

Проректор по науке и инновациям
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования

« 16 » 04 2025 г.

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

Соискатель Соломатин Максим Андреевич в 2018 г. окончил СГТУ имени Гагарина Ю.А. по направлению подготовки 16.04.01 «Техническая физика» с присвоением квалификации «магистр».

С 2018 г. по 2024 г. Соломатин М.А. работал в должности младшего научного сотрудника научно-исследовательской лаборатории сенсоров и микросистем кафедры «Физика». С 2025 г. по настоящее время Соломатин М.А. является

научным сотрудником научно-исследовательской лаборатории сенсоров и микросистем кафедры «Физика» СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора СГТУ имени Гагарина Ю.А. № 257-П от 03.04.2025.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов № 285 от 01.04.2025 выдана федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.».

Научный руководитель – Сысоев Виктор Владимирович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Физика» СГТУ имени Гагарина Ю.А., утвержденный приказом и. о. ректора СГТУ имени Гагарина Ю.А. № 1285-С от 12.10.2018, представил положительный отзыв о диссертации и соискателе.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Физика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений университета и других организаций.

На заседании по обсуждению диссертации Соломатина Максима Андреевича присутствовали следующие сотрудники кафедры «Физика» СГТУ имени Гагарина Ю.А.:

1. Зимняков Дмитрий Александрович, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой «Физика»;
2. Сысоев Виктор Владимирович, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Физика»;
3. Гестрин Сергей Геннадьевич, д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры «Физика»;
4. Горбатенко Борис Борисович, д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры «Физика»;
5. Мельников Андрей Геннадьевич, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры «Физика»;
6. Павлова Мария Валентиновна, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры «Физика»;
7. Никишин Евгений Леонардович, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры «Физика»;
8. Самородина Татьяна Валерьевна, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры «Физика»;
9. Исаева Анна Андреевна, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры «Физика»;
10. Старовойтова Елена Вячеславовна, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры «Физика».

На заседании присутствовали также специалисты по профилю диссертации из других структурных подразделений СГТУ имени Гагарина Ю.А. и других организаций:

1. Львов Алексей Арленович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Радиоэлектроника и телекоммуникации» СГТУ имени Гагарина Ю.А.;
2. Мирошниченко Алексей Юрьевич, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Электронные приборы и устройства» СГТУ имени Гагарина Ю.А.;

3. Томашевский Юрий Болеславович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электроэнергетика и электротехника» СГТУ имени Гагарина Ю.А.;
4. Комаров Вячеслав Вячеславович, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» СГТУ имени Гагарина Ю.А.;
5. Ушаков Николай Михайлович, д.ф.-м.н., профессор, заведующий лабораторией субмикронной электроники Саратовского филиала Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук.

Рецензенты диссертации:

Гестрин Сергей Геннадьевич, д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры «Физика» СГТУ имени Гагарина Ю.А. предоставил положительный отзыв, в котором указал, 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;

Мирошниченко Алексей Юрьевич, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Электронные приборы и устройства» СГТУ имени Гагарина Ю.А. предоставил положительный отзыв, в котором указал, 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 Соломатина Максима Андреевича было принято следующее заключение:

Диссертационная работа Соломатина М.А. «Высококочувствительные и высокоселективные газоаналитические однокристалльные мультисенсорные линейки на основе наноразмерных оксидных материалов» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 2.2.2 «Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств» посвящена разработке высококочувствительных и высокоселективных газоаналитических однокристалльных мультисенсорных линеек хеморезистивного типа на основе поликристаллического слоя SnO_2 и мезо-наноструктурированных оксидов цинка, никеля, марганца и кобальта и исследованию их физических и хеморезистивных характеристик при нагреве в широком диапазоне температур и при УФ-облучении при воздействии различных летучих органических соединений в смеси с воздухом при различных концентрациях.

Работа соответствует паспорту научной специальности 2.2.2, пп.1, 4, 5.

Личный вклад автора. Все защищаемые экспериментальные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно. Постановка исследовательских задач и обсуждение результатов исследований проведены под руководством профессора Сыроева В.В.

