



Использование двойных алюминатов лантана в качестве прекурсоров для получения термобарьерных материалов

Романкина Валерия Максимовна
СУНЦ МГУ имени А.Н. Колмогорова

Руководитель работы:

Рюмин Михаил Александрович

ФГБУН «Институт общей и

неорганической химии им. Н.С.

Курнакова РАН».

Москва, 2026

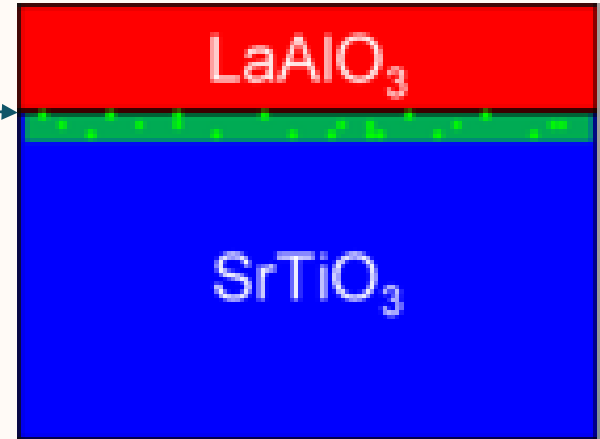
Применение алюминатов

- Для создания современных керамических изделий
- В тонких пленках
- В катализе. В реакции каталитического горения CH_4 для получения синтез газа

Термобарьерные покрытия (ТБП) - жаростойкие покрытия, которые наносятся на поверхность наиболее горячих металлических деталей газотурбинных энергетических установок и авиационных газотурбинных двигателей.



двумерный электронный газ



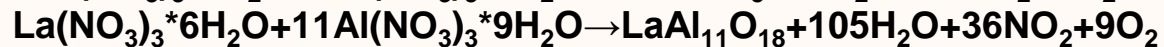
Цели и задачи

Цель - получить алюминаты лантана разного состава для использования в качестве прекурсоров синтеза гексаалюминатов состава $\text{LaMgAl}_{11}\text{O}_{19}$.

Задачи

- изучить информацию о свойствах и структуре LaAlO_3 и $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$, вариантах синтеза и продуктах, которые могут получаться
- осуществить синтез алюминатов лантана разными способами
- выбрать оптимальный метод получения алюминатов и использовать продукты для синтеза гексаалюминатов
- синтезировать $\text{LaMgAl}_{11}\text{O}_{19}$, который является термобарьерным материалом

Обратное осаждение



Для получения 5 г.	$m(\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$	$m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O})$
LaAlO_3	10.123 г.	8.769 г.
$\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$	2.992 г.	28.510 г.

Температурно-временной режим

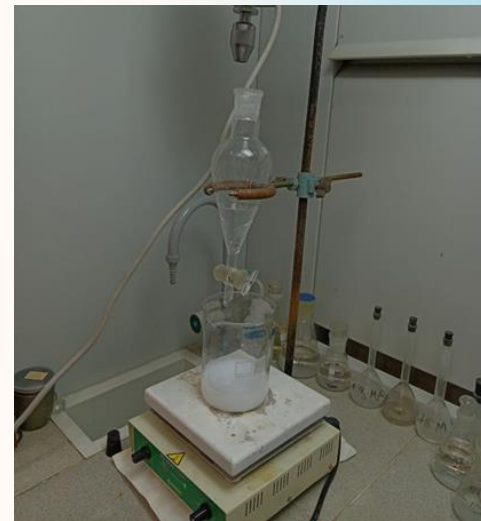
1. 16 ч – 100 °С
2. 20ч нагрев, 20ч 1000 °С
3. 12ч нагрев, 8ч 1200 °С
4. 14ч нагрев, 10ч 1500 °С



