

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата химических наук Насриддинова Абулкосима
Фирузджоновича
на тему: «Материалы для газовых сенсоров на основе
нанокристаллических SnO₂ и In₂O₃, модифицированных
фотосенсибилизаторами»
по специальности 1.4.15 – «Химия твердого тела»

Кандидатская диссертация Насриддинова Абулкосима Фирузджоновича посвящена исследованию закономерностей взаимодействия наноструктурированных широкозонных оксидов металлов, модифицированных органическими и неорганическими фотосенсибилизаторами, с молекулярным окружением в газовой фазе в условиях фотоактивации при комнатной температуре, а также в темновых условиях при нагревании. Актуальность таких исследований обусловлена потребностью разработки новых типов сенсоров для газового анализа при комнатной температуре, для чего может быть, в частности, использована фотоактивация как альтернатива термическому нагреву. Такой подход позволяет реализовать не только высокоэффективное обнаружение молекул горючих и взрывоопасных веществ при комнатной температуре, но и открывает путь к созданию портативных многофункциональных газовых сенсоров. В связи с этим тема диссертационной работы является **актуальной.**

В диссертации Насриддинова Абулкосима Фирузджоновича поставлена цель – установление закономерностей во взаимодействии широкозонных полупроводниковых оксидов металлов, модифицированных органическими и неорганическими фотосенсибилизаторами, с газовой фазой в условиях фотоактивации при комнатной температуре, а также в темновых условиях при термическом нагреве. При достижении данной цели соискатель

сосредоточил свои усилия на решении нескольких задач, а именно: 1) синтез гибридных материалов на основе полупроводниковых оксидов олова и индия с комплексами Ru(II) на основе производных фенантролина, содержащих гетероциклические заместители; 2) синтез нанокомпозитов SnO₂/TiO₂ с введенными наночастицами металлов (Pt, Au, Ag); 3) исследование состава, параметров микроструктуры, оптических свойств, термической устойчивости и электрофизических свойств полученных материалов; 4) изучение сенсорных свойств синтезированных материалов по отношению к нескольким газам-окислителям, газам-восстановителям и летучим органическим соединениям при комнатной температуре в условиях фотоактивации и при термическом нагреве в темновых условиях; 5) изучение закономерностей формирования сенсорного отклика в полученных материалах в экспериментах in-situ.

Поставленные в диссертации Насриддинова Абулкосима Фирузджоновича задачи решались с использованием комплекса взаимодополняющих физико-химических методов исследования, в том числе рентгеновской дифракции, просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии, низкотемпературной адсорбции азота, рентгенофлуоресцентного анализа, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, ИК спектроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния, оптической спектроскопии поглощения в УФ и видимой области, измерения спектральной зависимости фотопроводимости, термогравиметрии с масс-спектральным анализом и термопрограммируемого восстановления водородом. Достоверность полученных результатов при определении сенсорных характеристик обеспечена многократными in-situ исследованиями электрофизических свойств с использованием аттестованных газовых смесей, что позволило получить большой объем новых интересных научных результатов. Все это позволяет утверждать, что диссертационная работа Насриддинова Абулкосима Фирузджоновича отличается высокой степенью достоверности и научной новизны.

Диссертация Насриддинова Абулкосима Фирузджоновича построена по классической схеме. Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. В литературном обзоре автор рассматривает фазовую диаграмму систем Sn-O и In-O, кристаллическую структуру SnO₂ и In₂O₃, их зонную структуру и основные точечные дефекты. Также анализируются процессы фотоактивации и фотопроводимости широкозонных полупроводниковых оксидов, механизм формирования сенсорного отклика полупроводниковых оксидов при взаимодействии с газами-окислителями и восстановителями, в том числе в условиях фотоактивации, описаны основные пути улучшения селективности и уменьшения энергопотребления полупроводниковых газовых сенсоров с использованием фотоактивации. В заключительной части обзора литературы сформулированы выводы и поставлены задачи работы. Во второй главе диссертации описаны методы получения образцов и их исследования. Третья глава посвящена изложению и обсуждению полученных результатов.

К несомненным достоинствам диссертационной работы Насриддинова Абулкосима Фирузджоновича можно отнести следующее:

1. Разработаны воспроизводимые и масштабируемые методики синтеза наноматериалов на основе оксидов олова и индия с комплексами рутения (II), а также нанокомпозитов на основе оксидов олова и титана с наночастицами благородных металлов для использования в компактных газовых сенсорах, использующих механизм фотоактивации и сенсбилизации.

2. Обнаружено, что совместная модификация нанокристаллов оксида олова оксидом титана и наночастицами Au или Pt позволяет увеличить чувствительность к летучим органическим соединениям и снизить температуру, отвечающую максимальному сенсорному отклику.

3. Выявлены процессы, отвечающие за формирование сенсорного отклика синтезированных материалов, при детектировании оксидов и

летучих органических соединений на уровне соответствующих пороговых значений при комнатной и повышенной температурах.

Наряду с указанными выше несомненными достоинствами работы Насриддинова Абулкосима Фирузджоновича в ней присутствуют отдельные недостатки, в связи с которыми можно сделать следующие замечания.

1. В работе основное внимание уделяется измерениям электрического сопротивления синтезированных материалов и изготовленных из них структур, но ничего не говорится о величине их электрической ёмкости. В то же время, данная величина может влиять на время отклика разрабатываемых газовых сенсоров.

2. В работе используются одинаковые названия и обозначения для величин эффективного фотоотклика на воздухе и в присутствии анализируемого газа, в частности формулы (40) и (41) на с.76, хотя последнюю лучше бы назвать и обозначить как фотостимулированный сенсорный отклик.

3. Изучая сенсорные свойства оксидов олова и индия с комплексами Ru(II) автор ограничивается использованием синего светодиода, хотя анализ спектральных зависимостей сенсорного фотоотклика мог бы дать полезную информацию о фотосенсибилизационных свойствах исследуемых соединений.

4. В разделе по сенсорным свойствам наноконпозиов с наночастицами благородных металлов не указаны мощности и интенсивности использованных источников света с различными длинами волн и не обсуждаются возможные тепловые эффекты, вызванные фотовозбуждением.

5. При анализе сенсорного отклика оксида олова с оксидом титана и наночастицами золота на рис.74 (с.124) не обсуждается рост величины сигнала при использовании зеленого излучения светодиода, хотя они могут указывать на определенное сенсibiliзирующее влияние плазмонного резонанса в исследуемых наноконпозитах.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.4.15 – «Химия твердого тела» (по химическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Насриддинов Абулкосим Фирузджонович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15 – «Химия твердого тела».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, профессор
профессор кафедры физики низких температур и сверхпроводимости
Физического факультета Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Московский
государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Тимошенко Виктор Юрьевич

15.11.2022

Контактные данные:

тел.: +7 (916) 378-98-11, e-mail: timoshen@physics.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация: 01.04.10 - физика полупроводников

Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2,
ГСП-1, физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Тел.: +749593959048; e-mail: timoshen@physics.msu.ru

Подпись проф. Тимошенко В.Ю. заверяю:

