



Научно-производственное предприятие
Акционерное общество «ЭКОН»

*Брызгина Елена Борисовна,
инженер-технолог*

Определение свойств разнородных керамических материалов, влияющих на совместное спекание, применительно к изготовлению твердоэлектролитного сенсора

«ТЕХНИЧЕСКАЯ КЕРАМИКА. ПЛАНАРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТВЁРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ»

Круглый стол, 09 сентября 2021 года, г. Обнинск



ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ – НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВА

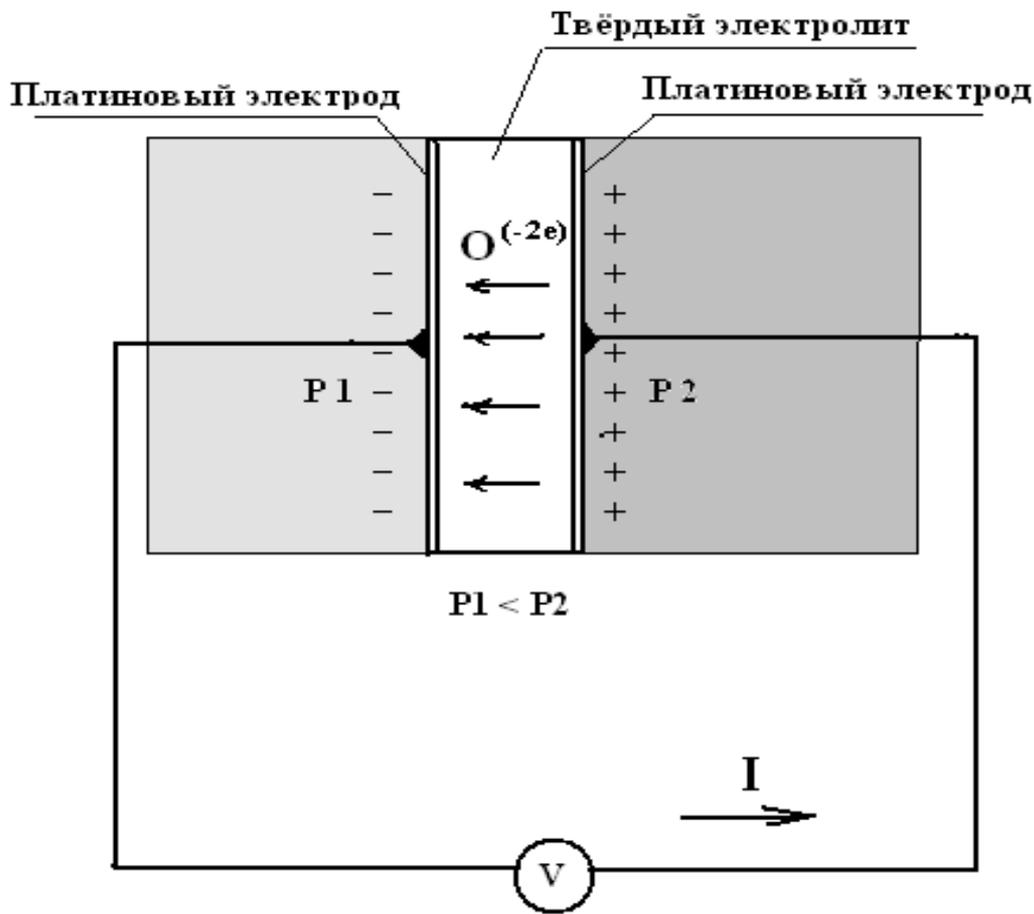
Слишком много кислорода – потери тепла, следовательно, перерасход топлива.

Слишком мало кислорода – неполное сгорание и перерасход топлива + загрязнение окружающей среды.

Оптимальное содержание кислорода – минимизирует расход топлива и количество вредных для экологии выбросов, а также увеличивает длительность службы оборудования.

