

**Материалы секции**  
**ФИЗИКА**



**17-23 апреля 2024**  
**НОВОСИБИРСК**



СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

## **МНСК-2024**

**АЭРОФИЗИКА • ФОТОНИКА И КВАНТОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ • ФИЗИКА ПЛАЗМЫ • ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА •  
ТЕПЛОФИЗИКА • ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ  
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ • ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ,  
АСТРОФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ • ФИЗИКА СПЛОШНЫХ СРЕД •  
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНИКА  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ**

Материалы  
62-й Международной научной студенческой конференции

17–23 апреля 2024 г.

Новосибирск  
2024

УДК 530/539+542+544+621  
ББК В3я431  
А992

**А992**      Аэрофизика. Фотоника и квантовые оптические технологии. Физика плазмы. Физика твердого тела. Теплофизика. Физические методы в естественных науках и материаловедении. Физика элементарных частиц, астрофизика и космология. Физика сплошных сред. Инструментальные методы и техника экспериментальной физики : Материалы 62-й Междунар. науч. студ. конф. 17–23 апреля 2024 г. / Новосиб. гос. ун-т. — Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2024. — 350 с.

ISBN 978-5-4437-1620-6

Данное издание представляет собой публикации тезисов 62-й Международной научной студенческой конференции 2024 г. (МНСК-2024) по физике (аэрофизика; фотоника и квантовые оптические технологии; физика плазмы; физика твердого тела; теплофизика; физические методы в естественных науках и материаловедении; физика элементарных частиц, астрофизика и космология; физика сплошных сред; инструментальные методы и техника экспериментальной физики).

Материалы конференции представляют интерес для студентов, аспирантов, преподавателей, научных работников, сотрудников образовательных учреждений.

**УДК 530/539+542+544+62  
ББК В3я431**

ISBN 978-5-4437-1620-6  
DOI 10.25205/978-5-4437-1620-6

© СО РАН, 2024  
© Новосибирский государственный университет, 2024

SIBERIAN BRANCH OF RAS  
MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION  
OF THE RUSSIAN FEDERATION  
NOVOSIBIRSK STATE UNIVERSITY

## **ISSC-2024**

**AEROPHYSICS • PHOTONICS AND QUANTUM OPTICAL TECHNOLOGIES  
• PLASMA PHYSICS • SOLID STATE PHYSICS • THERMOPHYSICS •  
PHYSICAL METHODS IN NATURAL SCIENCES • ELEMENTARY PARTICLE  
PHYSICS, ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY • CONDENSED MATTER •  
INSTRUMENTATION IN EXPERIMENTAL PHYSICS**

Proceedings  
of the 62<sup>nd</sup> International Scientific Student Conference

April, 17–23, 2024

Novosibirsk  
2024

УДК 546.72

## Влияние оболочки ZnO на структуру и магнитные характеристики наночастиц типа «ядро – оболочка» $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$

Д. С. Ткаченко

Санкт-Петербургский государственный университет

Метод магнитно-резонансной томографии (МРТ) широко применяется для диагностики внутренних органов и тканей. Однако для улучшения визуализации раковых опухолей требуются эффективные T2-контрастные агенты, поиск и разработка которых ведется до сих пор. Наночастицы магнетита ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) обладают большим потенциалом благодаря своей биосовместимости и суперпарамагнитным свойствам, но их применение все еще ограничено из-за окисления поверхности и ухудшения магнитных характеристик.

Решение этой проблемы заключается в создании защитной оболочки вокруг наночастиц  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Однако формирование оболочки приводит к изменению кристаллической структуры и, следовательно, свойств наночастиц типа «ядро — оболочка». Ответ на вопрос, в чем заключается это влияние и как его прогнозировать, и определил направление данного исследования.

С этой целью были получены наночастицы  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  с разной толщиной и степенью кристалличности оболочки ZnO. Регулирование этих параметров проводилось путем варьирования температуры синтеза и последовательности введения реагентов. Полученные образцы были охарактеризованы комплексом физико-химических методов. Также был проведен эксперимент МРТ *in vitro* и моделирование магнитных свойств методом Монте-Карло.

Анализ структуры показал, что формирование оболочки ZnO приводит к появлению дополнительных промежуточных слоев (а именно, маггемита  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  и гетита  $\alpha\text{-FeOOH}$ ), что обеспечивает плавный переход между кристаллическими фазами ядра  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и оболочки ZnO. Этот вывод подтвержден результатами компьютерного моделирования.

