



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ  
ИНСТИТУТ»

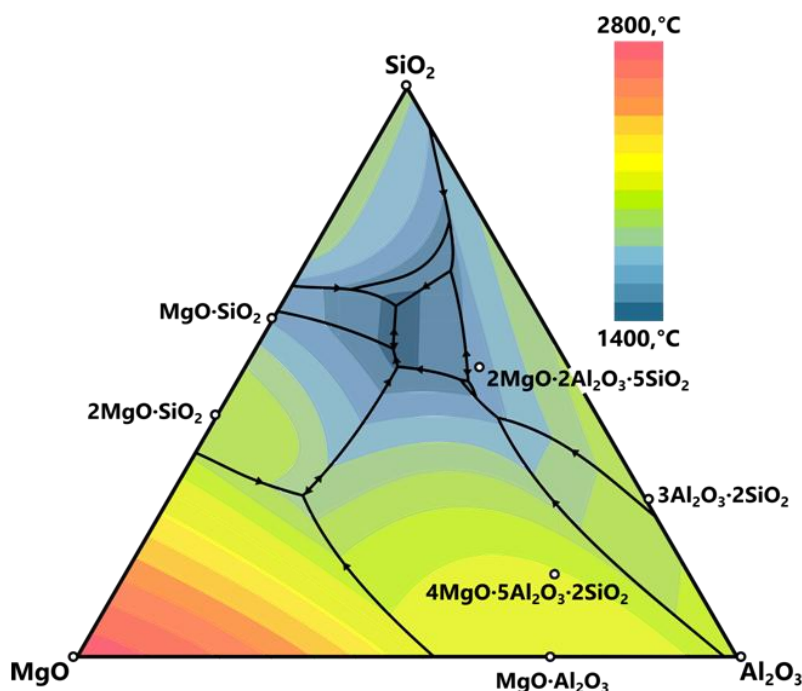
Национальный исследовательский центр  
«Курчатовский институт»

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Ордена Трудового Красного Знамени  
Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова

**X ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
(с международным участием)  
«ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ХИМИЯ  
ОКСИДНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ»**

Посвящается 75-летию ИХС РАН

**СБОРНИК ТЕЗИСОВ**



25 – 28 сентября 2023 г.  
Санкт-Петербург

УДК  
ББК  
Д

X Всероссийская конференция (с международным участием) «Высокотемпературная химия оксидных систем и метариалов»: Сборник тезисов докладов, г. Санкт-Петербург, 5-9 июня 2023 г. – СПб.: ООО «Издательство «ЛЕМА», 2023. – с.

**ISBN 978-5-00105-845-8**

В сборнике представлены тезисы докладов Всероссийской конференции «XXIV Всероссийского совещания по неорганическим и органосиликатным покрытиям», проведенной 25-28 сентября 2023 г. в г. Санкт-Петербурге.

Сборник может быть полезен для ученых, инженеров, технологов, преподавателей, аспирантов и студентов, научная и производственная деятельность которых связана с исследованиями в области неорганической и физической химии, неорганических материалов (стекло, керамика, высокотемпературные оксиды и покрытия),

Издание осуществлено с оригинала, подготовленного Институтом химии силикатов им. И. В. Гребенщикова РАН на основе MS Word файлов, представленных авторами докладов. Техническое редактирование касалось только ошибок, обусловленных дефектами подготовки исходных файлов.

© Коллектив авторов, 2023

© ООО «Издательство «ЛЕМА», 2023

**Национальный исследовательский центр  
«Курчатовский институт»  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Ордена Трудового Красного Знамени  
Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова**

**X ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
(с международным участием)  
«ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ХИМИЯ  
ОКСИДНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ»**

**Посвящается 75-летию ИХС РАН**

**СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ**

**25 – 28 сентября 2023 г.**

**Санкт-Петербург**

- intermediate temperature solid oxide fuel cell // J. Power Sources. 2011. V. 196. P. 7245-7250.
3. Tarutin A.P., Lyagaeva J.G., Medvedev D.A., et al. Recent advances in layered  $\text{Ln}_2\text{NiO}_{4+\delta}$  nickelates: fundamentals and prospects of their applications in protonic ceramic fuel and electrolysis cells // J. Mater. Chem. A. 2021. V. 9. P. 154-195.
4. Filonova E., Gilev A., Maksimchuk T., et al. Development of  $\text{La}_{1.7}\text{Ca}_{0.3}\text{Ni}_{1-y}\text{Cu}_y\text{O}_{4+\delta}$  Materials for Oxygen Permeation Membranes and Cathodes for Intermediate-Temperature Solid Oxide Fuel Cells // Membr. 2022. V. 12. P. 1222.
5. Shannon R.D. Revised Effective Ionic Radii and Systematic Studies of Interatomic Distances in Halides and Chalcogenides // Acta Cryst.. 1976. V. A32. P. 751.

