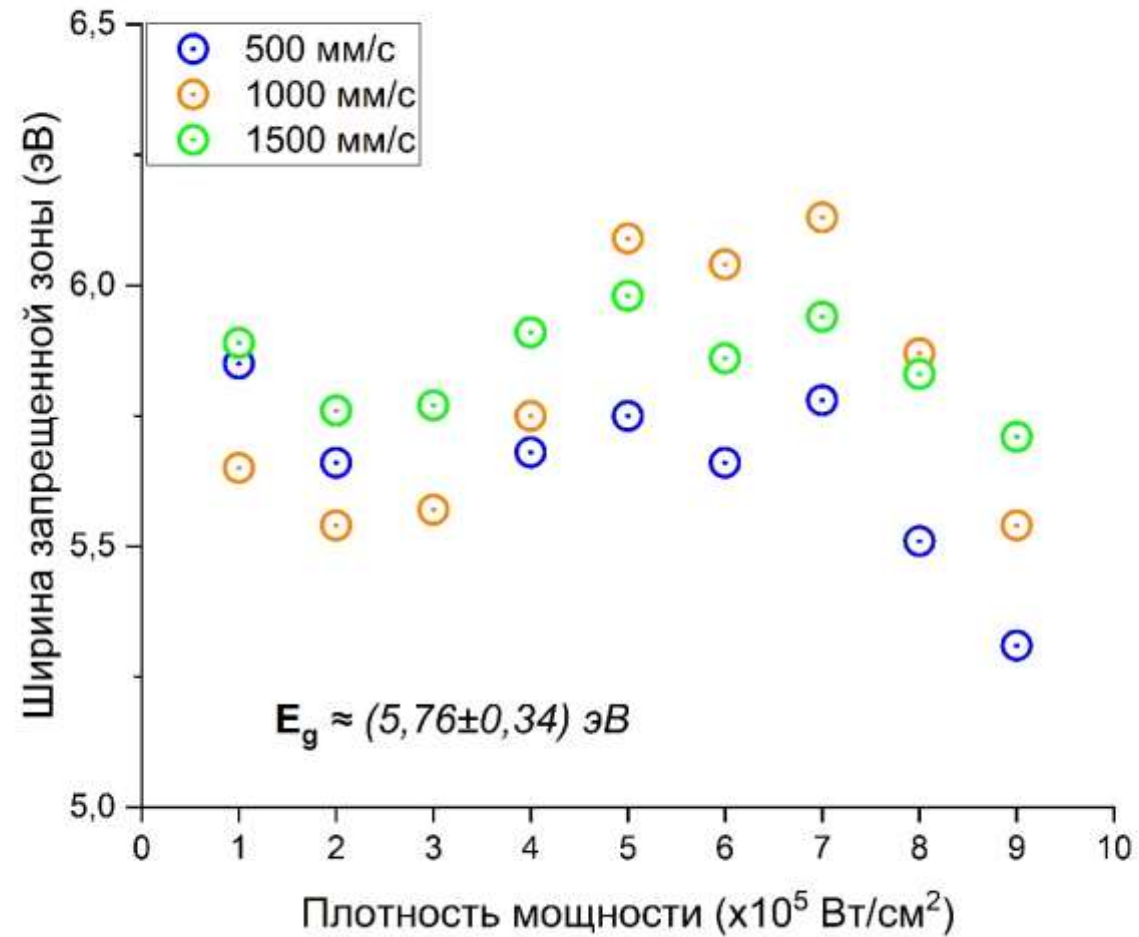


Расчет ширины запрещенной зоны ZrO_2

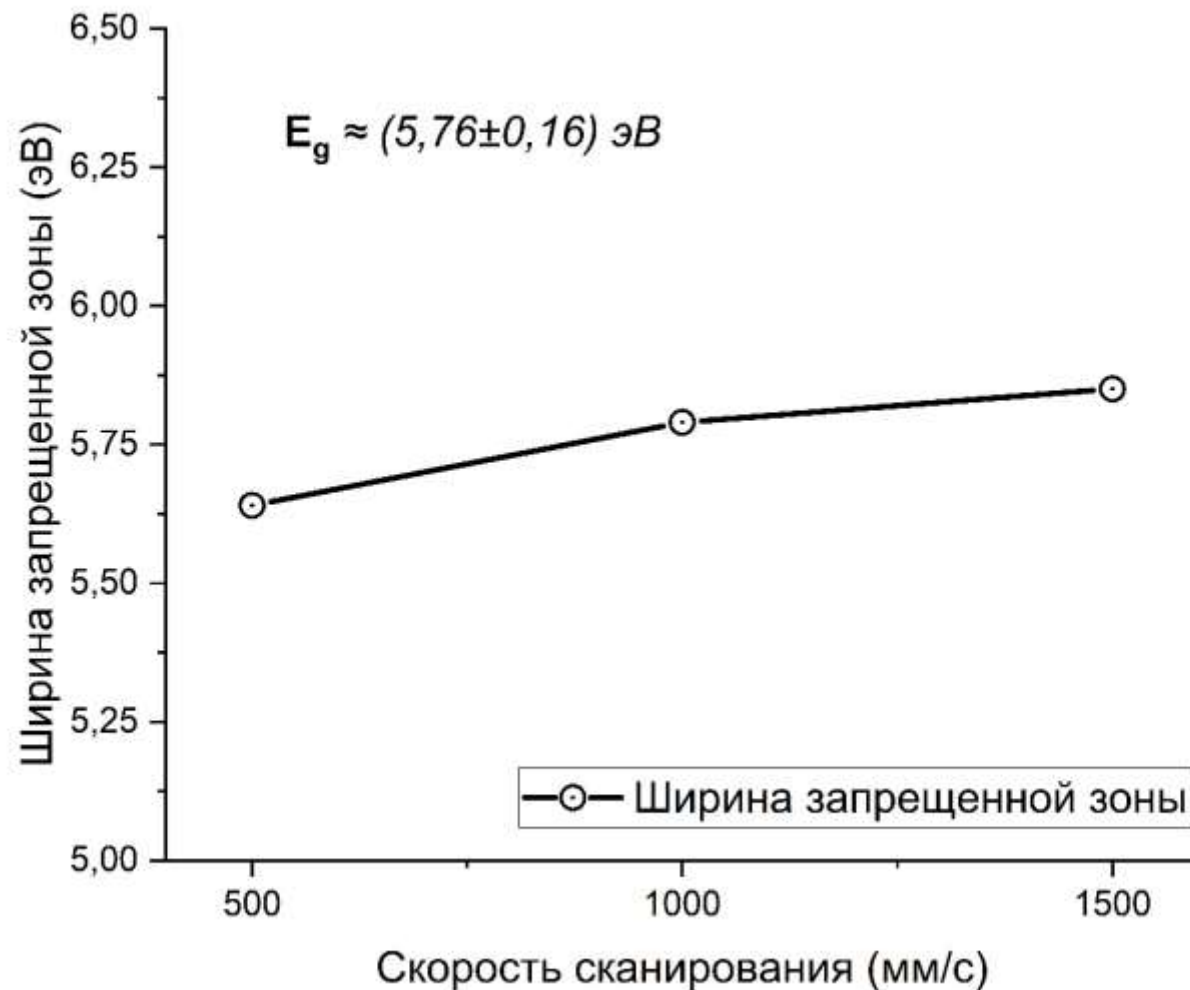
Соотношение Таука:

$$(k_\lambda h\nu)^{1/r} = A(h\nu - E_g)$$

$r=1/2$ - соответствует
прямому разрешенному
переходу



Экспериментально полученная ширина запрещенной зоны ZrO_2



Оценка размера полученных наночастиц с помощью теории рассеяния Рэлея.