***Для поддержания оптимального соотношения
«топливо – кислород»
необходим контроль кислорода в процессе горения***

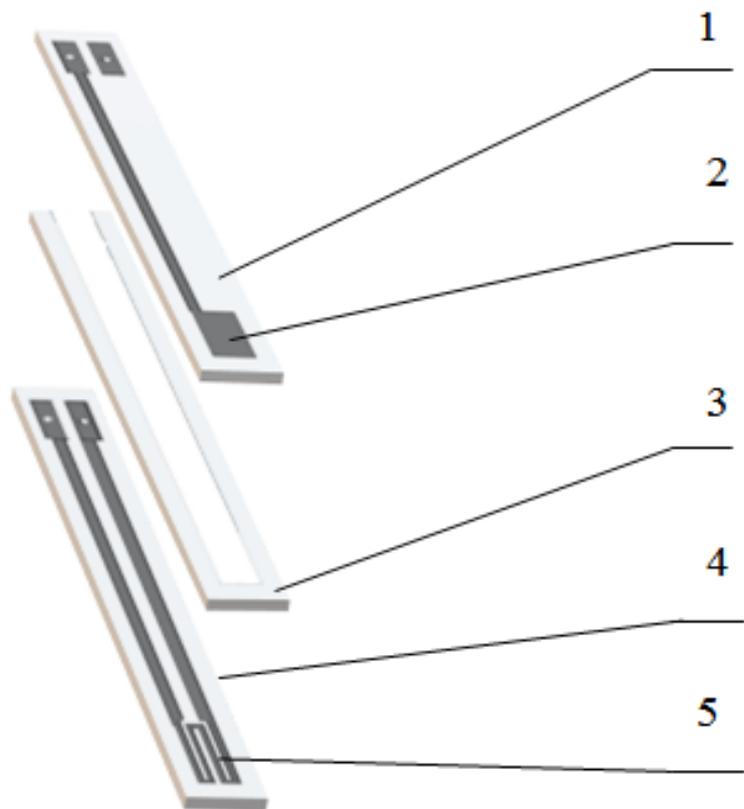
Принцип действия кислородного датчика



$$E = \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \ln \frac{P_1}{P_2}, \text{ где:}$$

R – универсальная газовая постоянная;
 T – температура, К;
 F – число Фарадея;
 n – количество электронов, участвующих в реакции;
 P_1 – парциальное давление кислорода в исследуемой среде;
 P_2 – парциальное давление кислорода в воздухе.

**Устройство керамического чувствительного элемента
размером 50×5×1 мм**



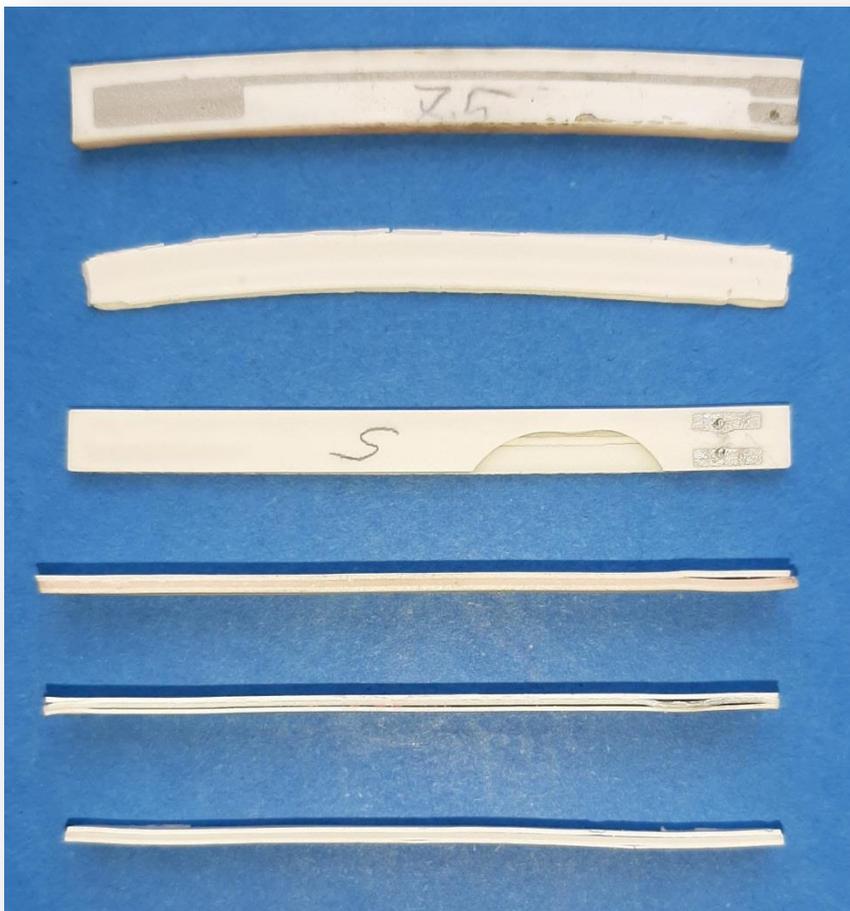
1 – Верхняя пластина из ZrO_2

2 - Электроды из Pt

**3 – Средняя пластина-
электроизолятор из $MgAl_2O_4$**

4 – Нижняя пластина из $MgAl_2O_4$

5 – Нагревательный элемент из Pt

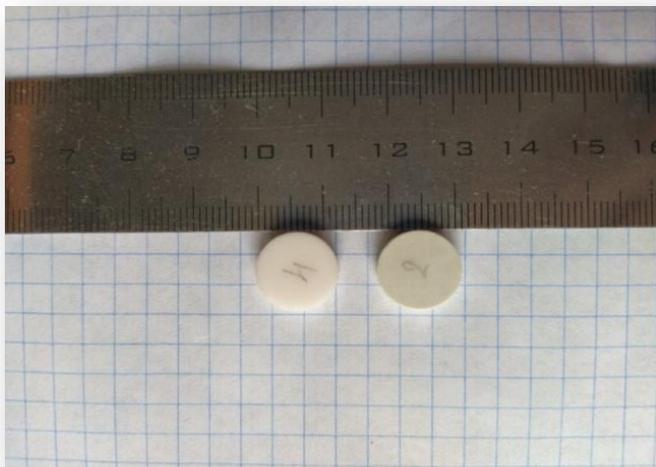


Пути решения –
выравнивать
коэффициент усадки,
выравнивать КТЛР.



