

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе и цифровому развитию
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»
доктор физико-математических наук, профессор
Алексей Александрович Короновский



«22» сентября 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

по диссертации **Клычкова Никиты Александровича** «Управление фотопроводимостью пористых слоев оксида цинка для повышения распознавательной способности полупроводниковых газовых сенсоров» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2 – Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств, выполненной на кафедре материаловедения, технологии и управления качеством института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора СГУ от 28.10.2022 г. №154-Д, переутверждена приказом ректора СГУ от 29.06.2026 г. №137-Д.

Соискатель **Клычков Никита Александрович** в 2022 году с отличием окончил ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» с присвоением квалификации «Магистр».

В период подготовки диссертации с 2022 года (приказ о зачислении №350-П от 20.09.2022) по настоящее время является аспирантом ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по группе научных специальностей 2.2. Электроника, фотоника, приборостроение и связь, специальность 2.2.2. – Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств.

Справка о сданных кандидатских экзаменах №29-2026 от 15.06.2026 выдана ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

Научный руководитель – **Симаков Вячеслав Владимирович**, доктор технических наук, профессор кафедры материаловедения, технологии и управления качеством института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», утвержденный приказом ректора СГУ от 28.10.2022 г. №154-Д., представил положительный отзыв о диссертации и соискателе.

Научную экспертизу диссертация проходила на расширенном заседании кафедры материаловедения, технологии и управления качеством

института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений СГУ.

На заседании присутствовали:

1. Вениг Сергей Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения, технологии и управления качеством института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
2. Глухова Ольга Евгеньевна, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
3. Михайлов Александр Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики твердого тела института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
4. Скрипаль Александр Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики твердого тела института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
5. Скрипаль Анатолий Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской физики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
6. Симаков Вячеслав Владимирович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры материаловедения, технологии и управления качеством института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
7. Федоренко Владимир Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры материаловедения, технологии и управления качеством института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
8. Сержантов Виктор Геннадьевич, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой сорбционных материалов на базе ООО «ЭкоСорбент»;
9. Стецюра Светлана Викторовна, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры материаловедения, технологии и управления качеством института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
10. Калинин Михаил Юрьевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской физики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
11. Постельга Александр Эдуардович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики твердого тела института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
12. Глуховской Евгений Геннадьевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры материаловедения, технологии и управления качеством института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
13. Сердобинцев Алексей Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры материаловедения,

технологии и управления качеством института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;

14. Синёв Илья Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры материаловедения, технологии и управления качеством института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;

15. Матов Олег Рафаилович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры материаловедения, технологии и управления качеством института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;

16. Гребенников Александр Иванович, старший преподаватель кафедры материаловедения, технологии и управления качеством института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;

17. Харитонов Полина Геннадьевна, старший преподаватель кафедры материаловедения, технологии и управления качеством института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;

18. Колесниченко Павел Андреевич, ассистент кафедры радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;

Рецензенты диссертации:

Скрипаль Анатолий Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской физики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;

Глухова Ольга Евгеньевна, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;

представили положительные отзывы, в которых указали, что диссертация удовлетворяет требованиям пп. 9–11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

Заключение

по диссертации **Клычкова Никиты Александровича** «Управление фотопроводимостью пористых слоев оксида цинка для повышения распознавательной способности полупроводниковых газовых сенсоров» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2. – Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств

Актуальность работы. В диссертационной работе Клычкова Н.А. решён круг актуальных задач микро- и наноэлектроники, связанных с разработкой физических принципов управления фотопроводимостью пористых слоёв оксида цинка для повышения распознавательной способности полупроводниковых газовых сенсоров. Металлооксидные хеморезистивные сенсоры обладают перекрёстной чувствительностью, что не позволяет однозначно идентифицировать целевой газ одним чувствительным элементом. Использование оптического возбуждения в

качестве дополнительного управляющего параметра открывает возможность селективного управления откликом сенсора за счёт изменения степени заполнения поверхностных электронных состояний, формируемых адсорбированными молекулами. Проведённые исследования подтверждены экспериментальными результатами и позволяют улучшить методы разработки селективных газоаналитических устройств на основе широкозонных оксидных полупроводников.