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FEUZ-2023-0016).*

УДК 541.6

### **МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ $\text{Fe}_3\text{O}_4@ZnO$ : ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ И РАСЧЕТНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ**

Ткаченко Д.С., Желтова В.В., Вознесенский М.А., Бобрышева Н.П., Осмоловская О.М.,  
Осмоловский М.Г.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*  
dmitry.tka12@gmail.com

**Аннотация.** С помощью разработанной программы, описывающей магнитные характеристики, проведено моделирование кривых ZFC-FC специально синтезированных композитных наночастиц на основе магнетита с диаметром 12 нм и оболочками различной толщины, продемонстрирована хорошая корреляция с экспериментом.

**Ключевые слова:** численное моделирование, магнитные свойства, наночастицы ядро-оболочка, магнетит, оксид цинка

Наночастицы смешанного оксида железа – магнетита – из-за своих магнитных характеристик и биосовместимости являются одним из наиболее интересных и изучаемых материалов для биомедицинских применений. Однако, их широкое использование в клинической практике до сих пор ограничено из-за выраженного окисления по поверхности при обработке и контакте с биологическими жидкостями, что привело к необходимости создания на их поверхности защитных оболочек с заданными параметрами. Создание наночастиц типа ядро-оболочка приводит к изменению магнитных свойств ядер, в ряде случаев по неочевидным законам. Ответ на вопрос о том, как оболочка будет влиять на магнитные свойства, может дать компьютерное моделирование, разработка подходов к которому требует отдельных исследований.

В качестве магнитного ядра были использованы полученные методом осаждения наночастицы магнетита с диаметром 12 нм. Для регулирования толщины и степени кристалличности оболочки были разработаны оригинальные подходы, основанные на варьировании температуры синтеза, количества реагентов и процедуры их введения в реакционную смесь. 14 образцов с различными параметрами оболочки были получены, охарактеризованы комплексом независимых методов, а также было изучено их взаимодействие с магнитным полем.

Для моделирования поведения ансамбля наночастиц в магнитном поле была использована модель, представляющая собой частицы, помещённые в узлы кубической решетки с наложенными периодическими граничными условиями во внешнем поле. Каждая частица имела случайно направленную ось лёгкого намагничивания, при ориентировании вдоль которой магнитный момент обладал минимальной энергией. Взаимодействие моментов описывалось классической формулой диполь-дипольного взаимодействия.

Совместное рассмотрение всех полученных данных и смоделированных кривых ZFC-

ФС позволило установить, что оболочка влияет на магнитное ядро через формирование промежуточного слоя. Его структура может быть представлена как последовательность «магнетит – маггемит – гетит – оксид цинка», а состав можно варьировать путем изменения условий синтеза (температура процесса и плотность оболочки являются определяющими факторами). Установлено, что именно промежуточный слой определяет магнитное поведение наночастиц  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$ ; разрабатывается механизм их предсказания.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-23-00220. Автор выражает благодарность ресурсным центрам «Оптические и Лазерные методы исследования», «Нанотехнологии», «Методы анализа состава и вещества», «Рентгенодифракционные методы исследования», «Физические методы исследования поверхности» Научного парка СПбГУ.*

УДК 544

### **ВЛИЯНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ОКСИДНОГО СЛОЯ И МАТЕРИАЛА ПОДЛОЖКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ КАЛЬЦИЙФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ**

Угодчикова А.В.<sup>1</sup>, Седельникова М.Б.<sup>2</sup>, Толкачева Т.В.<sup>2</sup>, Глухов И.А.<sup>2</sup>, Химич М.А.<sup>2</sup>, Шаркеев Ю.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, г. Троицк, Московская область, Россия*

<sup>2</sup>*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия*

Формирование покрытия в процессе МДО связано с протеканием высокотемпературных физико-химических процессов в зоне локальных микродуговых разрядов под воздействием внешнего импульсного напряжения. Известно, что в процессе микродугового оксидирования на поверхности металла в первые секунды образуется тонкая оксидная пленка (барьерный оксидный слой) [1]. По достижению определенной напряженности электрического поля происходит пробой барьерного слоя, сопровождающийся горением искровых разрядов по всей поверхности подложки, в результате чего формируется покрытие микронной толщины. Результаты исследований, проводимых в данном направлении [1,2] показывают, что на свойства покрытий особое влияние оказывают параметры МДО: режим (однополярный, биполярный), диапазон напряжений, длительность процесса, частота следования импульсов, скважность импульсов. Однако, в работах многих авторов отмечается, что материал подложки и переходного оксидного слоя играют не менее важную роль в процессе микродугового оксидирования [2].

Целью работы было исследовать особенности формирования кальцийфосфатных покрытий на поверхности биоинертных титановых сплавов ВТ1-0, Ti-40Nb и биорезорбируемого магниевого сплава Mg0,8Ca в электролите, содержащем частицы  $\beta$ -трикальцийфосфата ( $\beta$ -ТКФ), а также влияние переходного оксидного слоя и материала подложки на морфологию, структуру и фазовый состав сформированных покрытий.

Многие исследователи утверждают, что характеристики промежуточного оксидного слоя, расположенного между подложкой и покрытием, оказывают большое влияние как на процесс формирования микродугового покрытия, так и на его свойства [1,2]. Представляется важным рассмотреть электрофизические свойства контактного слоя металл-оксид, являющегося основным при формировании каналов прохождения электрического тока (табл. 1).