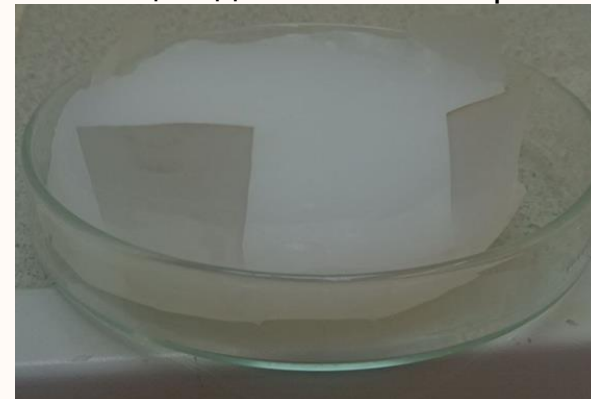
Центрифуга



Вакуумный насос



Растворы смешиваются с помощью делительной воронки

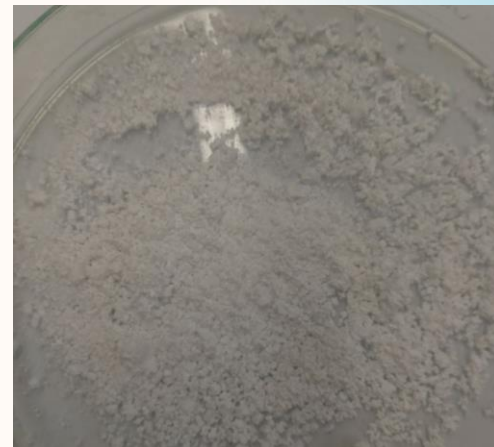


Вещество из воронки Бюхнера 4

Твердофазный синтез

Высушивание образца:

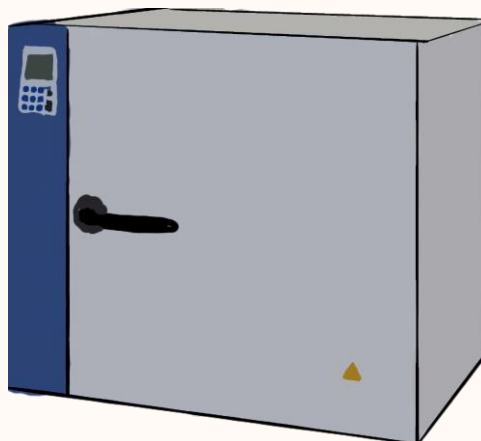
1. 2 ч – 70°C
2. 16 ч – 100°C
3. 2 ч – 120°C
4. 16 ч – 150 °C
5. 6 ч – 200°C
6. 12ч нагрев до 600 °C , 8ч 600°C
7. 12ч нагрев до 1200°C , 24ч 1200 °C
8. 14 нагрев до 1500°C , 12ч 1500°C



Вещество после высушивания при 200 °C



Аналитические весы



Сушильный шкаф



Муфельная печь

Золь-гель синтез

Методика отжига всех золь-гель образцов:

- 16ч 115°C
- 12ч нагрев до 1000°C, 8ч 1000°C
- 14ч нагрев до 1500°C, 16ч 1500°C
- 14ч нагрев до 1600°C, 12ч 1600°C



