ОТЗЫВ

на автореферат

диссертационной работы Нагорнова Ильи Алексеевича

на тему «ВЫСОКОДИСПЕРСНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ZnO, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ НАНОЧАСТИЦАМИ LnO_x (Ln=Ce, Pr, Eu), Pt, Pd И МАКСЕНА Ti_2CT_x, ДЛЯ ХЕМОРЕЗИСТИВНЫХ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности

1.4.1. – Неорганическая химия (химические науки)

Актуальность и степень разработанности

Диссертационная работа Нагорнова Ильи Алексеевича посвящена актуальной проблеме создания высокочувствительных и селективных газовых сенсоров для мониторинга вредных веществ в атмосфере. Актуальность работы обусловлена острой необходимостью контроля за экологической обстановкой и охраной здоровья населения, что напрямую связано с ростом промышленных выбросов и выхлопными газами автотранспорта. Существующие методы детектирования токсичных газов часто недостаточно быстры, чувствительны и селективны, что делает разработку новых, более совершенных сенсоров крайне важной задачей. Работа Нагорнова И.А. вносит значительный вклад в решение этой проблемы, предлагая новые подходы к модификации оксида цинка – перспективного материала для газовой сенсорики.

Научная новизна исследования заключается в выявлении особенностей синтеза слабоагрегированных нанокристаллических материалов на основе оксида цинка, полученного из $[Zn(H_2O)(C_5H_7O_2)_2]$ в качестве прекурсора без добавления дополнительного гидролизующего агента, а также получения нанокомпозитов ZnO с наночастицами оксидов церия, празеодима, европия, платины, палладия и максена Ti_2CT_x, и в установлении эффекта указанных наноматериалов на их хеморезистивные свойства Впервые синтезирован и нанокомпозит ZnO-Ti_2CT_x, содержащий 1-5 мол.% многослойного максена Ti_2CT_x, комплексно изучены его хемосенсорные свойства в широком круге аналитов. Это расширяет арсенал доступных материалов для создания газовых сенсоров с улучшенными характеристиками.

Теоретическая значимость выполненных исследований заключается в установлении закономерностей «состав-строение-свойства» для рецепторных наноматериалов на основе ZnO, ориентируясь на требования повышенной чувствительности к некоторым газообразным аналитам, селективности и стабильности работы сенсорного элемента. **Практическая значимость** работы определяется возможностью использования полученных результатов для создания компактных, недорогих и высокочувствительных газовых сенсоров, способных детектировать широкий спектр вредных веществ, в том числе оксиды азота, угарный газ, аммиак и летучие органические соединения. Разработанные материалы и методы синтеза могут быть использованы в различных областях, от контроля за экологической обстановкой до медицинской диагностики. Высокая чувствительность и селективность полученных сенсоров, особенно к оксидам азота, открывает перспективы для их применения в системах мониторинга качества воздуха, в автомобильной промышленности и других отраслях.

Обоснованность и достоверность выводов и результатов подтверждаются использованием комплексного подхода, включающего современные физико-химические методы анализа (рентгенофазовый анализ, просвечивающая электронная микроскопия, растровая электронная микроскопия с энергодисперсионным рентгеноспектральным анализом, атомно-силовая микроскопия, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, инфракрасная спектроскопия, термический анализ). Полученные данные согласуются между собой и с литературными данными, что свидетельствует о высокой достоверности результатов.

Диссертация Нагорнова И.А. изложена на 204 страницах и состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, результатов и их обсуждения, выводов и списка литературы, включает 88 рисунков и 20 таблиц.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, связанная с проблемой качественного и быстрого определения содержания токсичных и взрывоопасных газов в атмосфере. Подчёркивается необходимость разработки компактных, недорогих и простых в эксплуатации газовых сенсоров. Указывается на существующие исследования в этой области и на то, что диссертация направлена на изучение сенсорных свойств нанокомпозитов на основе оксида цинка.

Обзор литературы посвящен анализу существующих данных по синтезу и свойствам оксида цинка, его применению в газовой сенсорике, а также модификации оксида цинка различными добавками (оксиды металлов, наночастицы благородных металлов, максены). Рассматриваются различные методы синтеза оксида цинка и нанокомпозитов на его основе.

В экспериментальной части описываются используемые реагенты и методика синтеза прекурсоров, а также методы синтеза нанопорошков ZnO и композитов на его основе. Подробно излагаются методы нанесения сенсорных слоев (dip-coating, трафаретная печать, пневматическая микроэкструзионная печать) и методика исследования сенсорных свойств полученных наноматериалов.

В разделе «Результаты и их обсуждение» представлены и обсуждаются результаты исследования. Анализируется влияние условий синтеза на морфологию и сенсорные свойства нанопорошков оксида цинка. Подробно рассматриваются сенсорные характеристики полученных нанокомпозитов ZnO с различными добавками (оксиды редкоземельных элементов, Pt, Pd, максен Ti_2CT_x) по отношению к различным газам-аналитам. Приводятся данные по селективности и чувствительности сенсоров.

В заключении подводятся итоги исследования и формулируются основные выводы. Также упоминаются публикации автора по теме диссертации.

Диссертация полностью соответствует следующим пунктам паспорта специальности 1.4.1 – неорганическая химия: 1) Фундаментальные основы получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе; 4) Реакционная способность неорганических соединений в различных агрегатных состояниях и экстремальных условиях; 5) Взаимосвязь между составом, строением и свойствами неорганических соединений. Неорганические наноструктурированные материалы.

Диссертационная работа «Высокодисперсные нанокомпозиты на основе ZnO, модифицированные наночастицами LnO_x (Ln=Ce, Pr, Eu), Pt, Pd и максена Ti_2CT_x, для хеморезистивных газовых сенсоров» Нагорнова И.А. представляет собой законченную, целостную научно-квалификационную работу, в которой решены актуальные и важные задачи для неорганической химии, а именно: разработка новых

высокочувствительных и селективных газовых сенсоров на основе оксида цинка, модифицированного различными наночастицами. Работа выполнена на высоком методическом уровне, полученные результаты обладают значительной научной новизной и практической ценностью.

Основное содержание диссертационной работы представлено и апробировано на 6 российских и международных конференциях и опубликовано в 10 статьях в журналах, индексируемых в международных наукометрических базах Scopus и Web of Science. И публикации, и автореферат достаточно полно отражают содержание диссертации.

Все вышеизложенное позволяет сделать заключение, что по актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости и ценности, а также достоверности полученных результатов полностью соответствует критериям, изложенным в пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении учёных степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН) от 29 марта 2024 года, а ее автор, Нагорнов И.А., **заслуживает** присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1 – Неорганическая химия.

Заместитель директора научно-
производственного комплекса
по производственной деятельности –
начальник цеха, доктор технических наук
(05.17.11 – технология силикатных и тугоплавких
неметаллических материалов), доцент Д.В.Харитонов

Начальник научно-исследовательской лаборатории,
кандидат технических наук (05.17.11
– технология силикатных и тугоплавких
неметаллических материалов) А.А.Анашкина

Государственный научный центр Российской Федерации АО «ОНПП «Технология» им. А.Г.Ромашина», Головная организация холдинга в отрасли химической промышленности Государственной корпорации «РОСТЕХ»
249031, г. Обнинск Калужской области, Киевское шоссе, 15
E-mail: info@technologiya.ru, факс (484) 396-45-75

Подписи Д.В. Харитонова и А.А. Анашкиной заверяю

Начальник отдела кадрового
администрирования
Отдел
кадрового
администрирования