Научная новизна выполненных исследований заключается в том, что:

1) показано, что облучение ИК-лазером ведет к сухому травлению поликристаллического слоя SnO_2 , уменьшающего толщину исходного слоя, а также – к появлению фазы SnO , и сопровождается уменьшением удельной площади поверхности, что снижает величину хеморезистивного отклика слоя;

2) выявлено, что характерные времена хеморезистивного отклика/восстановления поликристаллического слоя SnO_2 при воздействии спиртов и кетонов, рассчитанные в рамках формализма Ленгмюра-Хиншельвуда, существенно зависят от температуры нагрева слоя SnO_2 вне зависимости от обработки слоя ИК-лазером;

3) обнаружено, что при увеличении времени электрохимического осаждения наноструктурированного (иерархического) слоя ZnO в диапазоне 250–1150 с хеморезистивный отклик слоя к спиртам при активации нагревом до 573 К возрастает;

4) показано, что УФ-излучение с длиной волны 380 нм является эффективным для активации хеморезистивного эффекта в мезо-наноструктурированных слоях ZnO , синтезированных методом электрохимического осаждения, в диапазоне температур от комнатной до 423 К с целью разработки газо-сенсорных элементов;

5) обнаружено, что в рамках электрохимического осаждения различных оксидов на один кристалл практически сложно реализовать формирование моно-оксидных сенсорных элементов, в частности, затруднена локализация оксидов Ni и Zn , в результате чего в сенсорных элементах на основе оксидов Co и Mn обнаруживаются следовые концентрации оксидов Ni и Zn , что приводит к образованию в слоях структур с гетеро-переходами типа n - n или p - n , которые способствуют увеличению различий хеморезистивных свойств сенсорных элементов в одно-кристальной мультисенсорной линейке.

Достоверность полученных результатов обусловлена их соответствием современным физическим представлениям, комплексным и корректным применением в экспериментах общепризнанных методик, метрологическим обеспечением измерительной аппаратуры, согласованностью с результатами других исследователей, соответствием экспериментальных данных расчетам и практической реализацией результатов, имеющих научную новизну, в действующих образцах газоаналитических устройств.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1) разработаны физико-технологические основы создания газоаналитической однокристальной мультисенсорной линейки на основе слоя поликристаллического SnO_2 , обработанного ИК-лазером, хеморезистивные свойства которого эффективно активируются либо нагревом до температур 533–623 К, либо УФ-облучением светодиода с длиной волны 366 нм, и могут быть контролируемо варьированы путем вариации рабочего тока ИК-лазера в диапазоне 24,8–26,7 А;

2) предложена методика снижения температуры функционирования и энергопотребления газоаналитической однокристалльной мультисенсорной линейки на основе мезо-наноструктурированных слоев ZnO , синтезированных методом электрохимического осаждения при варьировании плотности заряда, путем применения УФ-облучения с энергией в области фундаментального поглощения для активации хеморезистивного эффекта;

3) разработаны физико-технологические основы создания мульти-оксидной газоаналитической однокристалльной мультисенсорной линейки на основе мезо-наноструктурированных слоев оксидов Zn , Mn , Ni и Co и повышения её селективности к парам различных спиртов в диапазоне концентраций от 0,1 ppm до 10 ppm при приложении пространственно-неоднородного нагрева в диапазоне 563–623 К.

Практические результаты работы защищены патентами РФ и ЕАПО на изобретения.

Основные положения и результаты работы, выносимые на защиту

1. Хеморезистивный эффект в поликристаллическом слое SnO_2 , обработанном ИК-лазерным излучением с длиной волны 1,064 мкм, при воздействии аналитов – паров спиртов (метанол, этанол, изопропанол и бутанол) и кетонов (ацетон, циклопентанон, циклогексанон, 2-октанон), активируется либо тепловым нагревом выше 423 К с максимумом хеморезистивного отклика в диапазоне температур 533–623 К, либо потоком УФ-излучения с длиной волны 366 нм, сопровождающегося тепловым нагревом до 341 К. При этом величина хеморезистивного отклика и скорость изменения электрического сопротивления слоя при экспозиции к аналитам выше в режиме теплового нагрева, а отношение сигнал/шум – выше в режиме УФ-облучения слоя, что объясняется малой величиной скин-области и уменьшением теплового электрического шума при УФ-активации.