Личный вклад автора. Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, получены соискателем лично. Автором осуществлён синтез пористых слоёв ZnO методом химического осаждения, проведён весь объём экспериментальных исследований их структурных, электрофизических и газочувствительных свойств, включая измерения в вакууме и в контролируемых газовых средах при различных температурах и интенсивностях освещения. Разработана физико-математическая модель фотопроводимости пористых слоёв широкозонных полупроводников, учитывающая объёмную и поверхностную рекомбинацию и методика оценки энергетических параметров адсорбционных центров на её основе. Автором разработан метод распознавания газов донорного типа с использованием одного чувствительного элемента, экспериментально обнаружен эффект фотостимулированной инверсии знака отклика, разработан демонстрационный макет сенсорной системы и программный комплекс для моделирования. Постановка задач, планирование исследований, интерпретация и обсуждение результатов, написание научных статей осуществлялись совместно с научным руководителем и соавторами опубликованных работ.

Достоверность полученных результатов. Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается использованием комплекса взаимодополняющих экспериментальных методов исследования, применением современного технологического и измерительного оборудования, воспроизводимостью и статистической обработкой экспериментальных данных, согласованностью теоретических и экспериментальных результатов с данными других исследователей, а также соответствием полученных результатов общепринятым научным представлениям о физических процессах в широкозонных оксидных полупроводниках. Адекватность разработанной физико-математической модели подтверждается количественным согласием расчётов с экспериментом в исследованном диапазоне давлений, температур и интенсивностей освещения. Основные результаты работы прошли широкую апробацию на всероссийских и международных научных конференциях, опубликованы в рецензируемых научных журналах и подтверждены свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ и практической реализацией в виде демонстрационного макета сенсорной системы.

Научная новизна результатов исследования. В диссертационной работе экспериментально исследовано влияние условий термообработки в кислородсодержащей атмосфере на морфологию и электрофизические

свойства пористых поликристаллических слоёв ZnO, сформированных методом химического осаждения из растворов. Установлена немонотонная зависимость продольного размера гексагональных зёрен от температуры отжига с максимумом при 400 °С. Впервые предложена физико-технологическая модель, описывающая конкуренцию процессов кристаллизации аморфной фазы и термогенерации собственных дефектов, которая объясняет немонотонный характер проводимости слоёв ZnO от температуры отжига.

Впервые разработана самосогласованная физико-математическая модель фотопроводимости пористых слоёв широкозонных полупроводников n-типа, одновременно учитывающая объёмную и поверхностную рекомбинацию носителей заряда и адсорбционно-десорбционное равновесие по изотерме Ленгмюра, что позволило получить аналитические выражения для концентрационной зависимости темнового отклика и зависимости фотоотклика от интенсивности освещения в условиях полного обеднения зёрен.

Впервые экспериментально установлено, что эффект фотостимулированной инверсии знака изменения проводимости пористых слоёв n-ZnO при воздействии газов донорного типа управляется интенсивностью освещения с длиной волны 365 нм, и предложено использовать знак отклика в качестве идентификационного признака для повышения селективности детектирования. Показано, что пороговая интенсивность инверсии коррелирует с глубиной залегания примесного уровня.

Экспериментально установлено, что фотостимуляция пористых слоёв n-ZnO излучением в диапазоне от 350 нм до 400 нм при рабочих температурах 200–350 °С приводит к увеличению отклика на пары этанола, изопропанола и ацетона до порядка величины, сокращению времён отклика и восстановления не менее чем в 2 раза и повышению селективности к этанолу более чем в 2 раза.

Разработан оригинальный метод распознавания газов донорного типа с использованием одного чувствительного элемента, основанный на анализе концентрационной зависимости отклика и использовании в качестве распознающих признаков глубины залегания примесного уровня и теплоты десорбции, инвариантных к рабочей температуре и концентрации газа, что обеспечивает вероятность правильной идентификации более 98 %.

