

## **Заключение диссертационного совета МГУ.014.8**

### **по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

Решение диссертационного совета от «02» декабря 2022 г. № 127

О присуждении Насриддинову Абулкосиму Фирузджоновичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Материалы для газовых сенсоров на основе нанокристаллических  $\text{SnO}_2$  и  $\text{In}_2\text{O}_3$ , модифицированных фотосенсибилизаторами» по специальности 1.4.15 – «Химия твердого тела» принята к защите диссертационным советом «21» октября 2022 г., протокол № 118.

Соискатель Насриддинов Абулкосим Фирузджонович, 1994 года рождения, в 2018 году окончил магистратуру факультета наук о материалах федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по направлению «Химия, физика, механика материалов», а в 2022 году окончил очную аспирантуру того же факультета по направлению «Химические науки». С мая 2019 г. по настоящее время работает на химическом факультете федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» в должности инженера 2-й категории, кафедра неорганической химии.

Диссертация выполнена в лаборатории химии и физики полупроводниковых и сенсорных материалов кафедры неорганической химии химического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Научный руководитель:

**Румянцева Марина Николаевна** – доктор химических наук, федеральное

государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», профессор кафедры неорганической химии химического факультета.

Официальные оппоненты:

**Добровольский Юрий Анатольевич** – доктор химических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН, научный руководитель Центра Компетенций НТИ;

**Симоненко Елизавета Петровна** – доктор химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова РАН, главный научный сотрудник лаборатории химии легких элементов и кластеров;

**Тимошенко Виктор Юрьевич** – доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», профессор кафедры физики низких температур и сверхпроводимости физического факультета

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 17 научных работ, в том числе по теме диссертации 17 работ, из них 8 статей, опубликованных в рецензируемых научных журналах, индексируемых в базах данных Scopus, Web of Science, а также в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.4.15 – «Химия твердого тела».

1. **Nasriddinov, A.**; Tokarev, S.; Fedorova, O.; Bozhev, I.; Rumyantseva, M. *In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Based Hybrid Materials: Interplay between Microstructure, Photoelectrical and Light Activated NO<sub>2</sub> Sensor Properties* // *Chemosensors*, 2022, 10(4), p. 135. **IF = 4.229** (WoS) – (80%).
2. **Nasriddinov, A.**; Platonov, V.; Garshev, A.; Rumyantseva, M. *Low Temperature HCHO Detection by SnO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>@Au and SnO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>@Pt:*

- Understanding by in-situ DRIFT Spectroscopy // Nanomaterials*, 2021, 11(8), p. 2049. **IF = 5.719** (WoS) – (90%).
3. **Nasriddinov, A.**; Rumyantseva, M.; Konstantinova E., Marikutsa A., Tokarev S., Yaltseva P., Fedorova O., Gaskov A. *Effect of Humidity on Light-Activated NO and NO<sub>2</sub> Gas Sensing by Hybrid Materials // Nanomaterials*, 2020, 10(5), p. 915. **IF = 5.719** (WoS) – (80%).
  4. **Nasriddinov, A.**; Rumyantseva, M.; Shatalova, T.; Tokarev, S.; Yaltseva, P.; Fedorova, O.; Khmelevsky, N.; Gaskov, A. *Organic-Inorganic Hybrid Materials for Room Temperature Light-Activated Sub-ppm NO Detection // Nanomaterials*, 2020, 10(1), p. 70. **IF = 5.719** (WoS) – (60%).
  5. Lee, J.H.; Mirzaei, A.; Kim, J.H.; Kim, J.Y.; **Nasriddinov, A.**; Rumyantseva, M.; Kim, H.W.; Kim S.S. *Gas-sensing behaviors of TiO<sub>2</sub>-layer-modified SnO<sub>2</sub> quantum dots in self-heating mode and effects of the TiO<sub>2</sub> layer // Sensors and Actuators, B: Chemical*, 2020, 310, p. 127870. **IF = 9.221** (WoS) – (20%).
  6. Tokarev, S.; Rumyantseva, M.; **Nasriddinov, A.**; Gaskov, A.; Moiseeva, A.; Fedorov, Yu.; Fedorova, O.; Jonusauskas, G. *Electron injection effect in In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and SnO<sub>2</sub> nanocrystals modified by ruthenium heteroleptic complexes // Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2020, 22, p. 8146. **IF = 3.945** (WoS) – (30%).
  7. **Nasriddinov, A.**; Rumyantseva, M.; Marikutsa, A.; Gaskov, A.; Lee, J.H.; Kim, J.H.; Kim, J.Y.; Kim, H.W.; Kim, S.S. *Sub-ppm Formaldehyde Detection by n-n TiO<sub>2</sub>@SnO<sub>2</sub> Nanocomposites // Sensors*, 2019, 19, № 14, p. 3182. **IF = 3.847** (WoS) – (70%).
  8. Rumyantseva, M.; **Nasriddinov, A.**; Vladimirova, S.; Tokarev, S.; Fedorova, O.; Krylov, I.; Drozdov, K.; Baranchikov, A.; Gaskov, A. *Photosensitive Organic-Inorganic Hybrid Materials for Room Temperature Gas Sensor Applications // Nanomaterials*, 2018, 8(9), p. 671. **IF = 5.719** (WoS) – (50%).