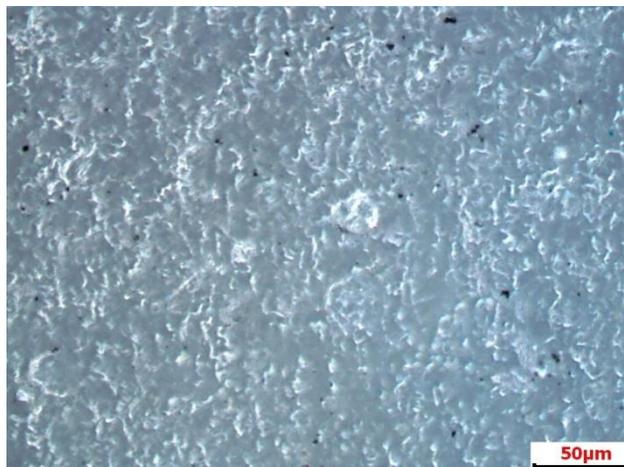
Направления работы для устранения дефектов и совмещения материалов:

1. Фазовый анализ;
2. Анализ кристаллической структуры;
3. Гранулометрический анализ;
4. Термогравиметрия, ДСК и дилатометрия.

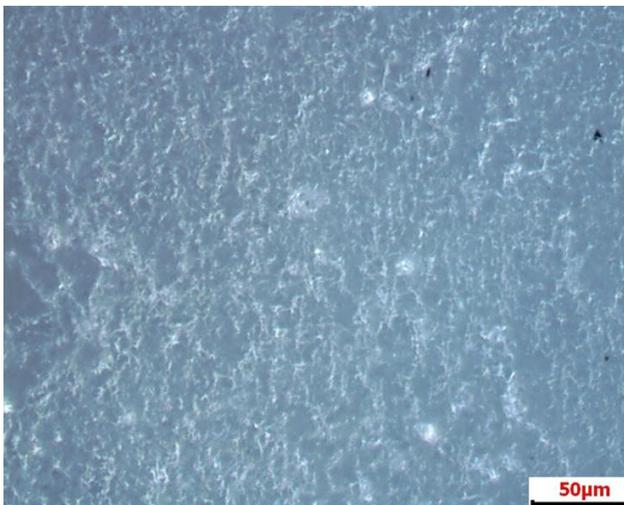


**СЛЕВА – алюмомагнезиальная шпинель,
СПРАВА – диоксид циркония**

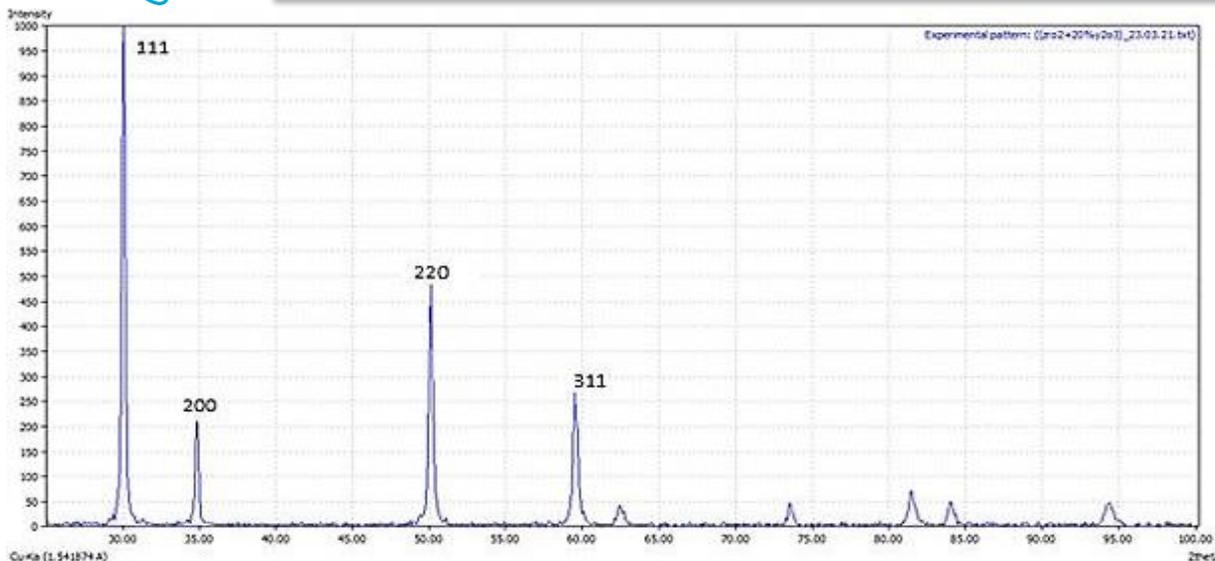
Объект исследования – стабилизированный в кубической фазе диоксид циркония и алюмомагнезиальная шпинель с избыточным содержанием оксида магния.



