

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук

Научный доклад
по теме научно-квалификационной работы (диссертации)

Синтез и спекание порошков со структурой перовскита: никелаты, ферриты,
кобальтиты лантана с добавками стронция и кальция.

Направление подготовки: 18.06.01. Химическая технология

Направленность подготовки Технология силикатных и тугоплавких неметаллических
материалов

Научная специальность 05.17.11.Технология силикатных и тугоплавких неметаллических
материалов

Отрасль науки Технические науки

Аспирант



Ермакова Елена Анатольевна

Научный руководитель:

К.Т.Н



Стрельникова Светлана Сергеевна

Москва 2020 г.

Актуальность работы

Соединения со структурой перовскита находят широкое применение в качестве твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), катализаторов полного окисления в различных реакциях газоочистки, кислородных датчиках, электролизерах для получения чистого кислорода и водорода, а также в установках пьезоэлектрических и резистивных элементов в высокотемпературных печах.

Керамические материалы на основе соединений LaMO_3 (где М – Co, Ni, Fe) имеют хорошие электрофизические свойства, смешанный тип проводимости, высокую химическую стойкость как в окислительных, так и в восстановительных средах. Такая керамика применяется для изготовления компонентов твердооксидных топливных элементов, катализаторов, керамических мембран и резисторных нагревателей.

Перовскиты обладают рядом электрических свойств, что определяет их применение в технике. Электрическая проводимость перовскитов варьируется в широких пределах. Некоторые вещества используются в качестве диэлектриков, в то время как другие обладают металлической проводимостью, однако большая часть перовскитов являются полупроводниками. Как и для других типов соединений, электрические свойства перовскитов зависят от внешних электронов их ионов, которые могут быть локализованы в отдельных атомных позициях или могут быть коллективными. Так как локализованные электроны могут обладать спонтанным магнитным моментом, имеет место сильная корреляция между электрическими и магнитными свойствами перовскитов.

Соединения с перовскитовой структурой используются в качестве модельных систем для спектроскопических исследований в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазонах. Структура типа ABO_3 подходит для этих целей, так как магнитное упорядочение переходных металлов в позиции В может быть изучено дополнительно к упорядочению редкоземельных ионов в позиции А.

Важной характеристикой структуры перовскитов является их способность к многочисленным изоморфным замещениям как в А – Са и Sr, так и в В-позициях (Ni, Fe, Co). В структуре перовскита может накапливать большое количество типов элементов в различной валентности, что приводит к возможности химического дизайна данных материалов. Это обуславливает появление новых материалов с перовскитовой структурой, перспективных в качестве их использования в высокотемпературных топливных элементах.

Цель работы:

Разработка технологии получения ультрадисперсных порошков со структурой перовскита LaMO_3 (где М – Co, Ni, Fe) и плотноспеченной керамики на их основе.

Для достижения поставленной цели решались следующие основные задачи:

- Разработка технологических основ получения золь – гель методом высокодисперсных порошков легированного кобальтом, никелем и ферритом лантана;
- Изучение влияния различных гелеобразователей и их количества на фазовый состав, размер и морфологию частиц порошка с выявлением механизма синтеза соединений кобальта, никеля и феррита лантана;
- Исследование влияние добавок стронция и кальция на синтез порошков кобальта, никеля и феррита лантана в интервале температур 700 – 900°C;
- Установление влияния легирующих компонентов кальция и стронция на микроструктуру и свойства керамических материалов на основе кобальта, никеля и феррита лантана;
- Исследование спекаемость порошков $\text{La}_{1-x}\text{R}_x\text{MO}_3$ (где R – Ca, Sr; М – Co, Ni, Fe) с применением различных гелеобразователей.

Научная новизна работы

Получение активных к спеканию порошков путем золь-гель синтеза с использованием полимерных гелеобразователей и введения добавок модификаторов, образующих твердые растворы $La_{1-x}R_xMO_3$ (где R – Ca, Sr; M – Co, Ni, Fe)

Практическая значимость работы

1. Разработаны основы золь-гель технологии получения порошков замещенных кобальтитов $LaCoO_3$, $La_{0,8}Sr_{0,2}CoO_3$, $La_{0,8}Ca_{0,2}CoO_3$, никелатов $LaNiO_3$, $La_{0,8}Sr_{0,2}NiO_3$, $La_{0,8}Ca_{0,2}NiO_3$, ферритов $LaFeO_3$, $La_{0,8}Sr_{0,2}FeO_3$, $La_{0,8}Ca_{0,2}CoO_3$.
2. Использование гелеобразователя поливинилпирролидон (ПВП) с различной молекулярной массой и различной концентрацией позволит снизить температуру синтеза порошков.
3. Установлено оптимальное количество гелеобразователя ПВП (1 масс %).

