

Модифицирование поверхности керамики на основе ZrO_2 лазерным оптическим пробоем.

Выполнил: Афонин И.В.

Актуальность



Теплообменник ректора АЭС



Керамические тигли из керамики ZrO_2

Актуальность



Лазерный оптический пробой

Цель и задачи

- **Цель**

Исследование модифицирование поверхности керамики на основе ZrO_2 методом лазерного оптического пробоя.

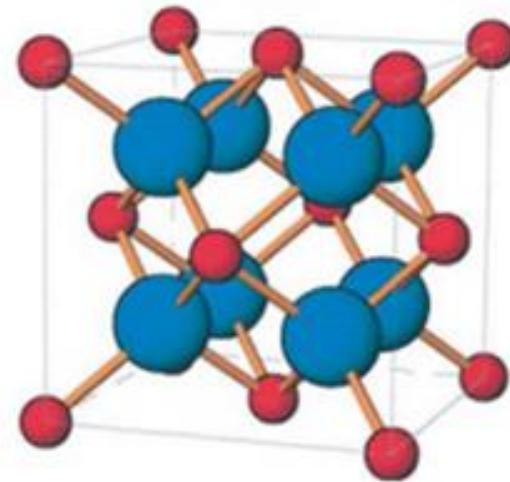
- **Задачи**

- Создание установки для лазерного оптического пробоя на основе волоконного иттербиевого лазера YLM-50A .
- Получение модифицированных покрытий керамики на основе ZrO_2 лазерным оптическим пробоем.
- Проведение рентгеноструктурного анализа керамики до и после обработки.
- Исследование микроструктуры керамики на основе ZrO_2 до и после обработки лазерным оптическим пробоем.
- Исследование спектров свечения поверхности керамики на основе ZrO_2 для определения температуры лазерного оптического пробоя.

Исходные образцы



Исходные образцы керамики
на основе ZrO_2

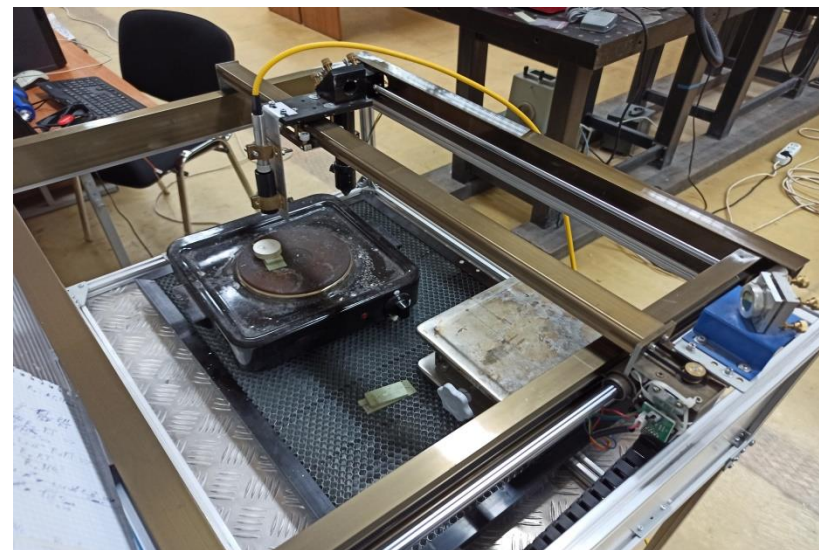


Кубическая решётка ZrO_2

Разработка системы для лазерного оптического пробоя.

