

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Николаева Никиты Сергеевича «Способ синтеза и устройство для получения частиц со структурой ядро-оболочка и исследование их свойств» представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики

Диссертация Николаева Н.С. посвящена разработке способов синтеза перспективных материалов для хранения водорода в виде порошков со структурой частиц ядро-оболочка. Наиболее распространённые химические методы синтеза не позволяют реализовать синтез частиц ядро-оболочка либо слишком трудоемки и малопроизводительны, в связи с чем соискателем проведен комплекс исследований, направленных на разработку плазменного метода синтеза водородосорбирующих частиц со структурой ядро-оболочка.

Для реализации синтеза частиц со структурой ядро-оболочка необходимо осуществить стабилизацию в пространстве и времени переходного слоя плазма-газ. В этом слое плазменного объёма происходит закалка продуктов реакции, определяющая конечные свойства синтезируемых частиц. В связи с этим разработка нового плазменного метода синтеза частиц ядро-оболочка и генератора плазмы, позволяющего получать стабильные диффузные плазменные потоки с протяжённой переходной зоной, плазма-газ, является весьма **актуальной и значимой**.

Диссертация Николаева Н.С. чётко структурирована, состоит из введения, четырёх глав, выводов после каждой главы, заключения и списка использованных источников. Общий объём диссертации составляет 164 страницы машинописного текста, включает 48 рисунков. Список литературы состоит из 217 наименований. Во введении обосновывается актуальность и значимость исследования новых методов синтеза частиц ядро-оболочка для целей водородной энергетики. Сформулированы цели и задачи диссертационного исследования, а также приведены основные положения, выносимые на защиту. **В первой главе** проведен литературный обзор современного состояния методов синтеза частиц ядро-оболочка, а также генераторов плазмы кГц-диапазона. Обзор показывает интерес исследователей к дисперсным системам со структурой частиц ядро-оболочка, решающим задачи крупномасштабного синтеза для новой энергетики. **Во второй главе** описан метод стабилизации дугового разряда кГц-диапазона для одноструйного генератора плазмы (ОГП-МВ), разработанного для

Вх. № 287-03/6224/117

от 25.11.2022 г.

решения поставленных задач диссертационного исследования. Для исследования влияния системы стабилизации на параметры плазмы изучены температурные зависимости в разрядном промежутке. Установлено, что радиальная протяжённость обнаруженных температурных слоёв меняется при изменении диаметра разряда. Это позволяет управлять радиальной протяжённостью переходного слоя плазма-газ, за счёт изменения объёмного расхода изолирующего газа. В третьей главе рассмотрено влияние радиальной протяжённости переходного слоя плазма-газ в плазмохимическом реакторе на основе ОГП-МВ, на конверсионные показатели получаемых продуктов синтеза, таких как характерная площадь покрытия, содержание частиц ядро-оболочка и характерное содержание материала электрода. Полученные экспериментальные данные легли в основу разработки оригинального высокоэффективного способа синтеза частиц ядро-оболочка. Способ основан на взаимодействии вещества, вводимого посредством транспортного газа в разрядный промежуток, с материалом эрозии электрода, т.е. был организован встречный поток материала оболочки. В четвертой главе, используя полученный ранее порошок магния, были синтезированы и исследованы следующие образцы: исходный порошок Mg (образец ОС-1); Mg@C (образец ОС-2) и (Mg@C)@Pd (образец ОС-3). Были проведены исследования состава и структуры полученных образцов, а также испытания образцов в процессе циклического гидрирования/дегидрирования. Показаны максимальные сорбционные емкости по водороду для каждого образца, а также сделаны выводы о причинах ее снижения в процессе циклического гидрирования/дегидрирования. В заключении приведены основные результаты диссертационного исследования. В конце в качестве отступления автор рассматривает возможное развитие практических приложений результатов исследования.

Изложенное выше отражает **научную новизну и практическую значимость** работы, подтвержденные научными публикациями и наличием патента.

Достоверность научных положений, результатов и выводов **подтверждается** большим объемом экспериментов, применением комплекса различных методов и подходов, сопоставлением полученных данных с результатами других исследователей, работающих в этой тематике, а также апробацией результатов на научных семинарах и конференциях различного уровня. Таким образом, **работа вносит существенных вклад** к решению прикладных и фундаментальных задач экспериментальной физики,

соответствует отрасли науки и паспорту **специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.**

Работа характеризуется логической последовательностью изложения результатов, обоснованностью применяемых автором технологических подходов и экспериментальных методов. В тексте автореферата в полной мере отражено содержание работы. **Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации.** В целом работа производит хорошее впечатление, выглядит как законченное исследование.

Несмотря на достаточно подробное и комплексное описание полученных результатов, по диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

- 1) Почему был использован метод одновременной магнитной и вихревой стабилизации дуги в плазматроне и почему использовалось осевое поле?
- 2) Могут ли какие-то другие методы синтеза реализованы с помощью описанного генератора?
- 3) В работе отсутствует какая-либо информация о поверхностном взаимодействии при покрытии частиц ядра материалом оболочки.
- 4) По тексту диссертации присутствует ряд неточностей в виде ссылок на рисунки и литературу.