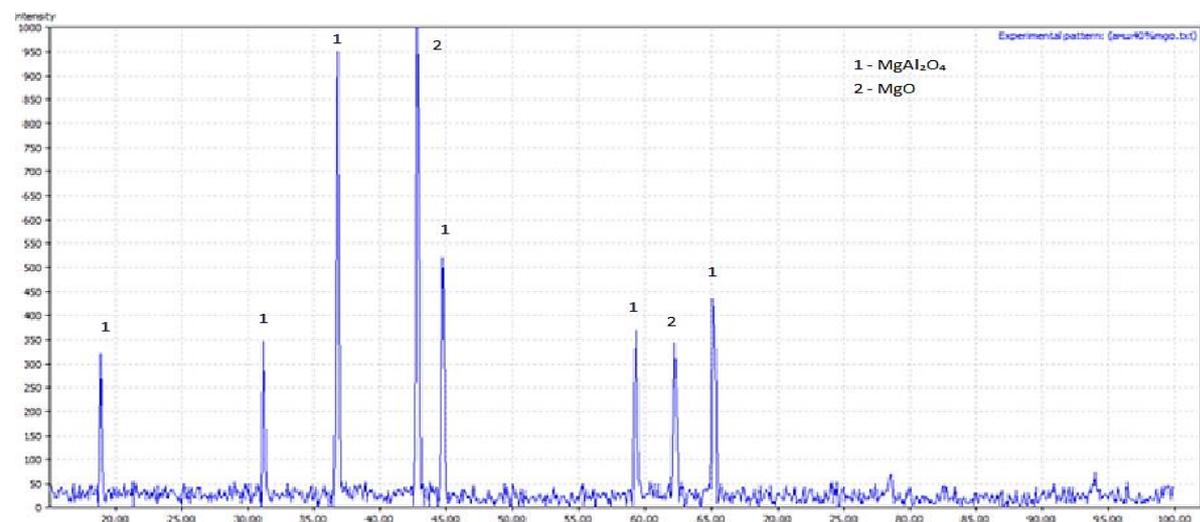
Фотография таблетки диоксида циркония в темном поле увеличением 50х, снятая на МЕТАМ ЛВ-41



Фотография таблетки алюмомагнезиальной шпинели в темном поле увеличением 50х, снятая на МЕТАМ ЛВ-41

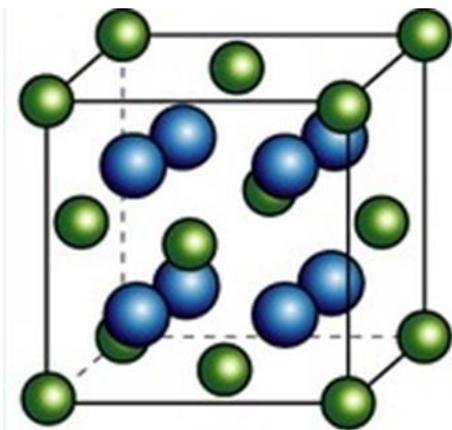


Верхняя рентгенограмма -
 ZrO_2 в виде порошка
и таблетки,
нижняя - $MgAl_2O_4$
с избытком MgO
в виде порошка и таблетки

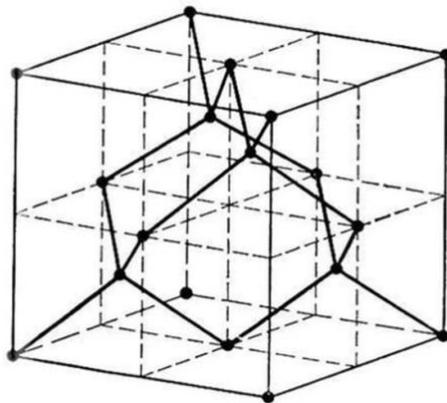


И в порошках,
и в таблетках
присутствуют одинаковые
фазы: ZrO_2 в диоксиде
циркония, $MgAl_2O_4$
и MgO в шпинели.