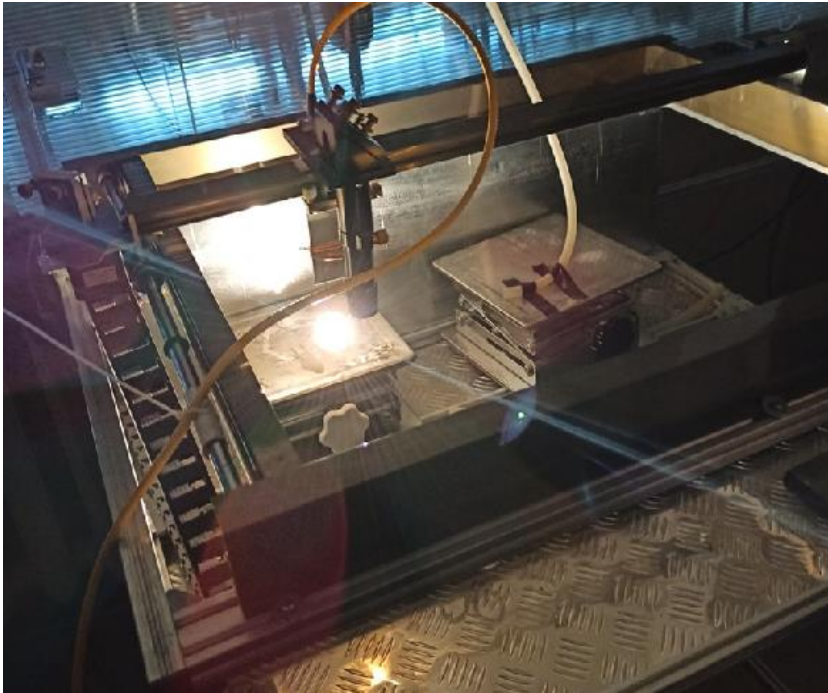


Лазерная головка



Система системы с элементами ЧПУ

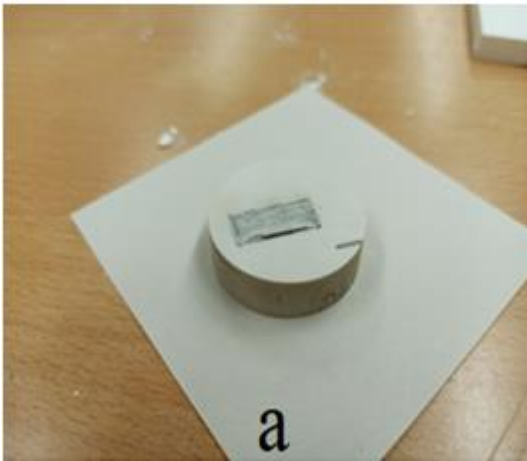
Вид обработки



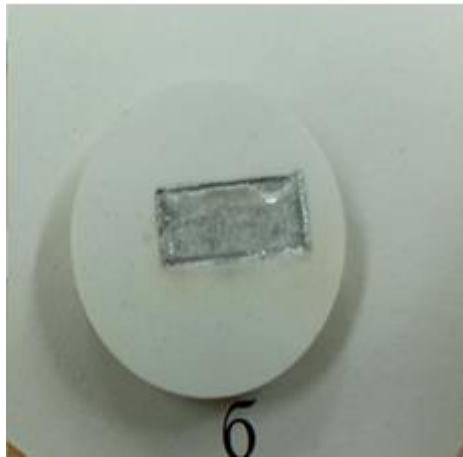
Система с элементами ЧПУ в процессе обработки.

- непрерывное излучение
- фокусное расстояние 70 мм
- длина волны 1064 нм
- выходная мощность 50 Вт
- величина пятна 50 мкм
- плотность мощности излучения 64 кВт/мм^2
- скорость сканирования 10 мм/с, 20 мм/с и 30 мм/с.

Модифицирование поверхности керамики на основе ZrO_2 лазерным оптическим пробоем



Поверхность
модифицированная со
скоростью
сканирования 10 мм/с

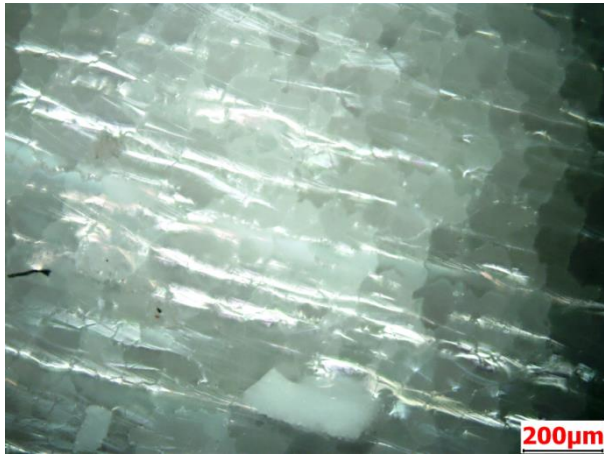


Поверхность
модифицированная со
скоростью
сканирования 20 мм/с

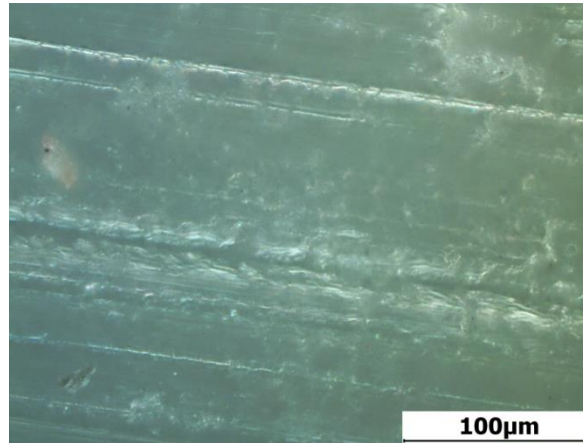


Поверхность
модифицированная со
скоростью
сканирования 30 мм/с

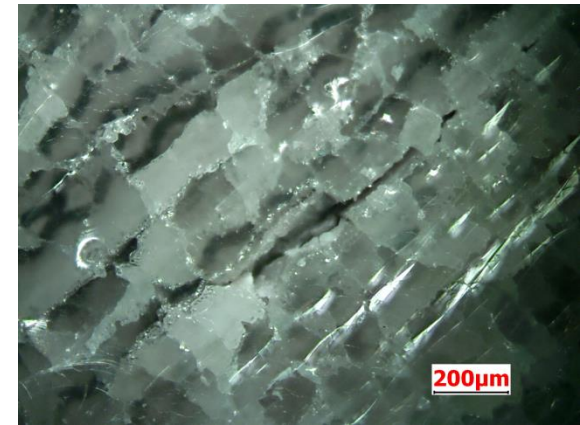
Микроструктура образцов ZrO_2 после обработки лазерным оптическим пробоем



При скорости
сканирования
10 мм/с.

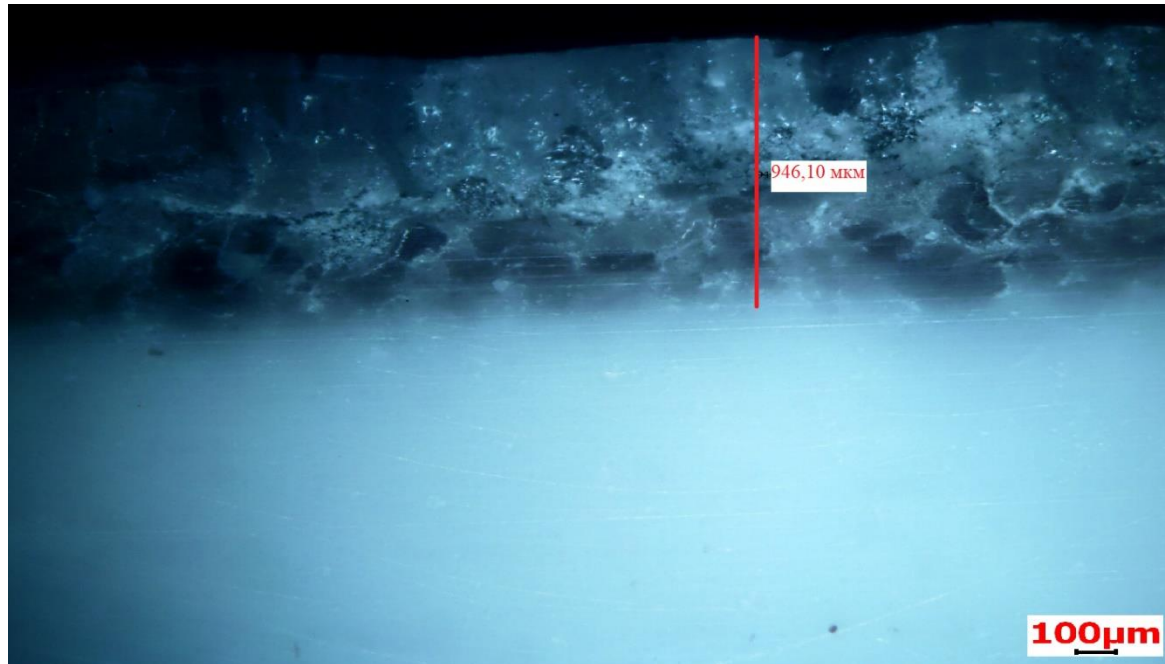


При скорости
сканирования
20 мм/с.



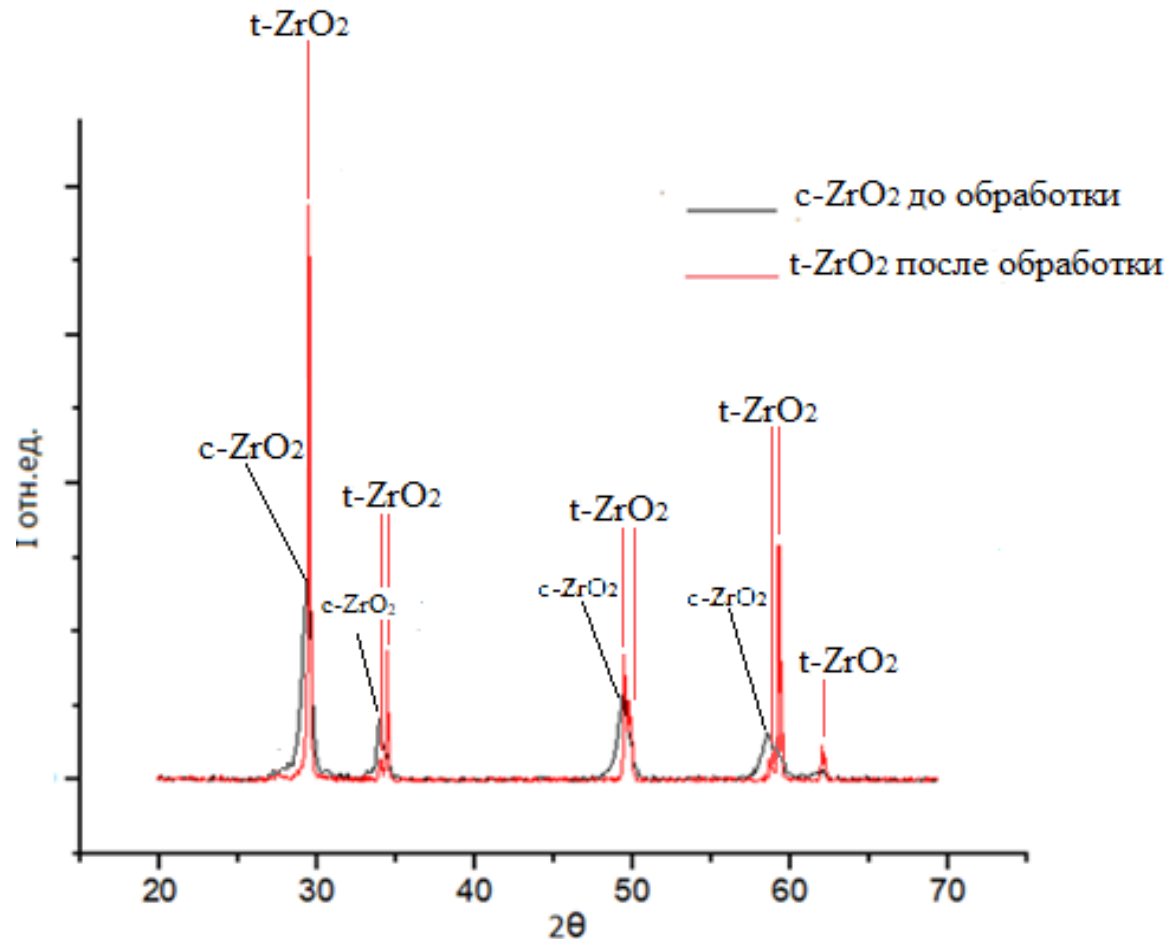
При скорости
сканирования
30 мм/с

Величина модифицированного слоя



Поперечное сечение образца
обработанного лазерным оптическим
пробоем.