Научная и практическая значимость. Результаты диссертационной работы вносят вклад в физику поверхностных процессов и фотопроводимости широкозонных оксидных полупроводников, а также в полупроводниковую газовую сенсорику. Установленные закономерности влияния условий термообработки на морфологию и электрофизические свойства пористых слоёв ZnO расширяют представления о связи микроструктуры поликристаллических слоёв с их газочувствительными характеристиками. Разработанная самосогласованная модель фотопроводимости, одновременно учитывающая объёмную и поверхностную рекомбинацию и адсорбционно-десорбционное равновесие, развивает

теоретические представления о процессах, определяющих отклик металлооксидных газовых сенсоров в условиях оптического возбуждения, и может быть использована для прогнозирования характеристик сенсорных структур с заданными параметрами. Полученные результаты открывают новые возможности для разработки миниатюрных газоаналитических устройств с улучшенной распознавательной способностью.

Прикладная значимость диссертационной работы состоит в следующем:

- Разработаны основы технологии формирования пористых поликристаллических слоёв ZnO методом химического осаждения из растворов с последующей термообработкой в кислородсодержащей среде, обеспечивающей контроль аспектного отношения гексагональных зёрен в диапазоне от 5 до 50. Определена оптимальная температура отжига (400 °C), при которой достигается максимальный отклик на пары этанола.
- Экспериментально обосновано применение полученных слоёв ZnO в качестве активных элементов преобразователей парциального давления кислорода, функционирующих в диапазоне от 10^{-5} до 10^3 мбар, для контроля технологических сред в вакуумных установках реактивного распыления и плазмохимического осаждения.
- Разработан алгоритм и создан программный комплекс для сквозного моделирования сенсорных структур, позволяющий рассчитывать проводимость слоёв ZnO с заданной морфологией и уровнем легирования в зависимости от состава окружающей среды, интенсивности освещения и рабочей температуры. Практическая значимость подтверждена двумя свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.
- Разработан метод распознавания газов донорного типа с использованием одного чувствительного элемента, обеспечивающий вероятность классификации более 98 % и экспериментально подтверждённый при детектировании паров этанола, изопропанола и ацетона.
- Показана возможность повышения селективности детектирования за счёт выбора интенсивности ультрафиолетового освещения без изменения конструкции сенсора, что может быть использовано при разработке малогабаритных селективных газоаналитических устройств.
- Разработан демонстрационный макет сенсорной системы, подтверждающий практическую реализуемость предложенных решений.

Апробация работы. Результаты работы докладывались и обсуждались на всероссийских и международных научно-технических конференциях: VIII–XIII Всероссийская научная школа-семинар «Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами» (Саратов, 2021–2026); XVI–XVIII Всероссийская конференция молодых учёных «Наноэлектроника, нанофотоника и

нелинейная физика» (Саратов, 2021–2023); Всероссийская школа-семинар «Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине» (Саратов, 2022); VI–IX Международная научно-практическая конференция «Наука и образование: достижения и перспективы» (Саратов, 2022–2024); Национальная научно-практическая конференция «Фундаментальные, поисковые, прикладные исследования и инновационные проекты» (Москва, 2022); Всероссийская школа-конференция государственного университета «Дубна» «Фундаментальная физика и прикладные технологии» (Москва, 2023); Международная конференция «Физика.СПб» (Санкт-Петербург, 2025).

Полнота изложения материалов диссертации в работах.

Результаты диссертационного исследования отражены в публикациях автора в полной мере. По теме диссертационной работы опубликовано 13 статей в научных журналах, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание степени кандидата наук:

1. Клычков Н.А., Симаков В.В., Синёв И.В. Использование освещения для идентификации газовых сред полупроводниковыми сенсорами на основе оксида цинка // Физика и техника полупроводников. – 2025. – Т. 59. – Вып. 5. – С. 259–264.

Личный вклад автора состоит в проведении экспериментальных исследований, обработке и анализе данных, написании и редактировании текста.