В виде порошка	В виде таблеток	Теоретические значения
$a(\text{MgAl}_2\text{O}_4)=0,81 \text{ нм}$	$a(\text{MgAl}_2\text{O}_4)=0,809 \text{ нм}$	$a(\text{MgAl}_2\text{O}_4)=0,806-0,808 \text{ нм}$
$a(\text{ZrO}_2)=5,15 \text{ \AA}$	$a(\text{ZrO}_2)=5,14 \text{ \AA}$	$a(\text{ZrO}_2)=5,139 \text{ \AA}$
$a(\text{MgO})=0,42 \text{ нм}$	$a(\text{MgO})=0,42 \text{ нм}$	$a(\text{MgO})=0,4211 \text{ нм}$



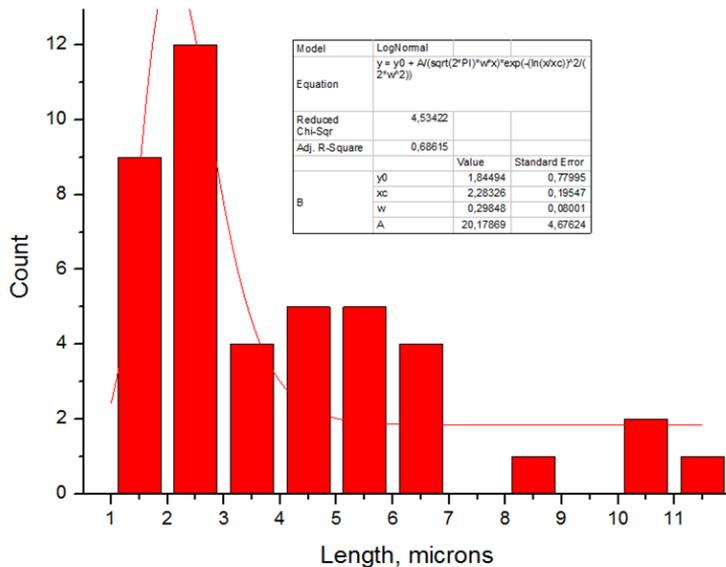
Решетка ZrO_2 ,
стабилизированного Y_2O_3



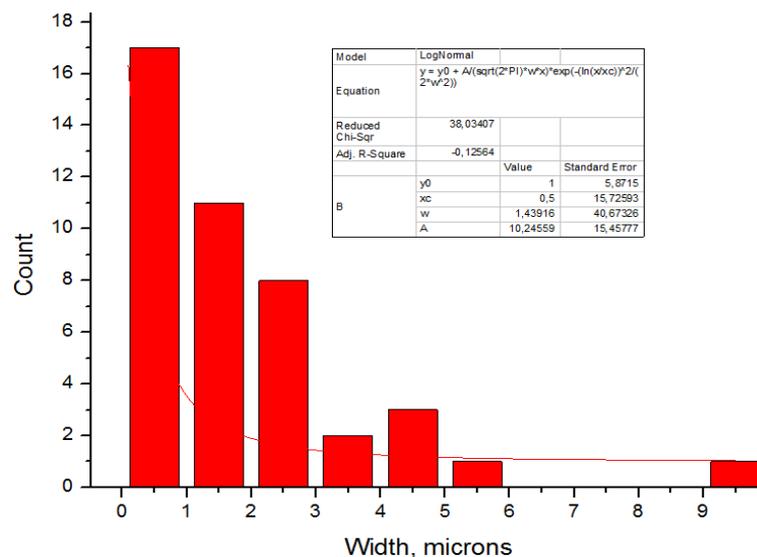
Решетка MgAl_2O_4

Оба материала имеют
кубическую решетку,
что важно для
совмещения.