Рентгеноструктурный анализ



Рентгенограмма обработанного и не обработанного образца

Рентгеноструктурный анализ

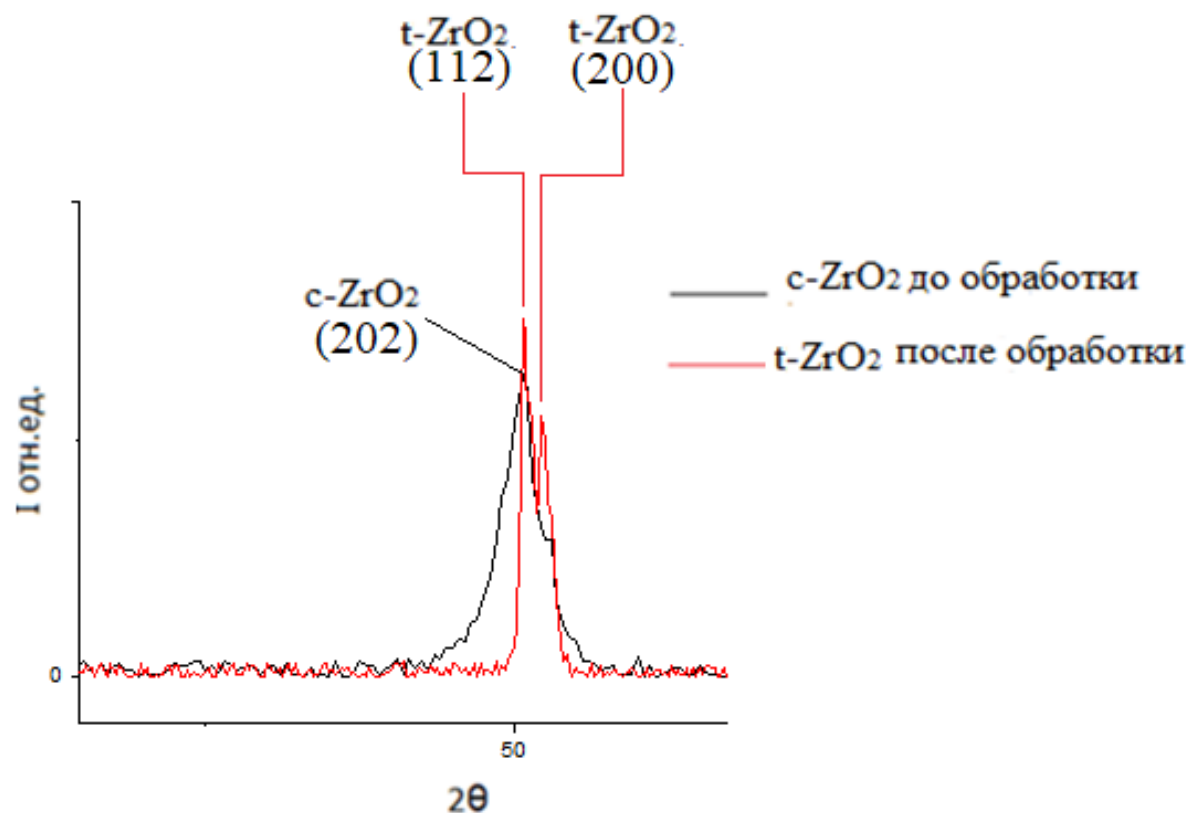
Рентгеноструктурный анализ исходного образца

2 θ , град	d/n, Å.	hkl	Полуширина , град.	Пространственная группа
30,1	2.9683	111	0,5	Fm3m
34,7	2.5851	200	0,3	
50,1	1.8172	220	0,5	
59,2	1.5418	311	0,9	