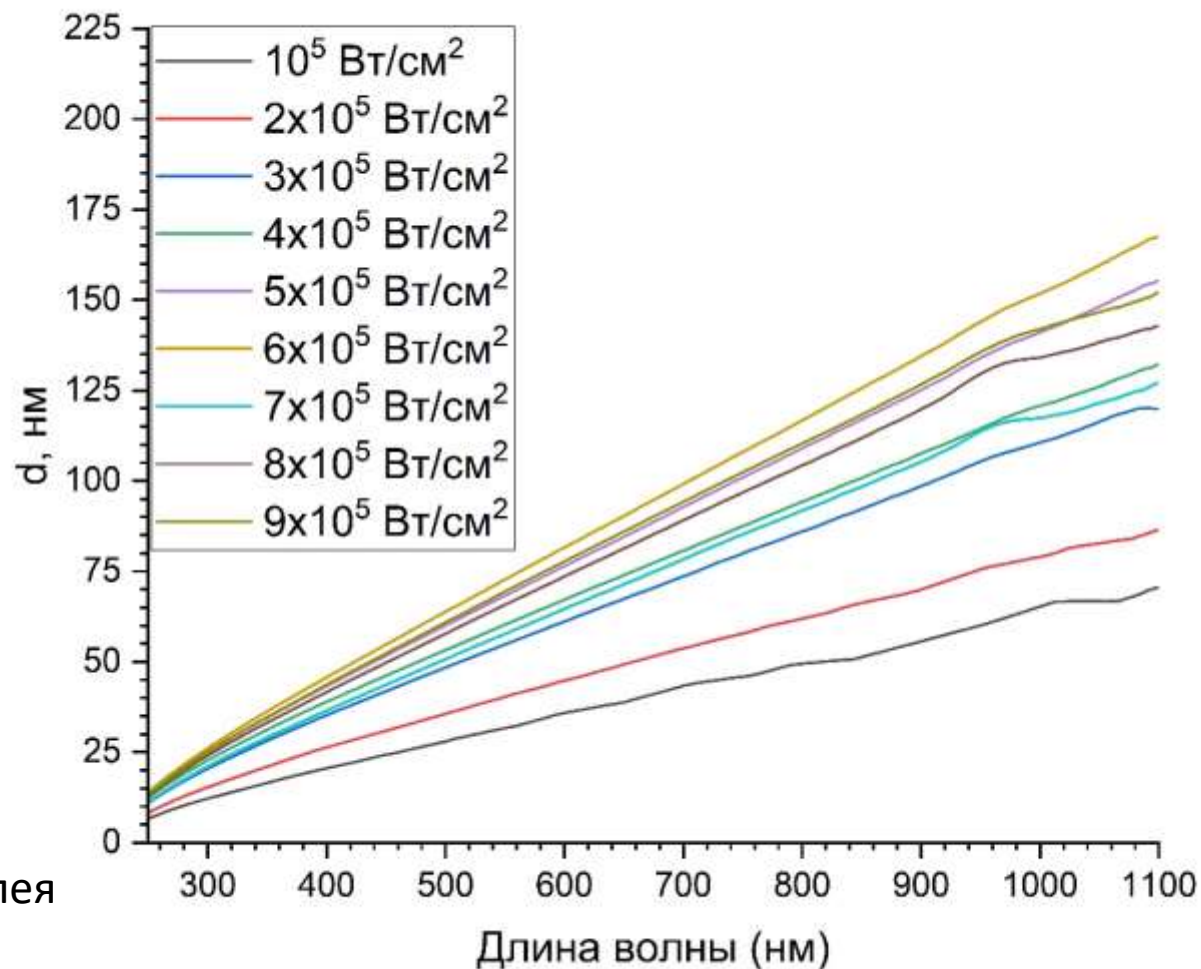
$$\alpha = \frac{4 \cdot \pi \cdot n_e^2 \cdot r_e^2 \cdot R^3 \cdot \lambda_0^4}{3 \cdot (\lambda^2 - \lambda_0^2)^2}$$