Пресс



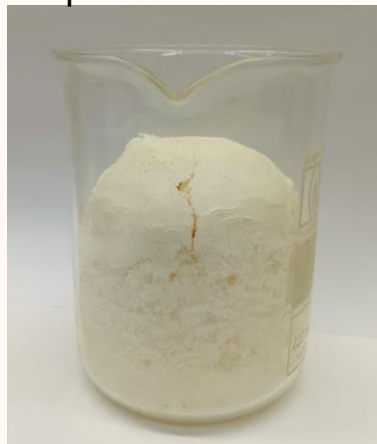
Вещества в таблетках



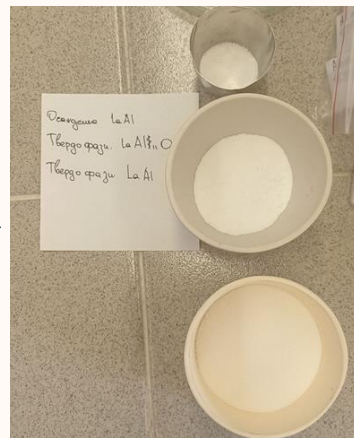
Растворение



Выпаривание

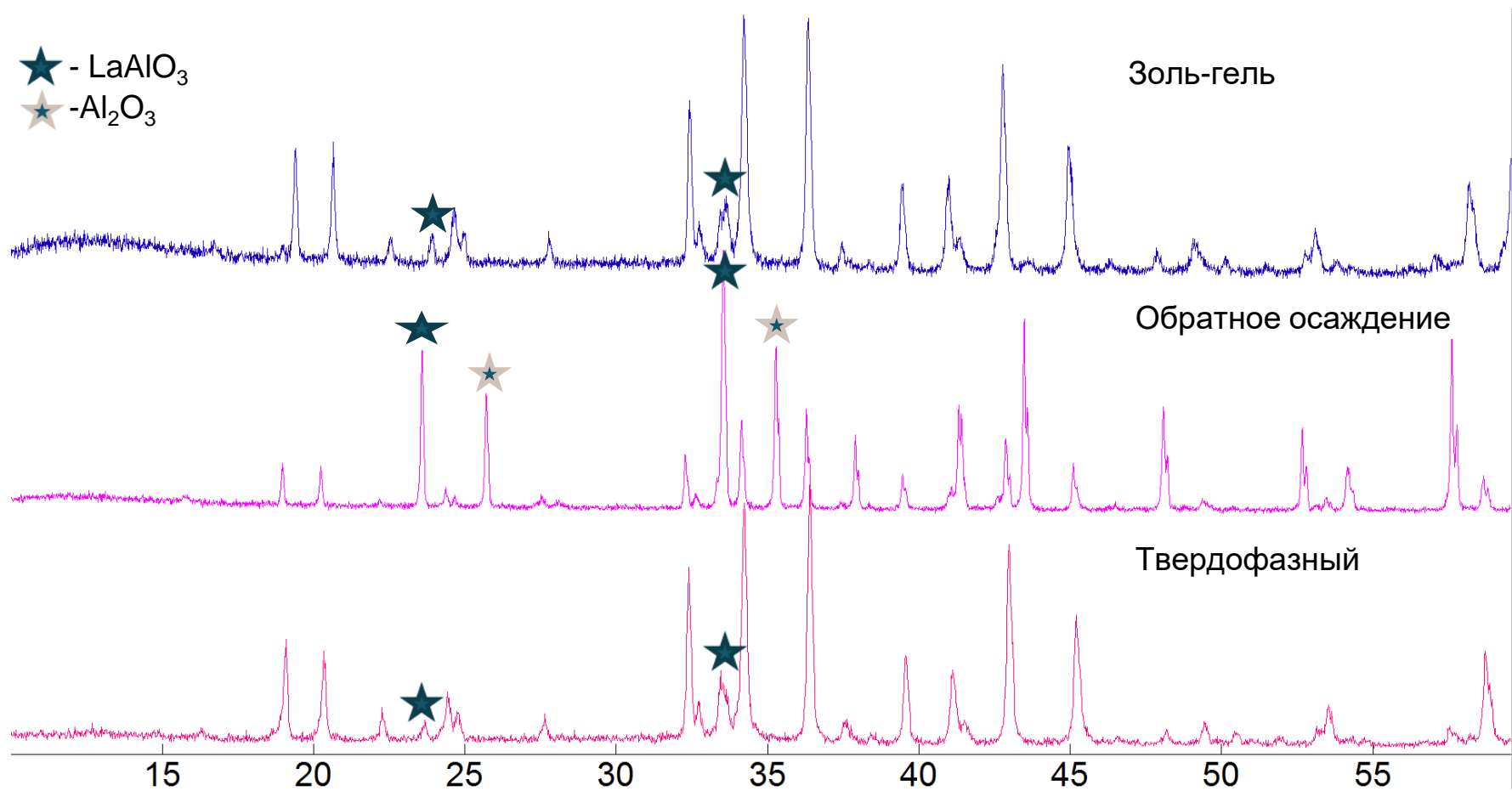


Высушивание