На защиту выносятся

1. Технологические основы синтеза порошков со структурой перовскита: никелаты, ферриты, кобальтиты лантана с добавками стронция и кальция.
2. Изучение влияния добавок на синтез и спекаемость порошков никелатов, ферритов, кобальтитов лантана в широком интервале температур.
3. Влияние вида гелеобразователя на активность порошков.
4. Исследование формирования микроструктуры и свойств керамических материалов на основе $La_{1-x}R_xMO_3$ (где R – Ca, Sr; M – Co, Ni, Fe).

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, показаны научная новизна и

практическая значимость работы, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен аналитический обзор литературы по керамическим материалам на основе легированного кобальтами, никелатами и ферритами лантана.

Вторая глава посвящена объектам и методам исследования. В качестве объектов исследования были использованы следующие материалы: LaCoO_3 (LCO), $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{CoO}_3$ (LCC), $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{CoO}_3$ (LSC), LaNiO_3 (LNO), $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{NiO}_3$ (LCN), $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{NiO}_3$ (LSN), LaFeO_3 (LFO), $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{FeO}_3$ (LCF), $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{FeO}_3$ (LSF). Приведена технологическая схема получения и описаны технологические этапы термообработки, прессования, гранулирования порошков и обжига керамики.

Для решения поставленных задач были использованы современные методы исследования: рентгеновская дифрактометрия (РФА); сканирующая электронная микроскопия; Фурье ИК-спектроскопия; механические испытания на сжатие, определение электропроводности и коэффициента термического расширения.

В третьей главе рассмотрены основные результаты работы. Известно, что на активность порошков к спеканию и в последующем на свойства керамики оказывает влияние вид и количество вводимых добавок, температура синтеза, фазообразование, тип и количество гелеобразователя.

В работе золь-гель методом синтезировали порошки сложных составов $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{MO}_3$ (где М – Mn, Co, Ni, Fe), легированные Sr и Ca в подрешетке лантана (А – позиция). В качестве исходных веществ использовали оксиды соответствующих металлов, азотную кислоту, а также кристаллогидраты нитратов металлов, которые растворяли в дистиллированной воде с учетом потерь при прокаливании. Полученный раствор нагревали до 80°C и перемешивая, добавляли гелеобразователь (ПВП). Термообработку гелей проводили в СВЧ-установке и получали ксерогель, который затем обжигали при температуре 700°C , 800°C , 900°C с выдержкой 1 час при конечной температуре. Прессование образцов производили при давлении 250 МПа,

используя в качестве временной технологической связки гелеобразователь – поливинилпирролидон (ПВП) 1 масс. %. Полученные образцы размером $4\times 4\times 40$ мм и 10×3 мм обжигали на корундовых подложках в засыпке в печи с хромитлантановыми нагревателями при температуре 1300°C , 1400°C с выдержкой при максимальной температуре 3 ч. Охлаждение образцов проводили по мере остывания печи до комнатной температуры.

Ксерогели и порошки исследовали методами инфракрасной спектроскопии, дифференциальной термогравиметрии, совмещенной с масс спектроскопией, рентгенофазового анализа, лазерной гранулометрией, а также при помощи сканирующей электронной микроскопии. Были определены физические свойства (открытая пористость, водопоглощение, средняя плотность), механические, теплофизические свойства материалов и их электропроводность.

Порошки кобальтита лантана, легированного стронцием и кальцием в А- позиции $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{CoO}_3$, $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{CoO}_3$ имели основные фазы LSC и LCC при температуре 800°C , с увеличением температуры происходит рост кристаллов и образование плотных агрегатов, что подтверждается результатам микроскопии. Так, по данным СЭМ при 800°C , средний размер частиц порошков составляет $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{CoO}_3$, $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{CoO}_3$ от 1 до 19 мкм.