$$\lambda_0 = \frac{h \cdot c}{E_g}$$

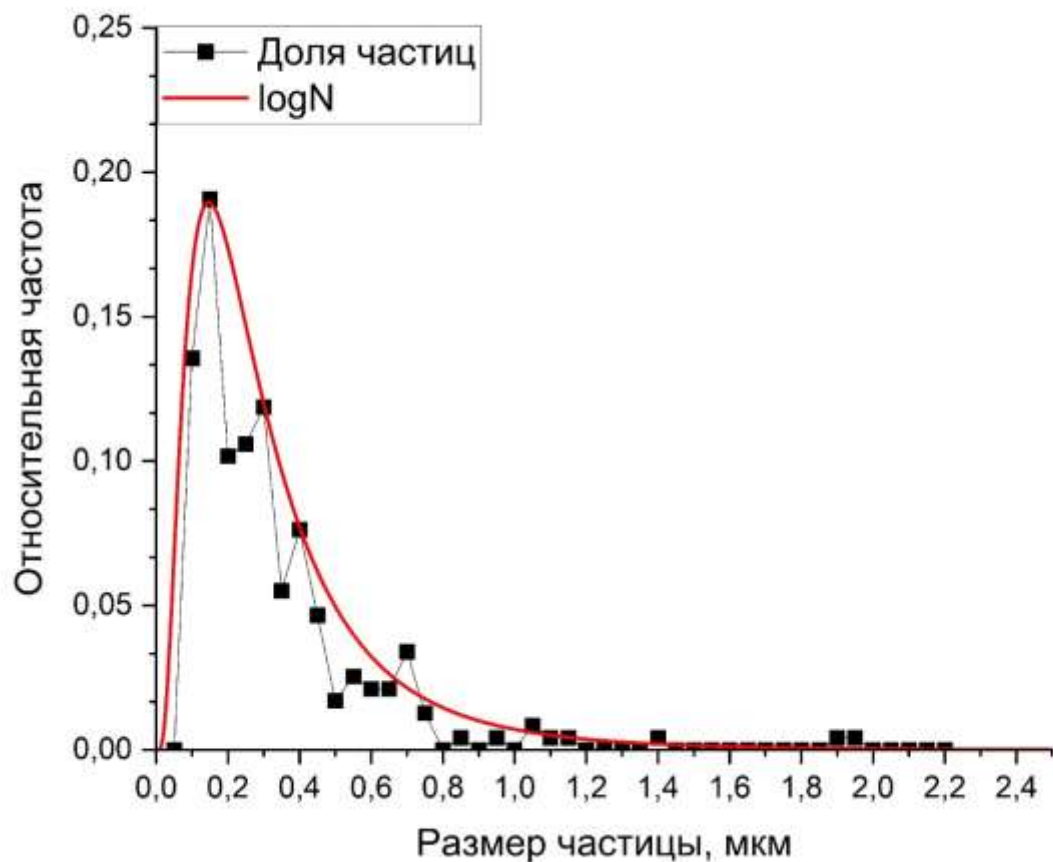


$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot \alpha \cdot (\lambda^2 - \lambda_0^2)^2}{4 \cdot \pi \cdot n_e^2 \cdot r_e^2 \cdot \lambda_0^4}}$$

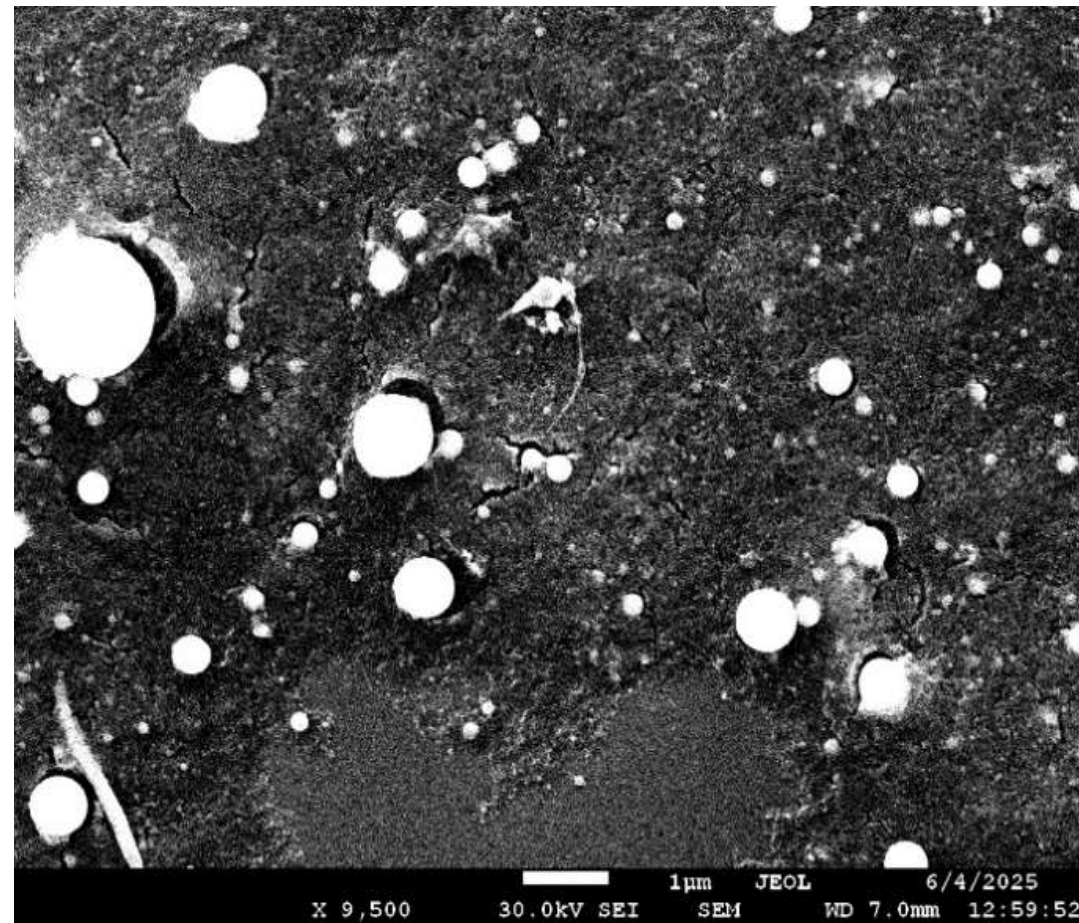
к расчёту размеров частиц по рассеянию Рэлея