2. Электронный транспорт носителей в поликристаллическом слое SnO_2 при приложении переменного электрического поля в диапазоне частот 10^3 – 10^6 Гц протекает согласно механизму корреляционных барьерных прыжков, при котором величина потенциальных барьеров уменьшается при воздействии паров газ-восстановителей, от 0,99 эВ, наблюдаемого в чистом воздухе, до 0,97 эВ в случае этанола и до 0,81 эВ в случае ацетона при концентрации обоих паров-аналитов в воздухе около 10 ppm, что определяет снижение общего сопротивления слоя как основы хеморезистивного эффекта. Зависимость величины межкристаллитных потенциальных барьеров от вида аналита является одной из фундаментальных причин селективности хеморезистивного отклика поликристаллического слоя SnO_2 , что позволяет разработать на его основе газоаналитическую мультисенсорную линейку с дополнительной вариацией свойств сенсорных элементов путем обработки слоя SnO_2 ИК-лазером с различной мощностью, определяемой рабочим током в диапазоне 24,8–26,7 А.

3. Величина хеморезистивного отклика к органическим парам, на примере паров изопропанола и бензола в диапазоне концентраций 1–100 ppm в смеси с осушенным или влажным, 50 %, воздухом, наноструктурированных слоев ZnO, полученных методом электрохимического осаждения, положительно коррелирует с увеличением плотности заряда, определяемой временем осаждения в диапазоне от 250 с до 1150 с, что объясняется увеличением в слое отношения поверхности к объему. При этом активация ZnO с помощью УФ-излучения длиной волны 380 нм индуцирует хеморезистивный эффект в слоях, полученных с малой плотностью заряда, при температурах до 423 К.

4. Хеморезистивный эффект в мезо-наноструктурированных (иерархического типа) слоях оксидов Zn, Mn, Ni и Co, выращенных методом электрохимического осаждения в потенциостатическом режиме, проявляется при тепловой активации в диапазоне температур 473–623 К, что позволяет создать мульти-оксидную газоаналитическую мультисенсорную линейку на одном кристалле (чипе), имеющую селективный отклик к различным спиртам в диапазоне концентраций от 0,1 ppm до 10 ppm в смеси с осушенным воздухом. При этом тип хеморезистивного отклика сенсорных элементов на основе оксидов Zn, Mn, Ni и Co в присутствии паров спиртов, на примере изопропанола, обнаруженный в режиме измерения постоянного тока, совпадает с типом изменения импеданса тех же элементов – n-, p-, p-, p-, соответственно.

Апробация результатов

Основная часть материалов диссертационной работы была получена при выполнении проектов в рамках следующих грантов: 1) стипендии Президента РФ для аспирантов СП-2391.2022.1; 2) госзадания Минобрнауки России в рамках проектной части № 16.1119.2017/ПЧ; 3) гранта РНФ № 19-72-10052; 4) гранта Минобрнауки России № 075-15-2022-1230; 5) стипендии немецкой службы академических обменов (DAAD). Результаты работы докладывались и обсуждались на следующих научно-технических конференциях: серии Всероссийских конференций молодых ученых «Наноэлектроника, нанофотоника и нелинейная физика» (Саратов, 2017, 2018, 2020, 2021, 2022 гг.), V Всероссийской конференции и школы для молодых ученых (с международным участием) «Системы обеспечения техносферной безопасности» (Таганрог, 2018 г.), VII Научно-практической конференции «Наука настоящего и будущего» (Санкт-Петербург, 2019 г.).

Публикации. Соискателем опубликовано 23 печатные работы, связанные с темой диссертации, из которых 4 статьи в рецензируемых зарубежных научных журналах, включенных в международные базы цитирования (Scopus, Web of Science), 1 статья в рецензируемом российском научном журнале, включенном в список ВАК, 7 тезисов и материалов докладов на научно-технических конференциях, а также 6 патентов РФ и 5 патентов ЕАПО на изобретения.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Издания, входящие в перечень ВАК и базы Scopus и Web of Science

1. Формирование хеморезистивной линейки на основе наноструктур оксида никеля методом электрохимического осаждения / **М. А. Соломатин**, Ф. С. Федоров, Н. М. Ушаков, В. В. Сысоев // Нелинейный мир. – 2019. – Т. 17. – В. 1. – С. 57–59 (объем – 0,19 п. л., авторский вклад – 0,05 п. л.).

2. Quasi-2D Co₃O₄ nanoflakes as an efficient gas sensor versus alcohol VOCs / F. S. Fedorov, **M. A. Solomatin**, M. Uhlemann, S. Oswald, D. A. Kolosov, A. Morozov, A. S. Varezhnikov, M. A. Ivanov, A. K. Grebenko, M. Sommer, O. E. Glukhova, A. G. Nasibulin, V. V. Sysoev // Journal of Material Chemistry A. – 2020. – V. 8. – P. 7214–7228 (объем – 0,94 п. л., авторский вклад – 0,07 п. л.).

3. The UV effect on the chemiresistive response of ZnO nanostructures to isopropanol and benzene at ppm concentrations in mixture with dry and wet air / **M. A. Solomatin**, O. E. Glukhova, F. S. Fedorov, M. Sommer, V. V. Shunaev, A. S. Varezhnikov, A. G. Nasibulin, N. M. Ushakov, V. V. Sysoev // Chemosensors. – 2021. – V. 9. – 181 (объем – 1,06 п. л., авторский вклад – 0,12 п. л.).

4. Towards electronic smelling of ketones and alcohols at sub- and low ppms by pinky-sized on-chip sensor array with SnO₂ mesoporous layer gradually engineered by near IR-laser / **M. A. Solomatin**, M. Radovic, A. A. Petrunin, D. A. Kirilenko, A. S. Varezhnikov, G. Dubourg, M. Yu. Vasilkov, A. M. Bainyashev, A. Nesterovic, I. Kiselev, K. B. Kostin, Y. P. Martynyuk, A. V. Gorokhovskiy, S. S. Volchkov, D. A. Zimnyakov, N. M. Ushakov, V. G. Goffman, M. K. Rabchinskii, O. E. Glukhova, V. V. Sysoev // Chemical Engineering Journal. – 2023. – V. 474. – 145934 (объем – 1,06 п. л., авторский вклад – 0,05 п. л.).

5. Bottom-up designing nanostructured oxide libraries under a lab-on-chip paradigm towards a low-cost highly-selective E-nose / **M. A. Solomatin**, F. S. Fedorov, D. A. Kirilenko, V. Trouillet, A. S. Varezhnikov, I. V. Kiselev, U. Geckle, M. Sommer, A. M. Bainyashev, V. Artemov, N. M. Ushakov, V. G. Goffman, M. K. Rabchinskii, A. G. Nasibulin, V. V. Sysoev // Analytica Chimica Acta. – 2025. – V. 1333. – 343387 (объем – 0,94 п. л., авторский вклад – 0,06 п. л.).

Тезисы и материалы докладов на научно-технических конференциях

6. **Соломатин М. А.** Хеморезистивные свойства наноструктурированного слоя оксида марганца, полученного электрохимическим осаждением / **М. А. Соломатин**, Ф. С. Федоров, В. В. Сысоев / Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика: сборник трудов XII Всероссийской конференции молодых ученых, г. Саратов, 5-7 сентября 2017 г. – С. 268–269 (объем – 0,12 п. л., авторский вклад – 0,04 п. л.).

7. Формирование газоаналитической линейки хеморезисторов на основе наноструктур оксида никеля потенциостатическим осаждением / **М. А. Соломатин**, Ф. С. Федоров, Н. М. Ушаков, В. В. Сысоев // Нанoeлектроника,

нанوفотоника и нелинейная физика: сборник трудов XIII Всероссийской конференции молодых ученых, г. Саратов, 4-6 сентября 2018 г. – С. 295–296 (объем – 0,12 п. л., авторский вклад – 0,04 п. л.).

8. Формирование хеморезистивной линейки на основе оксида кобальта методом электрохимического осаждения / **М. А. Соломатин**, Ф. С. Федоров, А. С. Варезников, А. В. Лашков, И. А. Плугин, М. Ю. Васильков, Н. М. Ушаков, В. В. Сысоев // Системы обеспечения техносферной безопасности: материалы V Всероссийской конференции молодых ученых (с международным участием), г. Таганрог, 5-6 октября 2018 г. – С. 226–228 (объем – 0,19 п. л., авторский вклад – 0,02 п. л.).

9. Электрохимический синтез наноструктур оксида цинка и их применение в линейках газовых сенсоров хеморезистивного типа / **М. А. Соломатин**, Ф. С. Федоров, Н. М. Ушаков, В. В. Сысоев // Наука настоящего и будущего: сборник трудов VII научно-практической конференции, г. Санкт-Петербург, 16-18 мая 2019 г. – С. 138–141 (объем – 0,25 печатного листа, авторский вклад – 0,06 п. л.).

10. Анализ паров различных спиртов концентрацией в ppb-диапазоне с помощью мультиоксидной библиотеки, синтезированной на одном кристалле / **М. А. Соломатин**, Ф. С. Федоров, А. С. Варезников, Н. М. Ушаков, В. В. Сысоев // Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика: сборник трудов XV Всероссийской конференции молодых ученых. – г. Саратов, 8-10 сентября 2020 г. – С. 257–258 (объем – 0,12 п. л., авторский вклад – 0,02 п. л.).

11. Активация газочувствительных свойств наноструктур оксида цинка посредством УФ-облучения / **М. А. Соломатин**, Ф. С. Федоров, А. С. Варезников, Н. М. Ушаков, В. В. Сысоев // Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика: сборник трудов XVI Всероссийской конференции молодых ученых. – г. Саратов, 7-9 сентября 2021 г. – С. 177–178 (объем – 0,12 п. л., авторский вклад – 0,02 п. л.).

12. Энергоэффективные газовые сенсоры на основе диоксида олова, активированного УФ-излучением / **М. А. Соломатин**, А. С. Варезников, Н. М. Ушаков, В. В. Сысоев // Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика: сборник трудов XVII Всероссийской конференции молодых ученых. – г. Саратов, 13-14 сентября 2022 г. – С. 193–194 (объем – 0,12 п. л., авторский вклад – 0,03 п. л.).

Патенты РФ и ЕАПО на изобретения

13. Способ изготовления хеморезистора на основе наноструктур оксида марганца электрохимическим методом / **М. А. Соломатин**, В. В. Сысоев, Ф. С. Федоров // Патент РФ на изобретение № 2677095. – Заявка № 2018104404. – Приор. от 05.02.2018. – Зарег. в гос. реестре изобретений РФ 15.01.2019. – Опубл. 15.01.2019. – Бюл. № 2.

14. Способ изготовления хеморезистора на основе наноструктур оксида кобальта электрохимическим методом / **М. А. Соломатин**, В. В. Сысоев, Ф. С. Федоров, Н. М. Ушаков // Патент РФ на изобретение № 2677093. – Заявка № 2018111896. – Приор. от 02.04.2018. – Зарег. в гос. реестре изобретений РФ 15.01.2019. – Оpubл. 15.01.2019. – Бюл. № 2.

15. Способ изготовления хеморезистора на основе наноструктур оксида никеля электрохимическим методом / **М. А. Соломатин**, В. В. Сысоев, Ф. С. Федоров // Патент РФ на изобретение № 2682575. – Заявка № 2018116939. – Приор. от 07.05.2018. – Зарег. в гос. реестре изобретений РФ 19.03.2019. – Оpubл. 19.03.2019. – Бюл. № 8.

16. Способ изготовления хеморезистора на основе наноструктур оксида цинка электрохимическим методом / **М. А. Соломатин**, В. В. Сысоев, Ф. С. Федоров // Патент РФ на изобретение № 2684423. – Заявка № 2018118756. – Приор. от 21.05.2018. – Зарег. в гос. реестре изобретений РФ 09.04.2019. – Оpubл. 09.04.2019. – Бюл. № 10.

17. Мультиоксидный газоаналитический чип и способ его изготовления электрохимическим методом / Ф. С. Федоров, **М. А. Соломатин**, В. В. Сысоев, Н. М. Ушаков, М. Ю. Васильков // Патент РФ на изобретение № 2684426. – Заявка № 2018123120. – Приор. от 25.06.2018. – Зарег. в гос. реестре изобретений РФ 09.04.2019. – Оpubл. 09.04.2019. – Бюл. № 10.

18. Газоаналитический чип на основе лазерно-модифицированного оксида олова / **М. А. Соломатин**, М. Радович, В. В. Сысоев, Ж. Дюбур, М. Ю. Васильков, А. С. Варезников, А. М. Байняшев, К. Б. Костин, А. В. Гороховский // Патент РФ на изобретение № 2818679. – Заявка № 2023128285. – Приор. от 31.10.2023. – Зарег. в гос. реестре изобретений РФ 03.05.2024. – Оpubл. 03.05.2024. – Бюл. № 13.

19. Способ изготовления хеморезистора на основе наноструктур оксида кобальта электрохимическим методом / **М. А. Соломатин**, В. В. Сысоев, Ф. С. Федоров, Н. М. Ушаков // Патент ЕАПО на изобретение № 034291. – Заявка № 201800297. – Приор. от 02.04.2018. – Оpubл. 24.01.2020. – Бюл. № 1.

20. Способ изготовления хеморезистора на основе наноструктур оксида никеля электрохимическим методом / **М. А. Соломатин**, В. В. Сысоев, Ф. С. Федоров // Патент ЕАПО на изобретение № 034568. – Заявка № 201800366. – Приор. от 07.05.2018. – Оpubл. 20.02.2020. – Бюл. № 2.

21. Способ изготовления хеморезистора на основе наноструктур оксида цинка электрохимическим методом / **М. А. Соломатин**, В. В. Сысоев, Ф. С. Федоров // Патент ЕАПО на изобретение № 034557. – Заявка № 201800365. – Приор. от 21.05.2018. – Оpubл. 20.02.2020. – Бюл. № 2.

22. Способ изготовления хеморезистора на основе наноструктур оксида марганца электрохимическим методом / **М. А. Соломатин**, В. В. Сысоев, Ф. С. Федоров // Патент ЕАПО на изобретение № 034590. – Заявка № 201800120. – Приор. от 05.02.2018. – Оpubл. 25.02.2020. – Бюл. № 2.

23. Мультиоксидный газоаналитический чип и способ его изготовления электрохимическим методом / Ф. С. Федоров, **М. А. Соломатин**, В. В. Сысоев, Н. М. Ушаков, М. Ю. Васильков // Патент ЕАПО на изобретение № 036553. – Заявка № 201800498. – Приор. от 26.06.2018. – Оpubл. 23.11.2020. – Бюл. № 11.

Диссертация Соломатина Максима Андреевича «Высококочувствительные и высокоселективные газоаналитические однокристалльные мультисенсорные линейки на основе наноразмерных оксидных материалов» является законченной научной работой, посвященной разработке высококочувствительных и высокоселективных газоаналитических однокристалльных мультисенсорных линеек хеморезистивного типа на основе поликристаллического слоя SnO_2 и мезо-наноструктурированных оксидов цинка, никеля, марганца и кобальта и исследованию их физических и хеморезистивных характеристик при нагреве в широком диапазоне температур и при УФ-облучении при воздействии различных летучих органических соединений в смеси с воздухом при различных концентрациях. Материалы диссертации полностью отражены в научных работах, опубликованных автором. Текст диссертации не содержит заимствованного материала без ссылок на авторов, а также материалов совместных работ без ссылок на соавторов. Диссертация может быть рекомендована к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2 «Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств» как удовлетворяющая критериям пп. 9-11, 13, 14, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Присутствовало на заседании 15 человек. Результаты голосования: «за» – 15 чел.; «против» – нет, «воздержались» – нет (протокол № 10 от 15.04.2025 г.).

Заведующий кафедрой «Физика»
д. ф.-м. н., профессор

Д. А. Зимняков

Подпись профессора **Зимнякова Дмитрия Александровича** заверяю

Ученый секретарь **Ученого совета**
СГТУ имени Гагарина Ю.А.



А. В. Потапова

« 16 » 04 2025 г.