

## ОТЗЫВ

научного консультанта к.х.н. Т.И. Чупахиной

на диссертацию Деевой Юлии Андреевны на тему «Разработка новых керамических и композиционных материалов с высокой диэлектрической проницаемостью на основе слоистых перовскитоподобных оксидов», представленную к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности

### 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»

Деева Юлия Андреевна, 1994 года рождения, в 2018 году с отличием окончила магистратуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. Первого президента России Б.Н. Ельцина» по направлению 18.04.01. Химическая технология и поступила на очную аспирантуру УрФУ, которую завершила в 2022 году.

В течение отчетного периода Деева Ю.А. исполняла обязанности инженера, младшего научного сотрудника, а затем научного сотрудника лаборатории неорганического синтеза ИХТТ УрО РАН.

Задачи, поставленные перед Деевой Ю.А. включали разработку новых методик синтеза дисперсных сложных оксидов со структурой типа  $K_2NiF_4$ , исследование их фазового состава и структурных характеристик, а также получение керамики на их основе различными методами. Целью диссертационной работы являлось установление взаимосвязи химического состава и способов получения керамики на морфологию образцов и их свойства.

Актуальность темы диссертации Деевой Ю.А. обусловлена потребностью поиска новых диэлектрических материалов, обладающих оптимальным комплексом диэлектрических свойств, а именно – высокой диэлектрической проницаемостью и низким тангенсом угла диэлектрических потерь, что дает возможность их применения в качестве конденсаторных материалов для устройств электронной техники. При этом, для практического применения целесообразно использовать объекты, диэлектрические свойства которых стабильны в широком диапазоне частот и температур. Сложные оксиды на основе никелата лантана-стронция и твердые растворы на его основе обладают достаточно высокой диэлектрической проницаемостью, однако, их диэлектрические параметры зависят как от частоты, так и от температуры. В свою очередь, сложные оксиды со структурой  $K_2NiF_4$  на основе титаната стронция имеют невысокую диэлектрическую проницаемость, но обладают низким тангенсом угла диэлектрических потерь. Анализ литературы показал, что систематическое исследование этих оксидов отсутствует и для объяснения природы их свойств требуются новые сведения.

Таким образом, синтез и исследование физико-химических свойств твердых растворов  $\text{La}_{2-x}\text{Ca}_x\text{Ni}_{1-y}\text{MyO}_4$  ( $M = \text{Cu}, \text{Co}$ ) и  $\text{Sr}_{2-x}\text{Ln}_x\text{Ti}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_4$  ( $\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}$ ), получение керамики на их основе различными методами и установление взаимосвязи структуры и морфологии полученных образцов с диэлектрическими свойствами является актуальной задачей.

Цель работы Деевой Ю.А. демонстрирует четкие направления развития и совершенствования рассматриваемой проблемы.

В диссертационной работе Деевой Юлии Андреевны прослеживается полное соответствие решения поставленных задач и полученных результатов.

Методом пиролиза нитратно-органических композиций впервые получены твердые растворы замещения состава  $\text{La}_{2-x}\text{Ca}_x\text{Ni}_{1-y}\text{MyO}_{4+\delta}$  ( $M = \text{Co}, \text{Cu}$ ) и  $\text{Sr}_{2-x}\text{Ln}_x\text{Ti}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_4$  ( $\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}$ ). Метод пиролиза позволил существенно снизить температуру фазообразования и спекания исследуемых сложных оксидов.

Впервые установлены концентрационные границы существования твердых растворов для системы  $\text{La}_2\text{NiO}_4 - \text{LaCaNiO}_4 - \text{La}_2\text{CuO}_4$ . В результате оценки частотной зависимости диэлектрической проницаемости при температуре 260 К были выбраны объекты с наилучшими характеристиками состава  $\text{La}_{1,8}\text{Ca}_{0,2}\text{Ni}_{0,8}\text{M}_{0,2}\text{O}_{4+\delta}$  ( $M = \text{Co}, \text{Cu}$ ). Показано, что оксид с  $M = \text{Co}$  демонстрирует независимость диэлектрической проницаемости в диапазоне частот  $10^3 - 10^6$  Гц.

Керамические образцы указанного состава были получены не только термообработкой оксидов на воздухе, но и термобарическим методом, что улучшает их диэлектрические характеристики – существенно повышается диэлектрическая проницаемость и снижается тангенс угла диэлектрических потерь. Установлено, что увеличение диэлектрической проницаемости керамики  $\text{La}_{1,8}\text{Ca}_{0,2}\text{Ni}_{0,8}\text{M}_{0,2}\text{O}_{4+\delta}$  ( $M = \text{Co}, \text{Cu}$ ) после термобарической обработки свидетельствует о сильном влиянии морфологии образца.

Одним из самых значимых результатов работы и заслугой соискателя являются исследования зависимости диэлектрических свойств не только объемной керамики, но и керамики в виде пластин, полученных методом каландрования с последующей градиентной обработкой. Этот метод позволил расширить не только частотный, но и температурный диапазон эксплуатации данного материала как диэлектрика (вплоть до комнатной температуры).

Аналогичный эффект был обнаружен в керамических композитных материалах, в состав которых входили как сложные оксиды на основе никелата лантана-кальция, так и титаната стронция.

Результаты исследований согласуются между собой и являются достоверными.

Результаты диссертационной работы Деевой Ю.А. получены полностью самостоятельно и имеют абсолютную научную новизну. Исследуемые сложные оксиды получены впервые, все экспериментальные результаты их аттестации и исследования физико-химических и диэлектрических свойств являются новыми.

Практическая ценность проведенной работы заключается в получении новых керамических материалов с высокой частотно-независимой диэлектрической проницаемостью, что позволяет рекомендовать их к использованию для устройств электронной техники.

По теме диссертационной работы Деевой Ю.А. опубликованы 3 статьи в научных журналах, рецензируемых в WOS и SCOPUS. Результаты работы доложены на 7 научных конференциях. Исследовательская работа является актуальной, соответствует перечню критических технологий, перечню приоритетных направлений развития науки, технологий и техники критических технологий Российской Федерации. Диссертационная работа полностью соответствует паспорту специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Решение задач по теме исследования наглядно демонстрируют умения автора выполнять самостоятельную работу и перспективы становления, как ученого.

Считаю, что Деева Юлия Андреевна достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Научный консультант

Старший научный сотрудник

лаборатории неорганического синтеза

ФГБУН Институт химии твердого тела УрО РАН,

Кандидат химических наук

e-mail: chupakhina@yandex.ru

г. Екатеринбург, ул. Первомайская, 91 620990

Татьяна Ивановна Чупахина



*Подпись Чупахиной Т.И.*  
*заверяю: Членский секретарь ИХТ*  
*к.х.н. Троянова Е.А.*  
*Л. П.*

U