В целом, несмотря на вышеуказанные вопросы и замечания, **диссертационная работа Н.С. Николаева представляет собой законченную научную работу, выполненную на актуальную тему.**

Основные результаты работы представлены в 6 статьях в периодических научных журналах, индексируемых «Web of Science» и «Scopus», а также получен 1 патент. Одна из работ была опубликована в международном журнале «International Journal of Hydrogen Energy» с квартилем «Q1» в категории «Condensed Matter Physics».

Считаю, что **диссертационная работа Н.С. Николаева «Способ синтеза и устройство для получения частиц со структурой ядро-оболочка и исследование их свойств» отвечает всем требованиям ВАК к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук и соответствует «Положению о порядке присуждения учёных степеней Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации», утверждённому постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842.** Диссертация соответствует требованиям пункта 9 вышеупомянутого Положения, а её автор Николаев Никита Сергеевич, **заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-**

математических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент

доктор технических наук по специальности: (2.5.13. Проектирование, конструкция, производство летательных аппаратов)

профессор, заведующий кафедрой летательных аппаратов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск

Адрес: 660037 г. Красноярск, пр. им. Газеты «Красноярский рабочий», 31, корпус «Б»

Тел: 8 950 999 28 96

E-mail: michla@mail.ru

Михеев Анатолий Егорович

Подпись А. Е. Михеева

заверяю

д. ф. - М. Н. Логинов, Ю. Ю. проректор
по научной и инновационной
деятельности.

11 ноября 2022

дата



подпись



подпись

СПИСОК

избранных публикаций официального оппонента д.т.н. А.Е. Михеева за последние 5 лет по теме диссертации Н.С. Николаева «Способ синтеза и устройство для получения частиц со структурой ядро-оболочка и исследование их свойств»:

1. Михеев А.Е., Гирн А.В., Раводина Д.В., Якубович И.О. Плазмотрон для нанесения покрытий из тугоплавких дисперсных материалов // Сибирский журнал науки и технологий. 2018. Т. 19, №2. С. 365-372.
2. Балашов Ю.Ю., Руденко М.С., Волочаев М.Н., Гирн А.В. Исследование зависимости входных параметров плазменного напыления и микроструктуры получаемых покрытий // Сибирский журнал науки и технологий. 2019. Том 20, №3. С. 384-389.
3. Михеев А.Е. Получение наноструктурированных пленок оксидированием алюминиевых сплавов /А.Е. Михеев, Т.В. Трушкина, А.В. Гирн, И.Б. Широков // V международная научно-практическая конференция "Актуальные проблемы авиации и космонавтики", посвященная Дню космонавтики (08-12 апреля 2019 года, г. Красноярск). С.262.
4. Михеев А.Е., Гирн А.В., Раводина Д.В., Елизарьева И.Г. Влияние предварительной подготовки поверхности титановых сплавов на характеристики МДО покрытий // Сибирский журнал науки и технологий. 2020. Т.21, №1. С 115-124.
5. Михеев А.Е., Гирн А.В., Якубович И.О., Руденко М.С. Плазмотрон для нанесения покрытий на внутренние поверхности изделий // Сибирский журнал науки и технологий. 2020. Т.21, №2. С. 274-278.
6. Михеев, А.Е. Напыление покрытий плазмотроном с подачей порошка спутно плазменному потоку / А.Е. Михеев, А.В. Гирн, И.О. Якубович, М.С. Руденко // Сибирский аэрокосмический журнал. 2021. Т. 22, №1. С. 194-200
7. Савельев Д.О. Влияние времени процесса микродугового оксидирования на массовые характеристики МДО-покрытия / Д.О. Савельев, Д.В. Раводина, Е.А. Харитонов, А.Е. Михеев // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики: Т. 1 – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решет-нева. – 2021. Стр. 110-112
8. Руденко, М.С. Влияние лазерной обработки титановых сплавов на прочность клеевого соединения с углепластиком / М.С. Руденко, А.В. Гирн, А.Е. Михеев. // Решетневские чтения: материалы XXVI Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2022. С. 52-55.

9. Савельев, Д.О. Влияние формы изделия при микродуговом оксидировании на массовые характеристики покрытия / Д.О. Савельев, А.Е. Михеев, А.В., Гирн., Д.В. Раводина // Решетневские чтения: материалы XXVI Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2022. С. 52-55.

Заведующий кафедрой летательных аппаратов,
Сибирский государственный университет науки и технологий имени
академика М.Ф. Решетнева
д.т.н. Михеев Анатолий Егорович



подпись

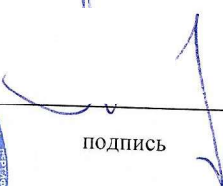
Подпись А. Е. Михеева
заверяю

д. ф. -м. н. Погосов Ю. Ю. проректор
по научной и инновационной
деятельности.

11 ноября 2022

дата





подпись