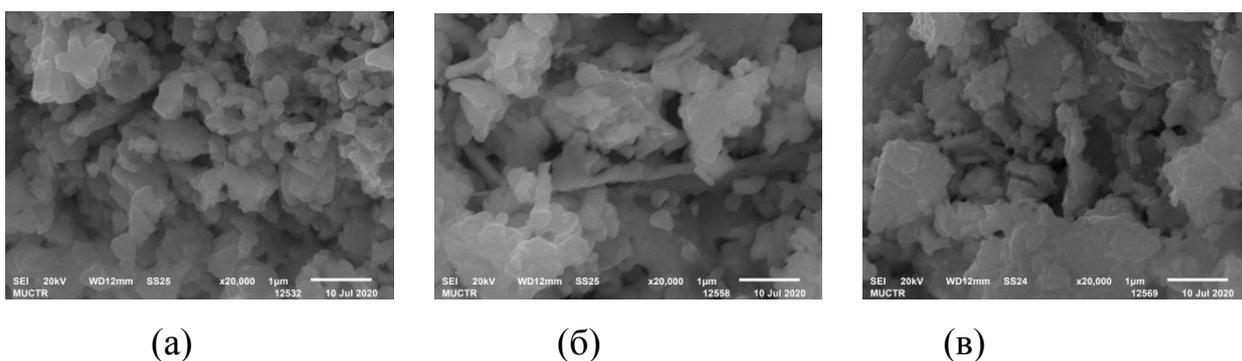


Рис. 1. Микрофотографии порошков а – LaCoO_3 , б – $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{CoO}_3$, в – $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{CoO}_3$, Температура синтеза 800°C ;

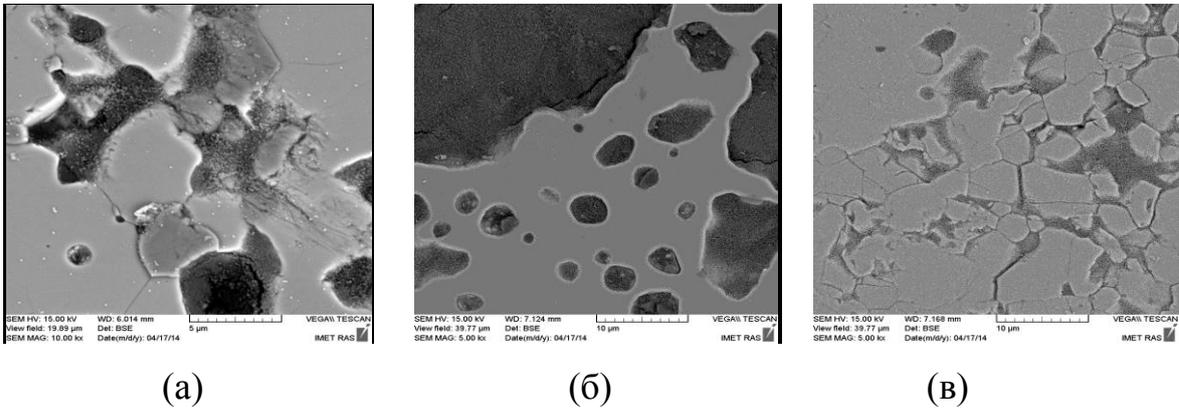


Рис. 2. Микроструктура керамики а – LaCoO_3 , б – $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CoO}_3$, в – $\text{La}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{CoO}_3$. Температура спекания 1400°C .

Керамика составов LaCoO_3 , $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CoO}_3$, $\text{La}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{CoO}_3$ характеризуется мелкокристаллической структурой с размером 2 – 5 мкм и наличием межкристаллической пористости. (Рис. 2)

По данным рентгенофазового анализа показано, что повышение температуры синтеза с 700 до 900°C приводит к увеличению образования фазы LaNiO_3 с 25 до 65 масс.%. На рентгенограммах присутствуют пики, соответствующие $\text{La}(\text{OH})_3$ и NiO . Частичное замещение лантана кальцием или стронцием в структуре перовскита LaNiO_3 привело к образованию неоднородного материала с явными признаками наличия отдельных оксидов с размером кристаллитов 10-15 мкм. Увеличение температуры синтеза с 700 до 900°C для всех составов происходит рост кристаллов и образование плотных агрегатов, что подтверждено результатами микроскопии. Так, по данным СЭМ, при 700°C средний размер частиц порошков составляет LaNiO_3 – 7,3 мкм, $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_3$ -8,3 мкм, $\text{La}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{NiO}_3$ – 6,5 мкм (Рисунок 2).