Рентгеноструктурный анализ обработанного образца

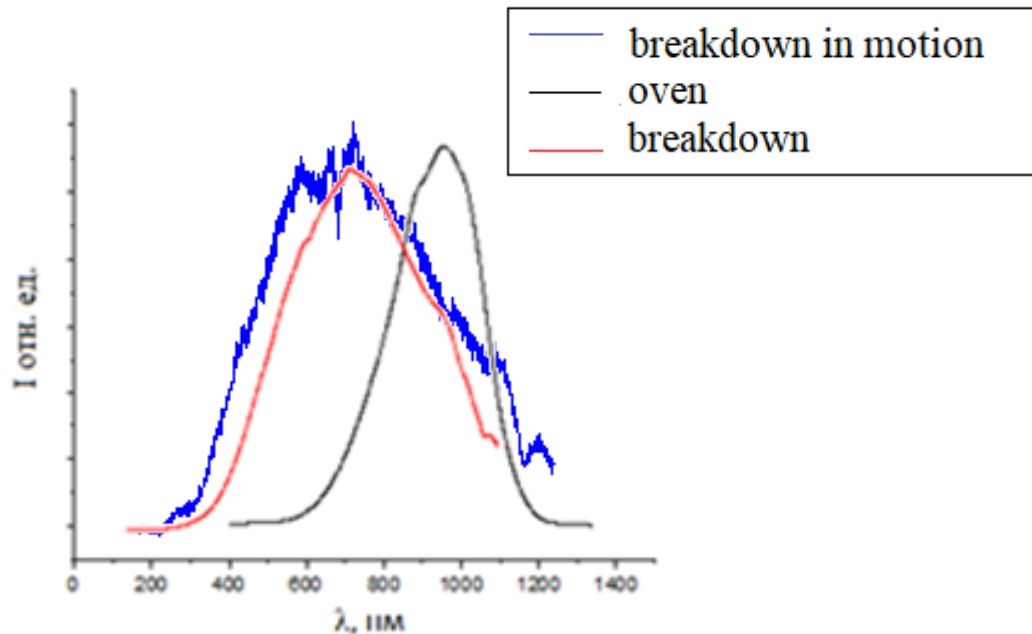
2 θ . град	d/n Å.	hkl	Полуширина, град	Пространственная группа
30,19	2.9612	011	0,1	P42nmc
34,71	2,5860	002	0,16	
35,15	2.5541	110	0,15	
50,23	1.8172	112	0,25	
50,51	1,8060	200	0,11	
59,46	1.5559	013	0,1	
60	1,5419	211	0,15	
62,77	1,4807	202	0,15	

Рентгеноструктурный анализ



Рентгенограмма ZrO₂ до и после обработки.

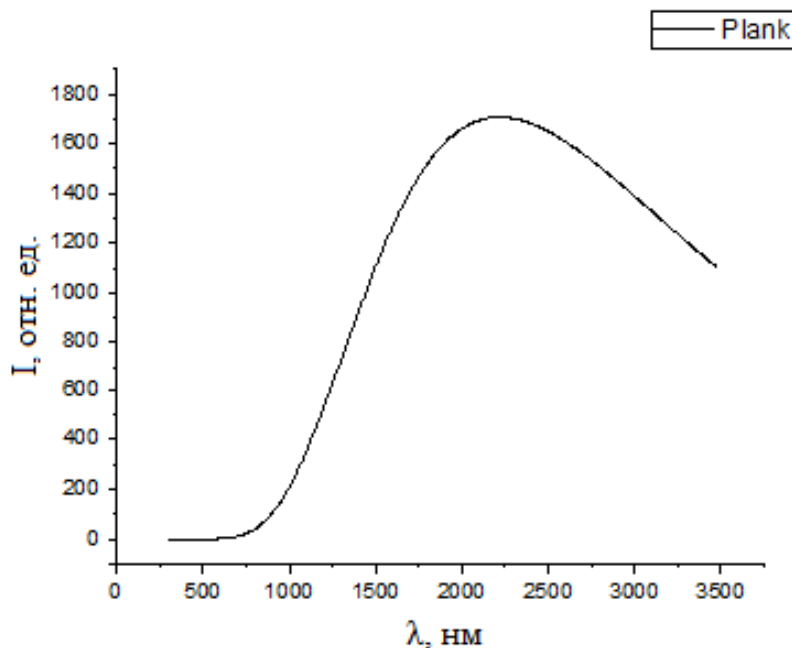
Определение температуры лазерного оптического пробоя



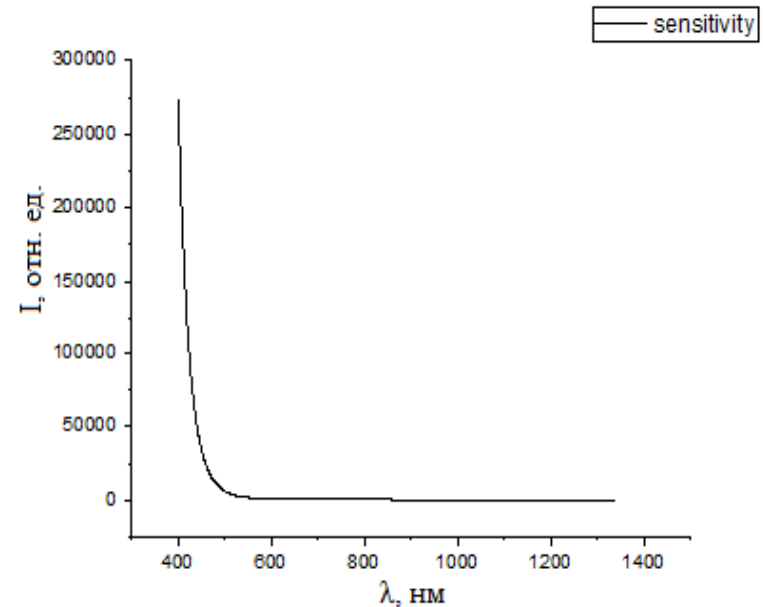
Спектры свечения лазерного оптического пробоя в движении и при статическом воздействии на поверхности керамики на основе ZrO_2 и печи разогретой до 1300 K