Распределение по длине

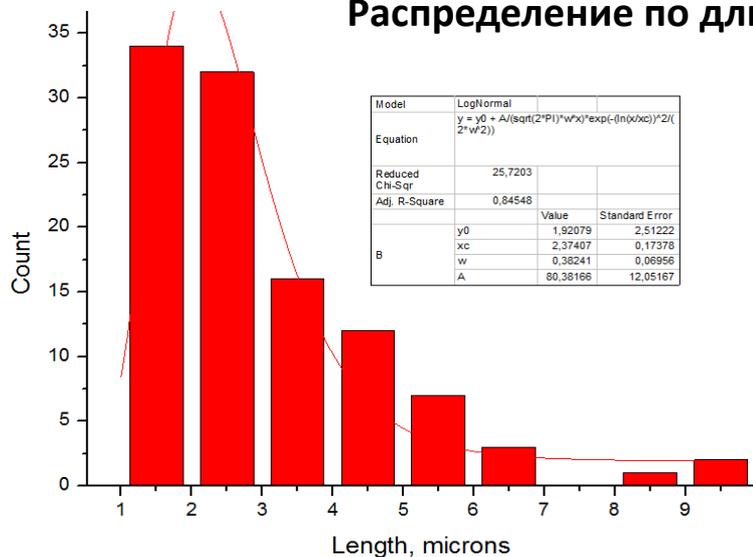


Распределение по ширине

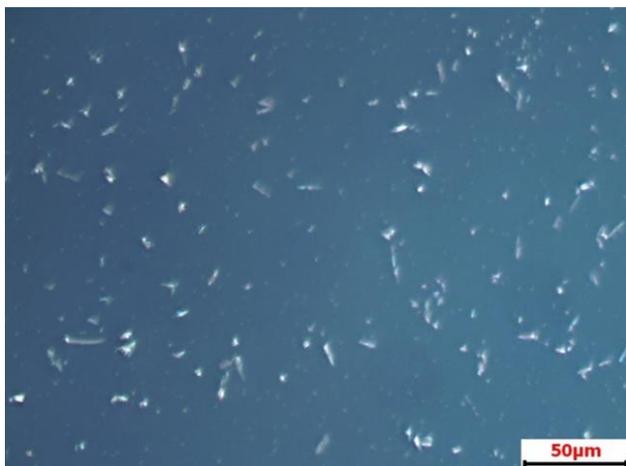
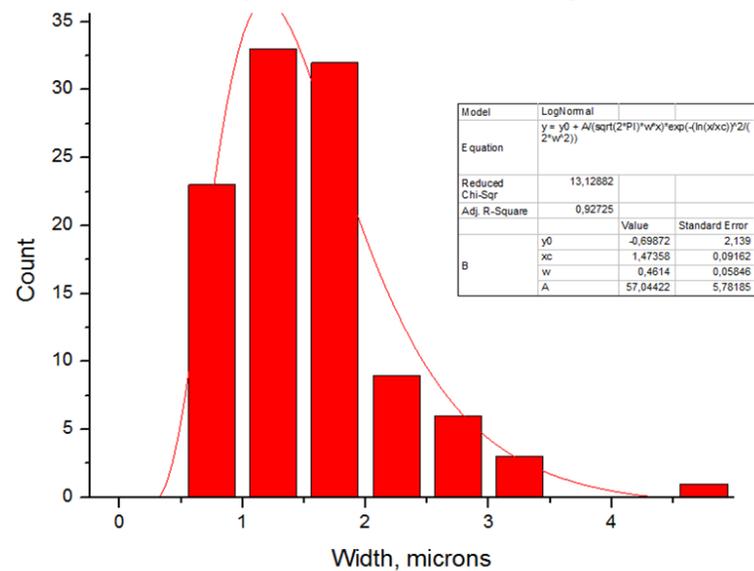


Фотография порошка диоксида циркония масштабом 50 мкм, снятая в темном поле на МЕТАМ ЛВ-41