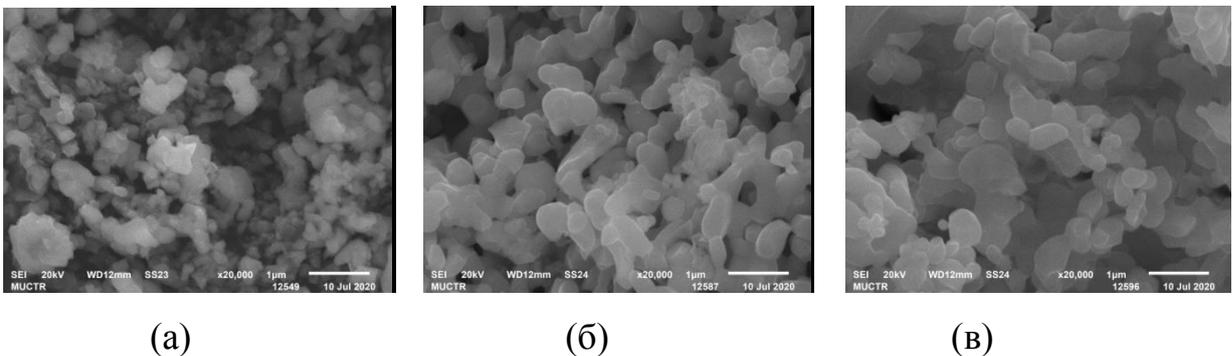
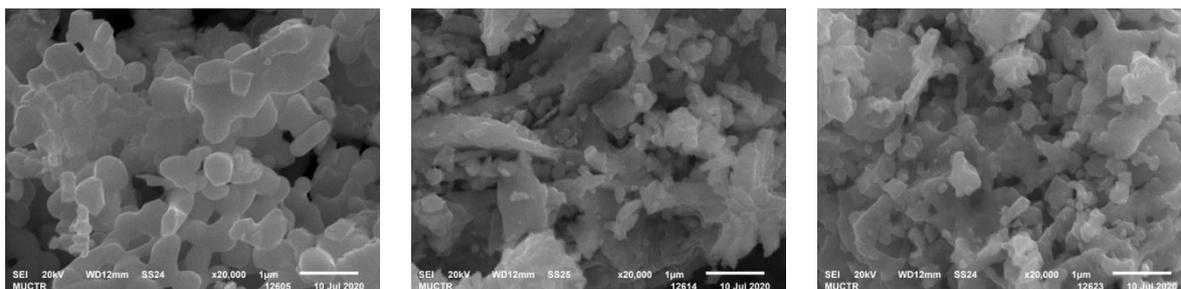


Рис. 2. Микрофотографии порошков а – LaNiO_3 , б – $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_3$, в –

$\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{NiO}_3$, Температура синтеза 800 °С.

По результатам лазерной гранулометрии порошки LaNiO_3 , $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{NiO}_3$, $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{NiO}_3$ представляют собой агрегаты с размером от 6 до 12 мкм в зависимости температуры синтеза. Сравнивая кривые распределения частиц по размерам порошков, синтезированных при различных температурах, можно сделать вывод, что при увеличении температуры синтеза до 900°С, размер частиц увеличивается до 16 мкм.

Полученный ксерогель ферриты лантана, легированного стронцием и кальцием в А- позиции $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{FeO}_3$, $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{FeO}_3$ обжигали при температурах 700 и 900 °С в течение 10 ч для синтеза кобальтитов лантана. Выход LFO, LCF и LSF определяли с помощью РФА. Показано, что температура синтеза 700 °С недостаточно для получения ферритов лантана. Повышение температуры синтеза до 900 °С приводит к более полному выходу (до 93 масс. %) продукта твердофазного синтеза. Для более полного получения продукта необходимо увеличить время синтеза.



(а)

(б)

(в)

Рис. 3. Микрофотографии порошков а – LaFeO_3 , б – $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{FeO}_3$, в – $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{FeO}_3$, Температура синтеза 800 °С.

Результаты по ТКЛР представлены в табл.1. Исходя из полученных данных, совместимым с циркониевым электролитом является LSN. Самый низкий ТКЛР соответствует составу LCF. Увеличение данного параметра происходит в ряду: $\text{LCF} < \text{LFO} < \text{LSF} < \text{LSN} < \text{LNO} < \text{LCC} < \text{LCN} < \text{LSC} < \text{LCO}$.