2. Клычков Н.А., Симаков В.В., Синёв И.В., Захаревич А.М., Ефанова В.В. Управление морфологией и проводимостью гексагональных наностержней ZnO с помощью термообработки для приложений газовой сенсорики // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2025. – Вып. 17. – С. 649–657.

Личный вклад автора состоит в синтезе образцов, исследовании морфологии, обработке данных, написании и редактировании текста.

3. Клычков Н.А., Симаков В.В., Синёв И.В. Влияние глубоких поверхностных акцепторных состояний на температурную зависимость проводимости слоёв оксида цинка // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2024. – Вып. 16. – С. 906–921.

Личный вклад автора состоит в проведении измерений, обработке данных, интерпретации результатов, написании и редактировании текста.

4. Клычков Н.А., Симаков В.В., Синёв И.В., Ефанова В.В., Захаревич А.М. Влияние паров воды на проводимость и отклик к парам этанола газочувствительных наноструктурированных слоёв ZnO при комнатной температуре // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2024. – Вып. 16. – С. 891–905.

Личный вклад автора состоит в проведении экспериментальных исследований, обработке и анализе данных, написании и редактировании текста.

5. Клычков Н.А., Симаков В.В., Синёв И.В. Температурная зависимость проводимости плёнки Cu:SnO₂ на воздухе // Физико-химические

аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2023. – Вып. 15. – С. 119–126.

Личный вклад автора состоит в проведении измерений, обработке и анализе данных, написании и редактировании текста.

6. Клычков Н.А., Курмашева Д.В., Симаков В.В., Синёв И.В. Математическое моделирование проводимости поликристаллических слоёв широкозонных полупроводников при адсорбции на их поверхности газов-восстановителей в присутствии кислорода // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2023. – Вып. 15. – С. 424–431.

Личный вклад автора состоит в разработке математической модели, проведении расчётов, анализе результатов, написании и редактировании текста.

7. Клычков Н.А., Симаков В.В., Ефанова В.В., Синёв И.В. Перекрёстное влияние паров изопропанола и этанола на отклик полупроводникового сенсора газа // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2023. – Вып. 15. – С. 746–753.

Личный вклад автора состоит в проведении экспериментальных исследований, обработке и анализе данных; написании и редактировании текста.

8. Клычков Н.А., Симаков В.В., Синёв И.В., Шкунов Д.А. Влияние добавок оксидов меди и цинка на электрические и газочувствительные свойства композитных слоёв диоксида олова // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2022. – Вып. 14. – С. 632–638.

Личный вклад автора состоит в синтезе образцов, проведении измерений, обработке результатов, написании и редактировании текста.

9. Клычков Н.А., Симаков В.В., Синёв И.В., Тимошенко Д.А. Динамика отклика сенсора на основе наноструктурированного слоя диоксида олова при воздействии паров изопропанола // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2021. – Вып. 13. – С. 708–716.

Личный вклад автора состоит в проведении экспериментальных исследований, обработке данных, написании и редактировании текста.

10. Тимошенко Д.А., Синёв И.В., Симаков В.В., Клычков Н.А. Распознавание газовой смеси с помощью одиночного сенсора газа на основе нитевидных нанокристаллов диоксида олова // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2021. – Вып. 13. – С. 796–801.

Личный вклад автора состоит в обработке экспериментальных данных и редактировании текста.

11. Клычков Н.А., Симаков В.В., Синёв И.В., Тимошенко Д.А. Мультипараметрическое распознавание паров органических веществ с помощью сенсора газа на основе наноструктурированной плёнки диоксида олова // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2021. – Вып. 13. – С. 852–859.

Личный вклад автора состоит в проведении экспериментальных исследований, обработке данных, написании и редактировании текста.

12. Синёв И.В., Клычков Н.А., Тимошенко Д.А., Симаков В.В. Влияние освещения на распознавательную способность мультисенсорных микросистем на основе нитевидных нанокристаллов диоксида олова // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2020. – Вып. 12. – С. 713–721.

Личный вклад автора состоит в проведении измерений, обработке данных, написании и редактировании текста.

13. Корабель М.Д., Синёв И.В., Шикунев Д.А., Клычков Н.А., Тимошенко Д.А., Симаков В.В. Принципы создания виртуальной мультисенсорной системы для распознавания газовых смесей // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2020. – Вып. 12. – С. 827–835.

Личный вклад автора состоит в обработке данных, участии в разработке алгоритма распознавания, редактировании текста.

Также опубликовано 22 работы в сборниках материалов научных конференций, входящих в систему цитирования РИНЦ:

1. Клычков Н.А., Симаков В.В., Синёв И.В. Влияние давления кислорода на фоточувствительность слоёв оксида цинка // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами: Сборник статей тринадцатой Всероссийской научной школы-семинара / под ред. Ал.В. Скрипаля. – Саратов: Саратовский источник, 2026. – С. 56–60.

2. Клычков Н.А., Мочалов А.А., Ефанова В.В. Полупроводниковый сенсор газа на основе массива наностержней ZnO, функционирующий при комнатной температуре // Наука и образование: достижения и перспективы: Материалы X Международной научно-практической конференции. – Самара–Саратов: Амирит, 2025. – С. 207–211.

3. Мочалов А.А., Клычков Н.А., Ефанова В.В. Исследование влияния температуры отжига на газочувствительные свойства плёнок оксида цинка // Наука и образование: достижения и перспективы: Материалы X Международной научно-практической конференции. – Самара–Саратов: Амирит, 2025. – С. 215–219.

4. Клычков Н.А., Мочалов А.А., Ефанова В.В. Определение параметров адсорбционных центров кислорода на поверхности оксида цинка методом оптической генерации // Наука и образование: достижения и перспективы: Материалы IX Международной научно-практической конференции. – Самара–Саратов: Амирит, 2024. – С. 218–223.

5. Клычков Н.А., Мочалов А.А., Ефанова В.В. Влияние температуры отжига на газо- и фоточувствительные свойства слоёв оксида цинка // Наука и образование: достижения и перспективы: Материалы IX Международной научно-практической конференции. – Самара–Саратов: Амирит, 2024. – С. 267–271.

6. Клычков Н.А., Ефанова В.В., Курмашева Д.В. Математическая модель газочувствительности сенсора на основе диоксида олова к парам органических веществ // Наука и образование: достижения и перспективы: Материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Самара–Саратов: Амирит, 2023. – С. 141–145.

7. Klychkov N.A. Gas sensitivity model of polycrystalline semiconductor films // Presenting Academic Achievements to the World. Natural Science. Papers from the XIV conference for young scientists. – Saratov, 2023. – С. 158–172.

8. Клычков Н.А. Модель газовой чувствительности поликристаллических полупроводниковых плёнок // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами: Сборник статей десятой Всероссийской научной школы-семинара / под ред. Ал.В. Скрипаля. – Саратов: Саратовский источник, 2023. – С. 178–185.

9. Клычков Н.А., Мочалов А.А., Ефанова В.В. Влияние уровня влажности на проводимость тонкоплёночных структур на основе ZnO при комнатной температуре // Наука и образование: достижения и перспективы: Материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Самара–Саратов: Амирит, 2023. – С. 200–204.

10. Клычков Н.А., Мочалов А.А., Ефанова В.В. Влияние освещения на отклик плёнок на основе ZnO и $\text{SnO}_2\text{-ZnO}$ к парам воды при комнатной температуре // Наука и образование: достижения и перспективы: Материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Самара–Саратов: Амирит, 2023. – С. 233–236.

11. Клычков Н.А., Курмашева Д.В. Газо- и фоточувствительные свойства нанокompозитов на основе $\text{SnO}_2\text{-ZnO}$ // Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика: Сборник трудов XVIII Всероссийской конференции молодых учёных. – Саратов: Техно-декор, 2023. – С. 79–81.

12. Клычков Н.А., Курмашева Д.В. Влияние донорной примеси на газочувствительность плёнок SnO_2 // Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика: Сборник трудов XVIII Всероссийской конференции молодых учёных. – Саратов: Техно-декор, 2023. – С. 82–83.