Сравнение результатов оценки размеров частиц с прямыми измерениями СЭМ.



Распределение размеров частиц ZrO_2

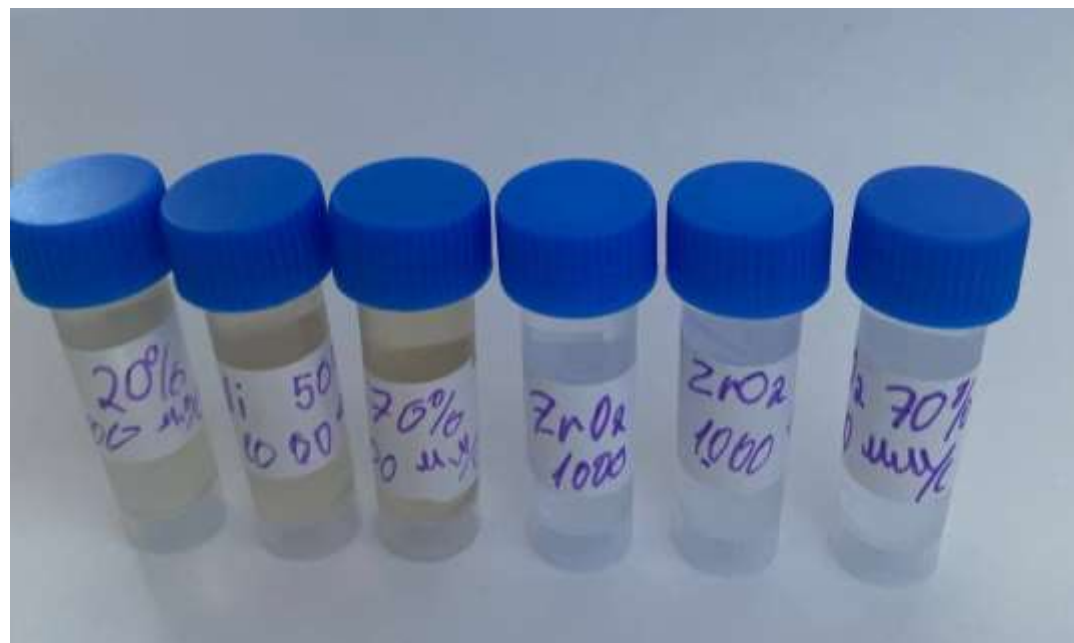


СЭМ коллоидных частиц ZrO_2

Оценка производительности метода *PLAL* на керамике ZrO_2 .

$$\alpha = \frac{c \cdot \sigma}{\rho \cdot V}$$
$$\alpha = -\frac{\ln(I/I_0)}{l}$$
$$\sigma = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$
$$P = \frac{C}{T} = \frac{\rho \cdot \pi \cdot d^3 \cdot \alpha}{6 \cdot \sigma \cdot T}$$

Диапазон производительности составляет от 4×10^{-6} до 1×10^{-4} г/(см³ * с)



Выводы:

1. Методом PLAL получены коллоидные растворы наночастиц ZrO_2 в диапазоне плотности мощности лазерного излучения $((1-9) \cdot 10^5) \text{ Вт/см}^2$ при скоростях сканирования 500–1500 мм/с.
2. Рассчитанные значения ширины запрещённой зоны ZrO_2 составило $(5,76 \pm 0,34 \text{ эВ})$.
3. Расчёт размеров частиц по теории Рэлея коррелируют с результатами СЭМ.
4. Рассчитанная производительность метода PLAL керамики ZrO_2 в диапазоне скоростей сканирования 500–1500 мм/с и плотности мощности лазерного излучения $((1-9) \cdot 10^5) \text{ Вт/см}^2$ составляет $4 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-4} \text{ г/}(\text{см}^3 \cdot \text{с})$

Спасибо за внимание.