Повышение электропроводности с внедрением в структуру перовскита ионов Ca^{2+} и Sr^{2+} объясняется увеличением количества носителей зарядов. Образцы без добавок характеризуются некоторым дефицитом по кислороду, связанным с разупорядоченным расположением соседних октаэдров в структуре перовскита, что приводит к более низким значениям

электросопротивления.

В результате проведенного эксперимента установлено, что феррит и легированные ферриты начинают проявлять свойства проводников до 400 и 300 °С соответственно. Скачкообразные изменения электропроводности до температуры 400 °С объясняются тем, что в этих температурных интервалах происходит удаление влаги с поверхности и из открытых пор образцов. Кислород-ионная и электронная проводимость начинает проявляться при температурах 260°С для LFO, 220°С для LCF и 220 °С LSF. До этих температур основной вклад в проводимость образцов вносит примесный механизм.

Таблица 2

Состав	Температура синтеза, °С	Температура спекания, °С	Средний ТКЛР $\times 10^6$, K ⁻¹	*Истинный ТКЛР при 1000,°С, $\times 10^6$, K ⁻¹	σ , См/см
LFO	850	1400	8,0	9,1	$3,7 \cdot 10^{-5}$
LCF	850	1400	7,1	8,1	$1,8 \cdot 10^{-3}$
LSF	850	1400	8,2	8,6	$1,6 \cdot 10^{-3}$
LCO	850	1400	12,2	14,6	$2,8 \cdot 10^{-10}$
LCC	850	1400	10,8	13,1	$2,5 \cdot 10^{-10}$
LSC	850	1400	11,8	15,9	$8,8 \cdot 10^{-6}$
LNO	850	1400	10,7	11,1	$3,7 \cdot 10^{-4}$
LCN	850	1400	11,0	12,1	$7,5 \cdot 10^{-5}$
LSN	850	1400	9,0	10,6	$3,6 \cdot 10^{-6}$

*Истинное значение ТКЛР определяли по зависимости $\Delta l/l = f(T)$.

Электропроводность при нормальных условиях для кобальтитов низкая и по значениям электросопротивления данный материал можно было бы отнести к традиционным оксидным керамическим материалам. Однако, при повышении температуры образцов их электросопротивление снизилось практически до сотен Ом. Изначально, интерес с точки зрения электропроводности представлял LSC так как его проводимость при 1000 °С превышает 1000 См/см. На практике данный состав удалось исследовать

только до 250 °С. Но уже по полученным результатам можно предположить, что образец при более высоких температурах может достичь сверхпроводящего состояния. Собственный механизм электропроводности начинает работать при температурах 180, 160 и 220 °С для LCO, LCC и LSC соответственно.

В случае никелитов, сложившаяся последовательность влияния добавок была частично нарушена. Выразилось это в том, что как примесная, так и собственная электропроводность уменьшалась в следующей последовательности: LNO > LCN > LSN. Подобный результат можно обосновать тем, что легированные образцы характеризуются высокой пористостью, снижающей концентрацию носителей заряда. Скачкообразное изменение проводимости при низких температурах, как и в предыдущих составах, объясняется удалением влаги. Преобладание примесного механизма над собственным происходит до 400, 340 и 200 °С для LNO, LCN и LSN. Высокое значение по электропроводности демонстрирует LSC, что показывает его одним из преимущественных материалов для изучения и внедрения в качестве ТОТЭ.

Экспериментальные данные по физическим свойствам для образцов, обожженных при температуре 1400°С с размером 10×3 мм представлены в таблице 1.

Таблица 1. Физические свойства материалов

Состав	t, °С	Π ₀ , %	ρ, г/см ³	Усадка радиальная, %	Усадка осевая, %
LFO	1400	2,94	4,86	18,21	17,82
LCF	1400	10,71	4,10	21,64	19,10
LSF	1400	1,75	4,92	21,17	20,35
LCO	1400	20,27	4,34	12,38	8,49
LCC	1400	15,87	4,83	16,33	15,40
LSC	1400	4,76	4,56	17,69	10,20

LNO	1400	3,89	2,23	15,47	14,98
LCN	1400	20,23	2,10	0,54	4,71
LSN	1400	33,33	4,66	2,19	2,31

С точки зрения открытой пористости и средней плотности наилучшим составом является LSF. Перспективным с точки зрения усадки получился состав LCO.