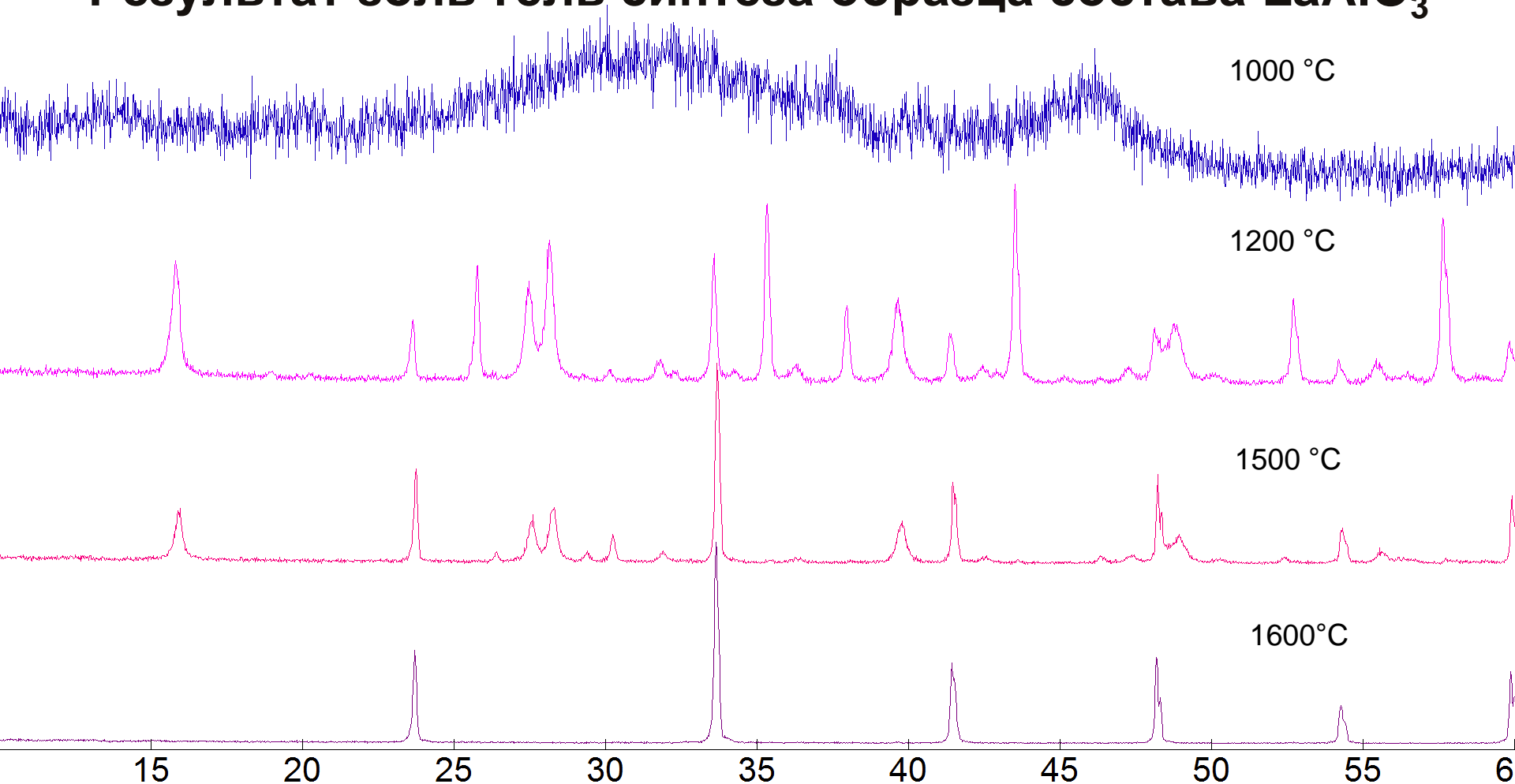


Отжиг

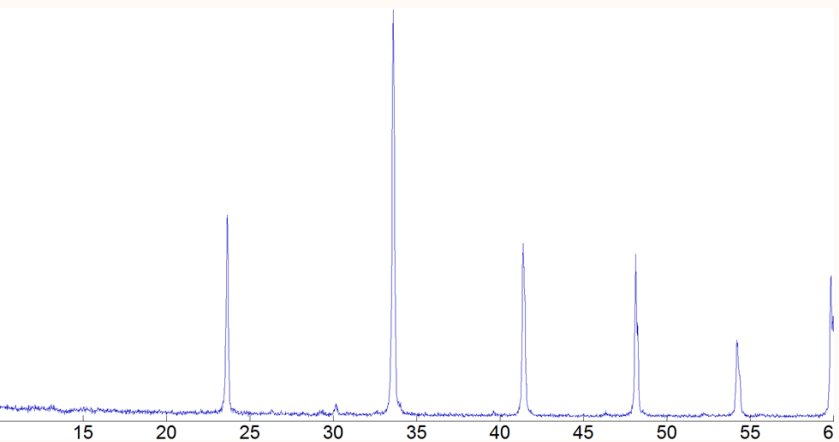
Сравнение результатов синтезов $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$ (1500°C)



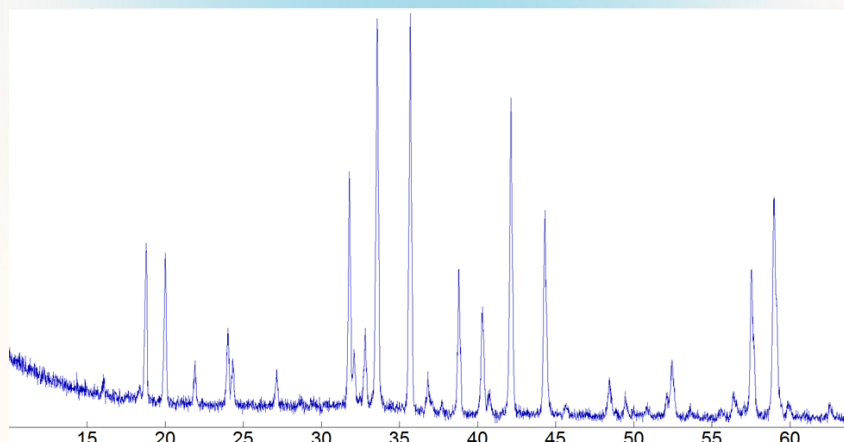
Результат золь-гель синтеза образца состава LaAlO_3



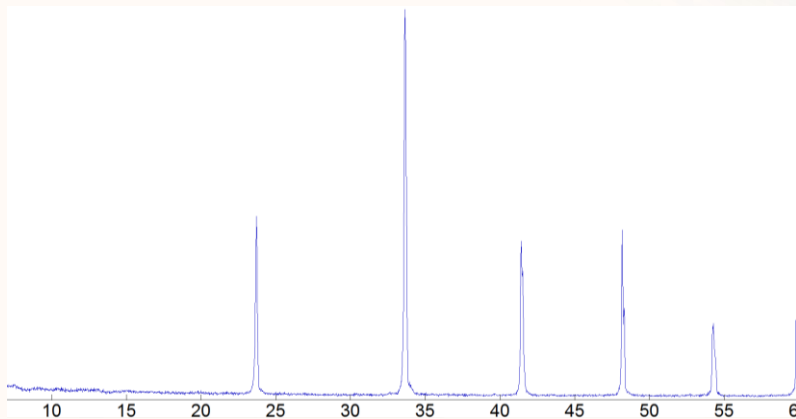
Лучшие результаты синтезов



LaAlO_3 твердофазный 1500°C в таблетке

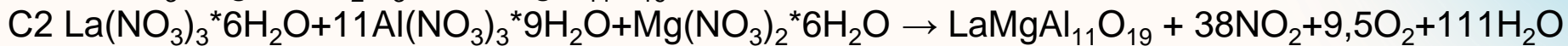


$\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$ золь-гель с избытком Al(10%) 1500°C



LaAlO_3 золь-гель 1600°C

Синтез $\text{LaMgAl}_{11}\text{O}_{19}$



Для получения 3 г.			
C1	$m(\text{LaAlO}_3) = 0,840 \text{ г.}$	$m(\text{MgO}) = 0,158 \text{ г.}$	$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 2.002 \text{ г.}$
C2	$m(\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 1.700 \text{ г.}$	$m(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 1.007 \text{ г.}$	$m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) = 16.251 \text{ г.}$
C3	$m(\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}) = 2.842 \text{ г.}$	$m(\text{MgO}) = 0.158 \text{ г.}$	

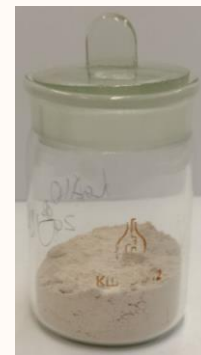
Все три синтеза были поставлены твердофазным методом