В свою очередь, изменение промежуточного слоя обусловлено как давлением оболочки на ядро при ее кристаллизации, так и процессами кристаллизации самого ядра. Управляемое получение устойчивых к окислению магнитных наночастиц типа «ядро — оболочка» открывает перспективы для их использования в магнитно-резонансной томографии, особенно для получения хорошо различимых снимков раковых опухолей внутренних органов и тканей.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-23-00220). Автор выражает благодарность ресурсным центрам РДМИ, МРМИ, МАСВ, ИТКН, ФМИП, ОЛМИВ Научного парка СПбГУ.*

Научный руководитель — канд. хим. наук, доц. О. М. Осмоловская

|   |     |
|---|-----|
| <b>Мубараков Р. Г., Бельчиков И. А.</b> Получение высокоэнтропийной керамики системы Hf-Cr-Ti-FeV-N методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.....   | 211 |
| <b>Новиков М. А.</b> Изучение влияния параметров CVD-синтеза на структуру и сенсорные свойства пленок графена.....  | 212 |
| <b>Нуриахметов З. Н.</b> Исследование проводимости материалов на основе одностенных углеродных нанотрубок в диапазоне частот от 2 до 4 ГГц.....   | 213 |
| <b>Петякин Н. В.</b> Пьезорезистивные свойства композитов на основе жидких силиконов и электропроводящих добавок.....   | 214 |
| <b>Платонов Б. Р.</b> Исследование оптических свойств двумерных MoS <sub>2</sub> , WS <sub>2</sub> , полученных методами «скотча» и CVD.....  | 215 |
| <b>Синица Н. А.</b> Окислительный термолиз дигидрата оксалата железа в гематит: исследование структурных особенностей промежуточных фаз.....  | 216 |
| <b>Тарасов И. А.</b> Исследование адсорбции метанола на поверхности монокристалла Ag(111) при низких температурах.....  | 217 |
| <b>Ткаченко Д. С.</b> Влияние оболочки ZnO на структуру и магнитные характеристики наночастиц типа «ядро — оболочка» Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO.....   | 218 |
| <b>Уракова А. О.</b> Исследование закономерностей формирования сферических и стержневидных магнитных наночастиц MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , полученных микроволновым гидротермальным методом для биомедицинских приложений.... | 219 |
| <b>Хайновский М. А.</b> Моделирование свойств кристаллов [Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> (NO <sub>2</sub> )]Cl(NO <sub>3</sub> ), проявляющих фотомеханические эффекты.....  | 220 |
| <b>Черепанов А. С.</b> Модельные биметаллические Pd-Co/ВОПГ катализаторы: приготовление и исследование методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии и сканирующей туннельной микроскопии ...                                  | 221 |
| <b>Черненко Д. В., Клименков А. Д., Смирнов А. А., Уткина Д. Ю.</b> Изучение структурных особенностей при износе холоднокатаной стали 05X22AG15H8MФ по линиям дифрактограмм.....  | 222 |
| <b>Чжан Сяосюй.</b> Моделирование сверхструктурных перестроек на поверхности структурированных подложек Si.....   | 223 |

### Химическая и биологическая физика

|   |     |
|---|-----|
| <b>Алимов Д. В.</b> Исследование структурных переходов в МОКП методами ЭПР-спектроскопии и молекулярной динамики.....   | 224 |
| <b>Атамурзаева А. А., Шипеев К. А., Хандогин Г. А.</b> Методы спектроскопии для изучения растительных объектов.....   | 225 |
| <b>Бердюгин А. А.</b> Исследование структурных и гибридизационных свойств несовершенных комплексов фосфорамидных имидазольных олигонуклеотидов с ДНК.....                         | 226 |
| <b>Бородулина А. В.</b> Расчет числа $\pi$ с помощью квантового алгоритма: реализация на спиновых кубитах с использованием импульсного электронного парамагнитного резонанса..... | 227 |

Научное издание

**МНСК-2024**

**АЭРОФИЗИКА • ФОТОНИКА И КВАНТОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ • ФИЗИКА ПЛАЗМЫ • ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА •  
ТЕПЛОФИЗИКА • ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ  
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ • ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ,  
АСТРОФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ • ФИЗИКА СПЛОШНЫХ СРЕД •  
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНИКА  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ**

Материалы  
62-й Международной научной студенческой конференции

17–23 апреля 2024 г.

Корректор *Д. И. Ковалёва*  
Верстка *А. С. Терешкиной*  
Обложка *Е. В. Неклюдовой*

Подписано в печать 17.06.2024 г.  
Формат 60 × 84 1/8. Уч.-изд. л. 43,75. Усл. печ. л. 40,6.  
Тираж 46 экз. Заказ № 76.

Издательско-полиграфический центр НГУ  
630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2.

Секция  
ФИЗИКА

ISBN 978-5-4437-1620-6



**N\*** Новосибирский  
государственный  
университет  
**\*НАСТОЯЩАЯ НАУКА**