Распределение по длине

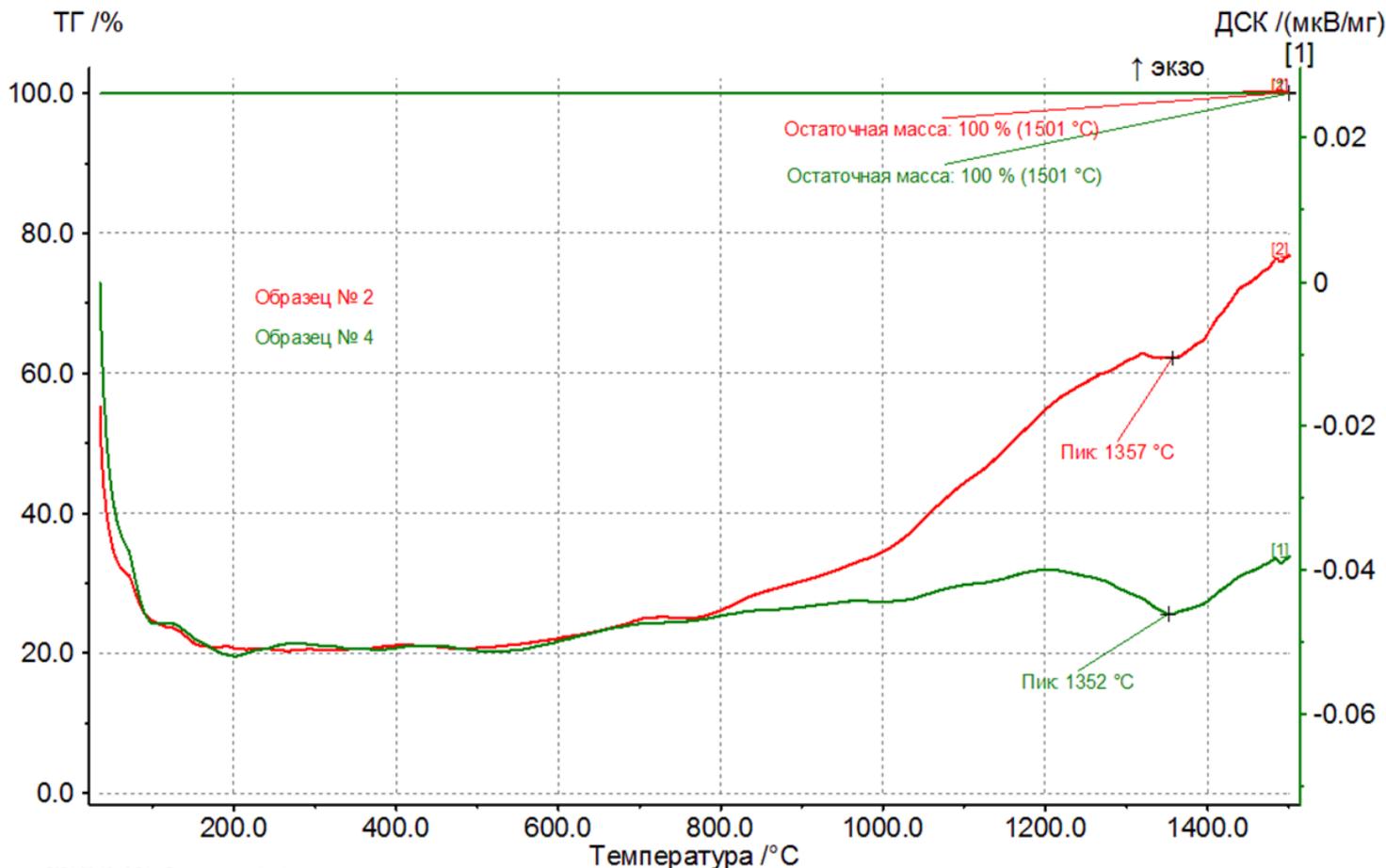


Распределение по ширине

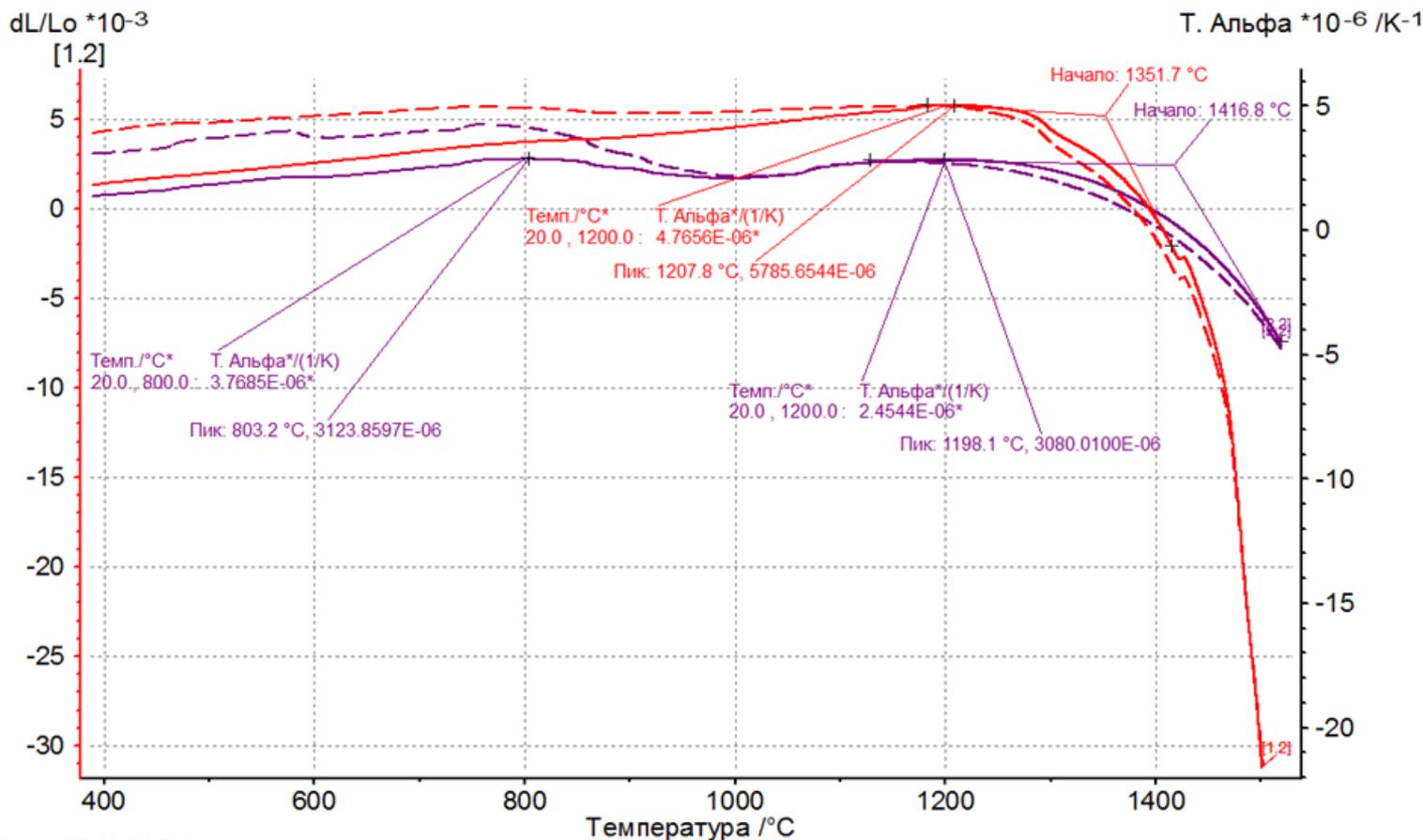


Фотография порошка
алюмомагнезиальной
шпинели масштабом
50 мкм, снятая в
темном поле на
МЕТАМ ЛВ-41

Частицы диоксида
циркония и шпинели
соразмерны друг с
другом.



Кривые ДСК и термогравиметрический анализ, красная линия – ZrO_2 , зеленая – $MgAl_2O_4$.
Масса не меняется до 1500 °С, эндотермические пики связаны с усадкой.



Фиолетовая линия – ZrO₂, красная – MgAl₂O₄. Усадка начинается после 1300 °С. Выше этой Т уменьшение длины MgAl₂O₄ в 4 раза больше уменьшения длины ZrO₂. При 1200 °С КТЛР шпинели выше в 2 раза, это расходится с теоретическими значениями.



В дальнейшем планируется:

1. Произвести определение линейной усадки при спекании сырых образцов;
2. Изготовить образцы цилиндрической формы диаметром 3-4 мм и длиной 20-30 мм, произвести их высокотемпературное спекание и измерить еще раз КЛТР уже спечённых образцов;
3. Если результаты будут удовлетворительные, можно провести совместное спекание.



- Результаты экспериментальных исследований показывают принципиальную возможность получения герметичного и прочного соединения диоксида циркония и алюмомагнезиальной шпинели для изготовления твердоэлектролитного датчика.
- Для достижения целей были проведены следующие исследования: РФА и РСА, гранулометрический анализ, ДСК, термогравиметрия и дилатометрия. Было показано, что в порошках и таблетках не меняются существующие фазы, оба материала имеют кубическую решетку, частицы порошков диоксида циркония и шпинели соразмерны друг с другом. На ДСК кривых образцов в виде таблеток обнаружены эндотермические пики при температурах 1352 °С и 1357 °С у шпинели и диоксида циркония соответственно, которые связаны с усадкой при спекании. Масса обоих