Образцы на стадии высушивания



Полученные вещества



Прекурсор LaAlO_3

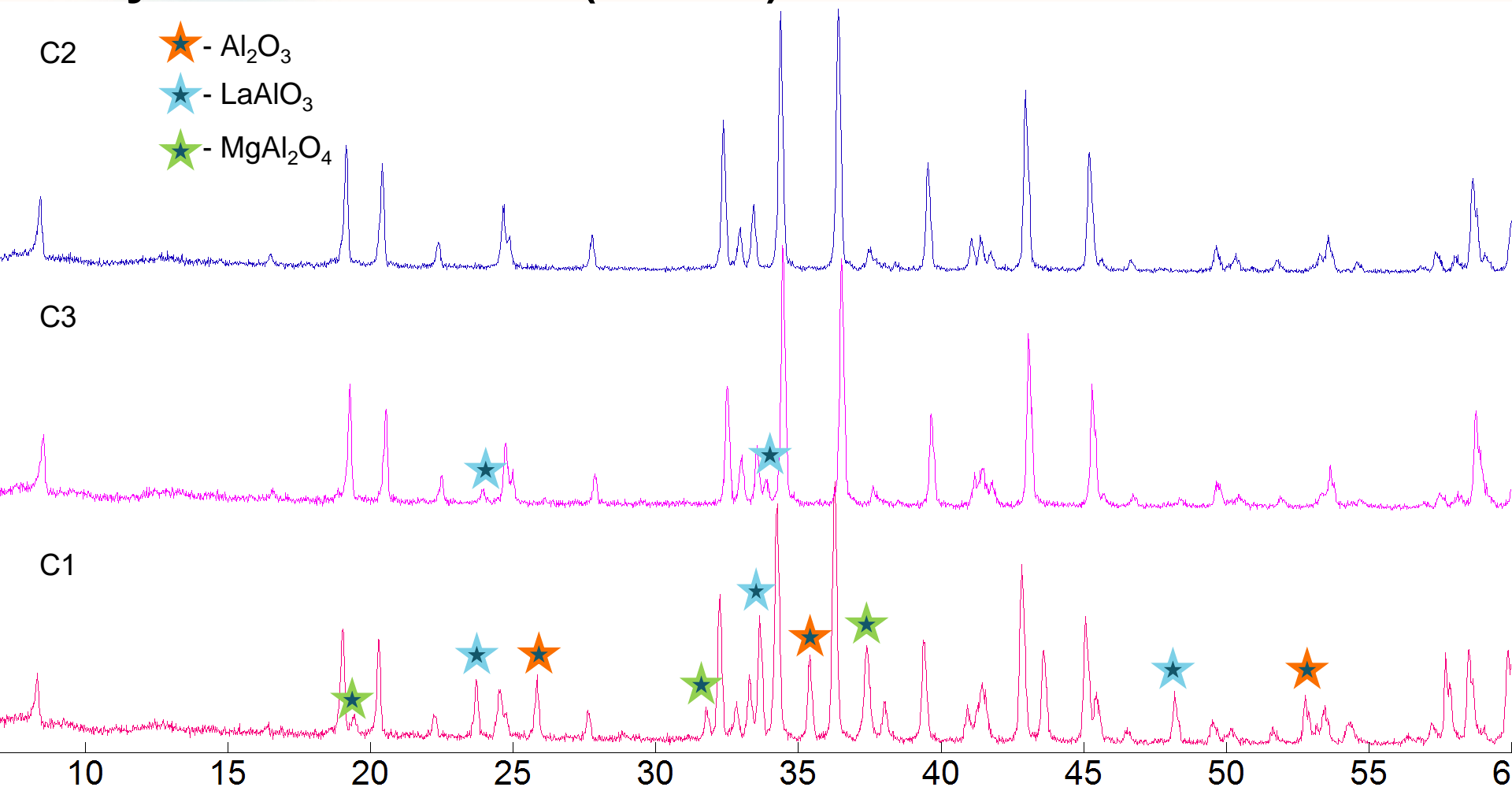
Результаты синтезов(1500°C)

C2

- ★ - Al_2O_3
- ★ - LaAlO_3
- ★ - MgAl_2O_4

C3

C1



Выводы

1. Осуществлён синтез двух алюминатов лантана разного количественного состава тремя методами
2. Показано, что однофазные образцы образуются в результате золь-гель метода
3. Установлен оптимальный температурно-временной режим получения однофазных LaAlO_3 и $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$
4. Синтезирован $\text{LaMgAl}_{11}\text{O}_{19}$ однофазный



Планы на будущее

Получить $\text{LaMgAl}_{11}\text{O}_{19}$ другими методами и выбрать лучший

ИСТОЧНИКИ

1. Bondar.I.A., Mezentseva. L. P. SINGLE CRYSTALS OF RARE-EARTH OXIDES: CONSTITUTION AND PROPERTIES // Prog. Crystals Growth and Charact. 1988, Vol. 16, pp. 81-141 DOI: 10.1016/0146-3535(88)90016-0
2. Ropp R.C, Carroll B. Solid-state Kinetics of $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$ // JACS. 1980. Vol.63. Iss.7-8. P.416-419
3. M. Tian, X. D. Wang and T. Zhang. Hexaaluminates: A review of the structure, synthesis and catalytic performances // Catalysis Science & Technology. – 2016 DOI: 10.1039/C5CY02077H.
4. L. Miotti, F. Tatsch, C. Driemeier, K.P. Bastos. Composition, stability and oxygen transport in lanthanum and hafnium aluminates thin films on Si // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. – 2006. Vol.249, Iss.1–2. P.366-369 doi:10.1016/j.nimb.2006.04.030