- $$I = \frac{A\lambda^{-5}}{e^{\frac{hc}{k\lambda T}-1}},$$
- I - интенсивность, Вт/мм²;
- A - нормировочный множитель;
- c - скорость света, м/с;
- h - постоянная Планка, Дж·с;
- k - постоянная Больцмана, Дж/К;
- λ - длина волны;
- T - температура, К.

Определение температуры лазерного оптического пробоя

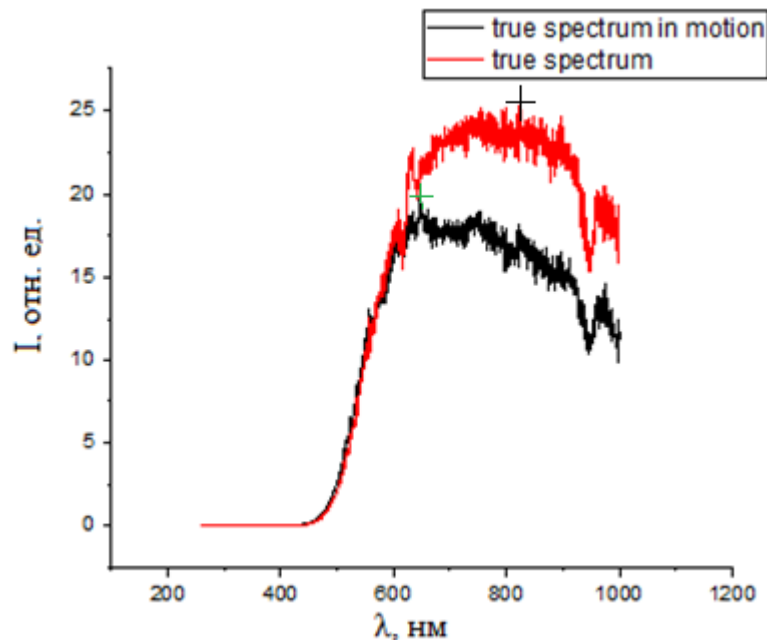


Планковский спектр свечения при
 $T = 1300$ К.



Спектр чувствительности
спектрометра.

Определение температуры лазерного оптического пробоя



Истинные спектры свечения лазерного оптического пробоя при статическом воздействии и в движении.

- $\lambda_{max} = \frac{b}{T}$ закон Вина
- где λ_{max} - длина волны излучения с максимальной интенсивностью, м;
- T — температура, К;
- b - постоянная Вина, которая имеет значение $0,002898 \text{ м} \cdot \text{К}$.

Температура при статическом воздействии

$T_{\text{стат}} \sim 3000 \text{ К}$ $\lambda_{max} = 821 \text{ нм}$.

Температура в движении

$T_{\text{д}} \sim 4000 \text{ К}$ $\lambda_{max} = 645 \text{ нм}$

Выводы

- Установлен оптимальный режим модификации поверхности керамики на основе ZrO_2 непрерывным лазерным излучением с длиной волны 1064 нм :
 - выходной мощность 50 Вт
 - величиной пятна 50 мкм
 - плотность мощности излучения 64 КВт/мм²
 - скоростью сканирования 20 мм/с
- Величина модифицированного слоя керамики на основе ZrO_2 составила 946,10 мкм.
- Температура лазерного оптического пробоя при статическом воздействии и в движении отличается: в движении ~ 4000 К, при статическом воздействии ~ 3000 К.
- В результате воздействия лазерного излучения произошёл переход из кубической модификации в тетрагональную модификацию.

Спасибо за внимание!