На диссертацию и автореферат поступило 8 дополнительных отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что Добровольский Юрий Анатольевич, Симоненко Елизавета Петровна и Тимошенко Виктор Юрьевич имеют высокую компетенцию и опыт научной работы в области химии твердого тела; основная часть публикаций официальных оппонентов близка по своей направленности к рассматриваемой диссертации и посвящена разработке методов синтеза функциональных материалов и композитных структур на основе

неорганических соединений, исследованию влияния условий синтеза, химического и фазового состава на свойства неорганических соединений, анализу взаимосвязи «состав-структура-свойство» для нанокристаллических материалов.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решены вопросы, имеющие значение для развития химических подходов к созданию чувствительных материалов для полупроводниковых газовых сенсоров, работающих в условиях подсветки и низких рабочих температур:

1. Определены и разработаны методики и условия для модификации поверхности полупроводниковых оксидов  $\text{SnO}_2$  и  $\text{In}_2\text{O}_3$  в форме порошков и толстых пленок комплексами  $\text{Ru(II)}$  на основе производных 1H-имидазо[4,5-f][1,10] фенантролина, содержащих гетероциклические заместители, а также для нанокompозитов  $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$  в форме порошков наночастицами  $\text{Ag}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{Pt}$ .
2. Установлено, что модификация широкозонных полупроводниковых оксидов комплексами  $\text{Ru(II)}$  на основе производных 1H-имидазо[4,5-f][1,10] фенантролина, содержащих гетероциклические заместители, позволяет сместить диапазон их оптической чувствительности в видимую область спектра, что, в свою очередь, приводит к увеличению воспроизводимого сенсорного сигнала при детектировании  $\text{NO}_2$  и  $\text{NO}$  в условиях фотоактивации светом видимого диапазона.
3. Установлено, что модификация  $\text{SnO}_2$  оксидом титана позволяет снизить температуру, отвечающую максимальному сенсорному отклику при детектировании  $\text{HCHO}$ , от 150 до 100°C. Модификация нанокompозитов  $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$  наночастицами  $\text{Au}$  увеличивает сенсорный отклик при  $T = 100^\circ\text{C}$ , тогда как модификация наночастицами  $\text{Pt}$  обеспечивает появление сигнала даже при  $T = 25^\circ\text{C}$ .

4. Определены процессы, протекающие на поверхности гибридных материалов, ответственные за низкотемпературное детектирование оксидов азота, а также процессы на поверхности нанокомпозитов  $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2@M$  ( $M = \text{Pt}, \text{Au}, \text{Ag}$ ), определяющие формирование сенсорного отклика при низкотемпературном детектировании НСНО.

**Практическая значимость** работы Насриддинова А.Ф. обусловлена тем, что полученные гибридные материалы демонстрируют высокую сенсорную чувствительность по отношению к оксидам азота при комнатной температуре в условиях периодической подсветки синим светом и могут быть использованы для создания сенсоров  $\text{NO}_x$  с низким энергопотреблением. Синтезированные нанокомпозиты  $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2@Pt$  и  $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2@Au$  могут быть использованы для создания сенсоров с низким энергопотреблением для детектирования формальдегида на уровне ПДК рабочей зоны при низких рабочих температурах 100 – 200 °С.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, свидетельствуют о существенном личном вкладе автора в научные представления в области химии твердого тела и содержат новые научные результаты:

1. Условия синтеза органо-неорганических гибридных материалов на основе нанокристаллических оксидов  $\text{SnO}_2$  и  $\text{In}_2\text{O}_3$  и комплексов  $\text{Ru(II)}$  на основе производных 1H-имидазо[4,5-f][1,10] фенантролина; нанокомпозитов  $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$ ,  $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2@Pt$ ,  $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2@Au$ ,  $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2@Ag$  с равномерным распределением модификаторов на поверхности;

2. Установленные корреляции между составом, параметрами микроструктуры, фотоэлектрическими и газочувствительными характеристиками синтезированных материалов;

3. Установленные процессы, отвечающие за формирование сенсорного отклика синтезированных материалов, при детектировании

оксидов азота (NO и NO<sub>2</sub>) и летучих органических соединений на уровне соответствующих пороговых значений при комнатной температуре и в температурном диапазоне 25 – 200 °С, соответственно.

На заседании 02 декабря 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Насриддинову А.Ф. ученую степень кандидата химических наук по специальности 1.4.15 – «Химия твердого тела».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 9 докторов наук по специальности 1.4.15 – «Химия твердого тела», участвовавших в заседании, из 29 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 21, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя  
диссертационного совета МГУ.014.8  
д.х.н., проф.

Лазорьяк Б.И.

Ученый секретарь  
диссертационного совета МГУ.014.8  
к.х.н.

Еремина Е.А.