Легирование ионами стронция Sr^{2+} феррита и кобальтита лантана привело к снижению пористости, повышению плотности и усадки. Данный результат объясняется тем, что внедрение щелочноземельных металлов в структуру перовскита приводит к повышению симметрии решетки, которое ведет к уплотнению материала. Помимо этого, легирование ионами Ca^{2+} и Sr^{2+} в случае кобальтитов, сопровождается валентными переходами иона кобальта из Co^{3+} в Co^{4+} . Различие в ионных радиусах переходных металлов также объясняет улучшение керамических свойств перовскитов.

Худший уровень свойств показала керамика на основе никелата лантана, в этом числе легированного ионами Ca^{2+} и Sr^{2+} . Объясняется подобный результат неполным спеканием (высокая пористость и низкая усадка) материала. Размеры кристаллов составляли от 5 до 10 мкм. Внедрение в структуру перовскита LNO ионов Ca^{2+} и Sr^{2+} привело к образованию неоднородного материала с явными признаками наличия отдельных оксидов с размером кристаллов 10-15 мкм.

Наиболее перспективным с точки зрения прочностных свойств является материал LSF, который превосходит по данному показателю нелегированный феррит более чем в 2 раза. Результаты занесены в таблицу 2. Это хорошо согласуется с данными по плотности и пористости состава LSF.

Таблица 2. Механические свойства материалов

Состав	T, °C	σ , МПа
LFO	1400	60
LCF	1400	77
LSF	1400	125

LCO	1400	6
LCC	1400	59
LSC	1400	19
LNO	1400	71
LCN	1400	48
LSN	1400	6

Составы LCF, LCC и LCN уже в неспеченном состоянии обладают перспективными показателями механических свойств и занимают промежуточное положение между кобальтитами и ферритами в ряду убывания значений по механической прочности.

Влияние Sr^{2+} на прочность феррита лантана происходит замена 1/5 ионов лантана ионами стронция в целом способствует повышению прочности, как это показано на рисунке 1.

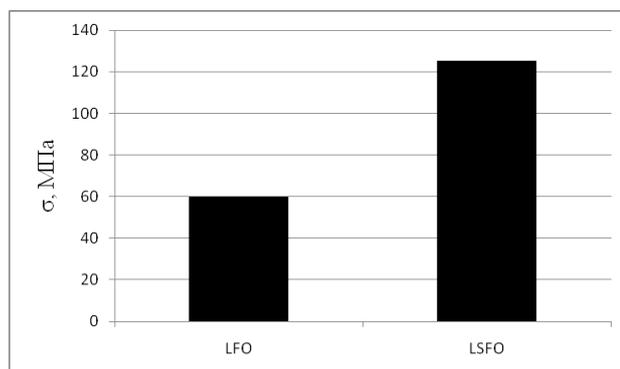


Рис. 1 Влияние Sr^{2+} на прочность феррита лантана.

По результатам проведенных исследований установлено, что при введении иона стронция (II) в состав кобальтита лантана его механическая прочность увеличилась более чем в 3 раза. Введение катиона кальция в структуру перовскита также повышает данный показатель, причем в более существенном отношении.

Таким образом, исходя из полученных данных, установлено, что добавка иона Sr^{2+} способствует лучшему спеканию ферритов и кобальтитов. О влиянии ионов Ca^{2+} на керамические свойства судить сложно, так как

спекание соответствующих составов прошло не полностью. Выявлено, что введение ионов кальция в структуру ферритов и кобальтитов снижает температуру обжига более чем на 100°C , поскольку при более высоких температурах наблюдается пережог керамики.

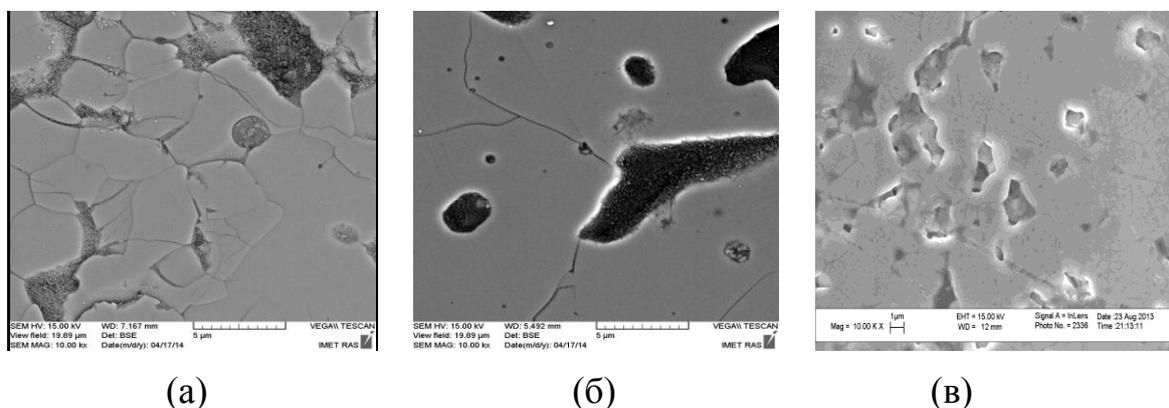


Рис. 2. Микроструктура керамики а – LaNiO_3 , б – $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_3$, в – $\text{La}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{NiO}_3$. Температура спекания 1400°C .

Выводы

- Получены высокодисперсные активные порошки состава $\text{La}_{0.8}\text{A}_{0.2}\text{BO}_3$ (где В – Ni, Fe, Co) с добавками легирующих компонентов, таких как стронций и кальций в подрешетке лантана (А-позиция) с применением гелеобразователя – поливинилпирролидона
- Подтверждено, что образование комплекса металл-кислород происходит без разрушения структуры полимера- поливинилпирролидона методом ИК-спектроскопии при формировании ксерогеля на основе соединений $\text{La}_{0.8}\text{A}_{0.2}\text{BO}_3$ (где В – Ni, Fe, Co).
- Установлено, что для всех составов синтезированные порошки при температуре 800°C представлены в виде рыхлых агрегатов с размером отдельных частиц менее 200 нм. Основные фазы – твердые растворы на основе $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{BO}_3$ и ABO_6 (где А-Sr, Ca; В – Ni, Fe, Co).
- Выявлено, что никелат лантана легированный кальцием в А-позиции (20 моль. %), спеченный при температуре 1400°C на воздухе имеет лучший из всех изученных составов комплекс свойств: средняя плотность – 5,7

г/см³, открытая пористость 0,8%, механическая прочность - 71 МПа, температурный коэффициент линейного расширения - $18,10^{-6} \text{ K}^{-1}$, электропроводность - $52,39 \text{ См}\cdot\text{см}^{-1}$ (850°C на воздухе).

- На основании анализа зарубежных публикаций и технических требований, соединения на основе кобальтита и феррита лантана полученные по модифицированным золь-гель методом, спеченные при температуре 1300°C рекомендованы в качестве катодных материалов для ТОТЭ, а соединения на основе никелата лантана в качестве кислородпроводящих мембран.

Апробация работы

Результаты данной работы апробированы в 2 научных статьях в журналах, рекомендованных ВАК, а также в 16 тезисах российских и международных конференций. В представленном докладе результаты работы отражены адекватно и полно.

Публикации по теме работы

1. **Ермакова Е.А.**, Стрельникова С.С., Анохин А.С., Рогова А.Н., Совык Д.Н. Синтез порошков $\text{La}_{1-x}\text{Sr}(\text{Ca})_x\text{CoO}_3$ ($x = 0,2$) золь-гель методом. // Стекло и керамика (в печати).
2. **Ермакова Е.А.**, Стрельникова С.С., Анохин А.С., Рогова А.Н., Совык Д.Н. // Влияние количества поливинилпирролидона на синтез порошков LaCoO_3 золь-гель методом. Огнеупоры (в печати).
3. Anokhin A.S., Strelnikova S.S., Andrianov N.T., Ashmarin A.A., **Adrshina E.A.**, Schikaltsova V.I. Sinterability of perovskite-type powders obtained by PVP-modified sol-gel method, Abstracts of International Conference for Young Scientists CHEMCYS 2014. – Blankenberge, Belgium. (February 27-28, 2014)
4. Anokhin A.S., Strelnikova S.S., **Adrshina E.A.**, Schikaltsova V.I., Ashmarin A.A., Kutsev S.V. Solgel synthesis of LaMO_3 powders with polyvinylpyrrolidone as gelation agent, Abstract of The 3rd International

Conference of CIS countries “Sol-Gel Synthesis and Investigation of Inorganic Compounds, Functional Hybrid Materials and Disperse Systems” (“Sol-gel-2014”). – Syzdal, Russia (September 8-12, 2014)