образцов не меняется до 1500 °С. При T до 800 °С образцы имеют КЛТР около $5 \cdot 10^{-6}$ 1/К для шпинели и $4 \cdot 10^{-6}$ 1/К для диоксида циркония. При температуре 1200 °С КЛТР шпинели выше в 2 раза. Выше 1300 °С уменьшение длины $MgAl_2O_4$ в 4 раза больше уменьшения длины ZrO_2 .
- Работа будет продолжаться, в частности, необходимо уточнение результатов КЛТР, после чего можно пробовать совместное спекание материалов.



Спасибо за внимание!



Научно-производственное предприятие
Акционерное общество ЭКОН

ENG

[ГЛАВНАЯ](#) [НОВОСТИ](#) [О НАС](#) [ПРОДУКЦИЯ](#) [ПАРТНЁРЫ](#) [ЦЕНЫ](#) [КОНТАКТЫ](#)

**ИССЛЕДОВАНИЯ И СЕРИЙНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО ТЕХНИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ**

РАЗРАБАТЫВАЕМ ТЕХНОЛОГИЮ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ И НЕОБХОДИМУЮ ДЛЯ ЭТОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ОСНАСТКУ	ПРОИЗВОДИМ МАЛЫЕ СЕРИИ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ И НАЗНАЧЕНИЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ КОНСТРУКЦИОННУЮ, ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННУЮ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННУЮ КЕРАМИКУ	ИЗГОТОВЛИВАЕМ КЕРАМИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ КАК МАКСИМАЛЬНО ПЛОТНЫЕ, ТАК И ОБЛАДАЮЩИЕ ЗАКРЫТОЙ ИЛИ ОТКРЫТОЙ ПОРИСТОСТЬЮ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ ЗАКАЗЧИКА	ЯВЛЯЕМСЯ ОДНИМ ИЗ НЕМНОГИХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РАЗРАБАТЫВАЮЩИХ И ПРОИЗВОДЯЩИХ ТЕХНИЧЕСКУЮ КЕРАМИКУ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ
---	--	---	---

«ТЕХНИЧЕСКАЯ КЕРАМИКА. ПЛАНАРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТВЁРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ»

Круглый стол, 09 сентября 2021 года, г. Обнинск