13. Клычков Н.А., Курмашева Д.В., Ефанова В.В. Термостимулированный отклик полупроводникового сенсора газа на основе диоксида олова к парам 2-пропанола // Наука и образование: достижения и перспективы: Материалы VI Международной научно-практической конференции / редкол.: Л.И. Чирикова [и др.]. – Саратов: Амирит, 2022. – С. 106–110.

14. Клычков Н.А., Шикун Д.А., Тимошенко Д.А. Влияние УФ-освещения на газочувствительность слоёв диоксида олова к парам этанола при комнатной температуре // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами: Сборник статей девятой

Всероссийской научной школы-семинара / под ред. Ал.В. Скрипаля. – Саратов: Саратовский источник, 2022. – С. 115–118.

15. Тимошенко Д.А., Клычков Н.А., Шикун Д.А. Температурная зависимость проводимости слоёв на основе нитевидных нанокристаллов диоксида олова // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами: Сборник статей девятой Всероссийской научной школы-семинара / под ред. Ал.В. Скрипаля. – Саратов: Саратовский источник, 2022. – С. 119–121.

16. Шикун Д.А., Клычков Н.А., Тимошенко Д.А. Газочувствительные композиты на основе плёнок диоксида олова, сформированные золь-гель методом // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами: Сборник статей девятой Всероссийской научной школы-семинара / под ред. Ал.В. Скрипаля. – Саратов: Саратовский источник, 2022. – С. 122–126.

17. Клычков Н.А. Параметры адсорбционных центров плёнок диоксида олова, полученных с помощью технологии магнетронного распыления и золь-гель метода // Фундаментальные, поисковые, прикладные исследования и инновационные проекты: Сборник трудов Национальной научно-практической конференции / под ред. С.У. Увайсова. – М.: МИРЭА, 2022. – С. 232–235.

18. Клычков Н.А. Обработка сигналов системы хеморезистивных сенсоров газа на основе SnO_2 как средство неинвазивной медицинской диагностики // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине – 2022: Сборник статей Всероссийской школы-семинара. – Саратов: СГУ, 2022. – С. 36–40.

19. Тимошенко Д.А., Симаков В.В., Синёв И.В., Клычков Н.А. Стабильность параметров хеморезистивного газового сенсора на основе нитевидных нанокристаллов диоксида олова // Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика: Доклады XVI Всероссийской конференции молодых учёных. – Саратов: Техно-декор, 2021. – С. 185–186.

20. Тимошенко Д.А., Синёв И.В., Симаков В.В., Клычков Н.А. Определение параметров поверхностных состояний, индуцированных адсорбированными частицами кислорода и пропанол-2, на поверхности нановискеров диоксида олова // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами: Сборник статей восьмой Всероссийской научной школы-семинара / под ред. Ал.В. Скрипаля. – Саратов: Саратовский источник, 2021. – С. 46–50.

21. Клычков Н.А., Тимошенко Д.А., Синёв И.В., Симаков В.В. Температурная зависимость чувствительности тонких полупроводниковых наноструктурированных плёнок диоксида олова к парам органических веществ // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами,

22. Клычков Н.А., Тимошенко Д.А., Синёв И.В., Симаков В.В. Распознавание газовых смесей на основе анализа концентрационных зависимостей чувствительности наноструктурированных слоёв диоксида олова к парам органических веществ // Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика: Доклады XVI Всероссийской конференции молодых учёных. – Саратов: Техно-декор, 2021. – С. 62–63.

Итоговое заключение. Диссертационная работа «Управление фотопроводимостью пористых слоев оксида цинка для повышения распознавательной способности полупроводниковых газовых сенсоров» Клычкова Никиты Александровича является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальных задач микро- и нанoeлектроники, удовлетворяет критериям, установленным пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2. – Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств.

Председательствующий:
заведующий кафедрой материаловедения,
технологии и управления качеством
доктор физико-математических наук, профессор
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

ФГБОУ ВО «СГУ им