5. Anokhin A.S., Strelnikova S.S., Andrianov N.T., Ashmarin A.A., **Adrshina E.A.**, Schikaltsova V.I. The effect of PVA and PVP-method on sinterability of AE-doped lanthanum chromite powders, Abstracts of Chinese-Russian Symposium «New Materials and Technologies». - Kunming, China (November 20-23, 2014)
6. **Адршина Е. А.** «Керамические материалы со структурой перовскита, полученные золь – гель методом». XXII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов - 2015», Москва, Россия; МГУ, 13-17 апреля 2015г. – М.: МГУ имени Ломоносова, 2015.
7. **Адршина Е. А.** «Керамические материалы со структурой перовскита, полученные золь – гель методом». XII Российская ежегодная конференция молодых научных сотрудников и аспирантов "Физико-химия и технология неорганических материалов" (с международным участием). Москва, Россия; ИМЕТ РАН, 13-16 октября 2015г. – М.: ИМЕТ РАН, 2015г., с. 193.
8. **Адршина Е. А.** «Влияние ультразвукового активирования на свойства материалов со структурой перовскита». XXIII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов - 2016», Москва, Россия; МГУ, 11-15 апреля 2016. – М.
9. **Адршина Е.А.** «Изучение свойств керамики с перовскитовой структурой при ультразвуковом активировании». XIV Российская ежегодная конференция молодых научных сотрудников и аспирантов "Физико-химия и технология неорганических материалов" (с международным участием). Москва, Россия; ИМЕТ РАН, 17-20 октября 2017г. – М.: ИМЕТ РАН, 2017г., с. 225.
10. Адршина Е.А. Изучение свойств керамики с перовскитовой структурой при ультразвуковом активировании. XXIV Международная научная

конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов - 2017» Москва, Россия; МГУ, 10 - 14 апреля 2017г.

11. Стрельникова С.С., Адршина Е.А., Андрианов Н. Т., Анохин А.С. «Синтез и спекание порошков LaCoO_3 , полученных золь-гель методом». Международная научно – техническая конференция «Современные электрохимические технологии и оборудование». Минск, Республика Беларусь, 28-30 ноября 2017г., с. 315-317.
12. Адршина Е.А., Стрельникова С.С., Анохин А.С. «Свойства керамических материалов состава: $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{MO}_3$ (где А - Sr и Ca, М – Co, Ni и Fe)». Четвёртый междисциплинарный научный форум с международным участием «Новые материалы». Москва с 27 по 30 ноября 2018 г. т. 2, с. 225.
13. Адршина Е.А. «Влияние состава на свойства материалов со структурой перовскита». XV Российской ежегодной конференции молодых научных сотрудников и аспирантов "Физико- химия и технология неорганических материалов" (Москва, Россия; ИМЕТ РАН, 18-21 октября 2018г.). – М.: ИМЕТ РАН, 2018г., с.191.
14. Адршина Е.А. «Получение керамических материалов со структурой перовскита, золь-гель методом. Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов -2018». (Москва, Россия; МГУ, 9 - 13 апреля 2018г.)
15. Стрельникова С.С., Адршина Е.А., Андрианов Н. Т., Анохин А.С. «Исследование керамических материалов на основе кобальтитов лантана». В книге: Сборник материалов VII Международной конференции с элементами научной школы для молодежи «ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ И ВЫСОКОЧИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА». Суздаль. 1-5 октября 2018 г. – М. ИМЕТ РАН, 2018г., с. 419-421.
16. Адршина Е.А., Стрельникова С.С., Анохин А.С. «Механические свойства керамических материалов состава $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{VO}_3$ (А - Ca^{2+} и Sr^{2+} , В - Ni^{3+} , Fe^{3+} и Co^{3+})». IX Конференция молодых ученых по общей и

неорганической химии. Москва. 09 - 12 апреля 2019 г., с. 15.

17. **Адршина Е.А.**, Стрельникова С.С., Анохин А.С., Рогова А.Н. « Синтез и свойства золь-гель порошков кобальтитов лантана ». ПЯТЫЙ МЕЖДИСЦИП-ЛИНАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ "НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ" (Москва, Россия. Президиума Российской академии наук , 30 октября – 1 ноября 2019г.). – с.36.
18. **Адршина Е.А.** « Влияние легирующих добавок на электропроводность керамики на основе порошков LaNiO_3 ». XVI Российской ежегодной конференции молодых научных сотрудников и аспирантов "Физико-химия и технология неорганических материалов" (Москва, Россия; ИМЕТ РАН, 1-4 октября 2019г.). – М.: ИМЕТ РАН, 2019г., с.123.