

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.07, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 22 марта 2018 года публичной защиты диссертации Алмаева Алексея Викторовича «Электрические и газочувствительные характеристики сенсоров водорода на основе тонких пленок диоксида олова» по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

Присутствовали 20 из 24 членов диссертационного совета, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников:

- |  |          |
|--|----------|
| 1. Багров В. Г., доктор физико-математических наук, профессор, председатель диссертационного совета,                             | 01.04.02 |
| 2. Ивонин И. В., доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, заместитель председателя диссертационного совета, | 01.04.10 |
| 3. Киреева И. В., доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, учёный секретарь диссертационного совета,        | 01.04.07 |
| 4. Бордовицын В. А., доктор физико-математических наук, профессор,   | 01.04.02 |
| 5. Брудный В. Н., доктор физико-математических наук, профессор,  | 01.04.10 |
| 6. Войцеховский А. В., доктор физико-математических наук, профессор,   | 01.04.10 |
| 7. Гермогенов В. П., доктор физико-математических наук, профессор,   | 01.04.10 |
| 8. Давыдов В. Н., доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник,  | 01.04.10 |
| 9. Дударев Е. Ф., доктор физико-математических наук, профессор,  | 01.04.07 |
| 10. Коротаев А. Д., доктор физико-математических наук, профессор,  | 01.04.07 |
| 11. Лавров П. М., доктор физико-математических наук, профессор,  | 01.04.02 |
| 12. Ляхович С. Л., доктор физико-математических наук, профессор,   | 01.04.02 |
| 13. Мельникова Н. В., доктор физико-математических наук,   | 01.04.07 |
| 14. Потекаев А. И., доктор физико-математических наук, профессор,  | 01.04.07 |
| 15. Толбанов О. П., доктор физико-математических наук, профессор,  | 01.04.10 |
| 16. Трифонов А. Ю., доктор физико-математических наук, профессор,  | 01.04.02 |
| 17. Тюменцев А. Н., доктор физико-математических наук, профессор,  | 01.04.07 |
| 18. Чумляков Ю. И., доктор физико-математических наук, профессор,  | 01.04.07 |
| 19. Шаповалов А. В., доктор физико-математических наук, профессор,   | 01.04.02 |
| 20. Шарапов А. А., доктор физико-математических наук, профессор,   | 01.04.02 |

**Заседание провёл председатель диссертационного совета, доктор физико-математических наук, профессор Багров Владислав Гаврилович.**

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить А. В. Алмаеву учёную степень кандидата физико-математических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.07,  
созданного на базе федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»  
Министерства образования и науки Российской Федерации,  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 22.03.2018 № 6

О присуждении **Алмаеву Алексею Викторовичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Электрические и газочувствительные характеристики сенсоров водорода на основе тонких пленок диоксида олова»** по специальности **01.04.10** – Физика полупроводников принята к защите 21.12.2017 (протокол заседания № 76) диссертационным советом **Д 212.267.07**, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012).

Соискатель **Алмаев Алексей Викторович**, 1991 года рождения.

В 2015 году соискатель окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

С 2015 года соискатель очно обучается в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории функциональной электроники, по совместительству – в должности ассистента кафедры полупроводниковой электроники в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре полупроводниковой электроники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Гаман Василий Иванович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра полупроводниковой электроники, профессор.

Официальные оппоненты:

**Михайлов Михаил Михайлович**, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», лаборатория радиационного и космического материаловедения, заведующий лабораторией

**Васильев Алексей Андреевич**, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Курчатовский комплекс физико-химических технологий, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова**», г. Москва, в своём положительном отзыве, подписанном **Гаськовым Александром Михайловичем** (доктор химических наук, профессор, лаборатория химии и физики полупроводниковых и сенсорных материалов, заведующий лабораторией), **Шевельковым Андреем Владимировичем** (доктор химических наук, профессор, кафедра неорганической химии, заведующий кафедрой), **Климашиной Еленой Сергеевной** (кандидат химических наук, научный сотрудник, секретарь кафедры неорганической химии), **Калмыковым Степаном Николаевичем** (член-корреспондент РАН, доктор химических наук, профессор, химический факультет,

исполняющий обязанности декана) указала, что диссертационное исследование А. В. Алмаева соответствует основной тенденции развития микроэлектроники, направленной на разработку миниатюрных, интегрированных сенсорных устройств, создание на основе тонких пленок мультисенсорных систем типа «электронный нос» и интеграцию сенсоров в мобильные устройства. Автором экспериментально доказан эффект уменьшения изгиба энергетических зон на границах раздела нанокристаллов в поликристаллической плёнке диоксида олова при увеличении концентрации водорода и при увеличении концентрации паров воды в газовой смеси; получено выражение, описывающее зависимость изгиба энергетических зон от температуры сенсоров, концентрации водорода и влажности газовой смеси с учётом наличия на поверхности диоксида олова трёх типов адсорбированных частиц:  $O^-$ ,  $OH$ ,  $OH^-$ ; предложен механизм влияния модификаторов (Pt/Pd, Au, Ag и  $Ag+Y$ ) на сенсорные свойства диоксида олова; проведен анализ долговременной стабильности сенсоров, предполагается, что дрейф изгиба энергетических зон, отклика, изменения наноструктуры пленок при длительной эксплуатации обусловлены восстановлением  $SnO_2$  атомарным водородом, образованным в результате диссоциации молекул воды; выбраны модификаторы Ag, Y, позволяющие снизить дрейф характеристик приборов; разработан метод определения концентрации  $H_2$  в газовой смеси на основе результатов измерений характеристик сенсоров в режиме термоциклирования. Результаты работы позволяют на количественном уровне установить связь электрофизической характеристики – высоты поверхностного барьера – с химическими процессами при взаимодействии с водородом и парами воды, определить роль каталитических модификаторов в этих процессах. Развиваемые в работе А. В. Алмаева методы на основе экспрессного определения величины изгиба энергетических зон на границах нанокристаллов  $SnO_2$  в зависимости от природы модификатора, и внешних условий перспективны для построения физических моделей взаимодействия твердое тело – газ. Полученные результаты могут быть использованы в организациях, занимающихся синтезом, исследованием и использованием газочувствительных материалов.

Соискатель имеет 32 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 23 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 работ (в том числе 1 статья в зарубежном научном журнале, индексируемом Scopus; 3 статьи в российском научном журнале, переводная версия которого индексируется Web of Science), в научном журнале опубликована 1 работа, в сборниках материалов международных и российских научных и научно-практических конференций, из них 2 зарубежные конференции, опубликовано 14 работ (в том числе 1 статья в сборнике материалов международной конференции, индексируемом Web of Science). Общий объем публикаций – 5,76 п.л., авторский вклад – 2,52 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Gaman V. I. Effect of humidity on characteristics of hydrogen sensors based on nanocrystalline SnO<sub>2</sub> thin films with various catalysts / V. I. Gaman, N. K. Maksimova, **A. V. Almaev**, N. V. Sergeychenko // Key Engineering Materials. – 2016. – Vol. 683. – P. 353–357. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.683.353. – 0,38 / 0,1 п.л. (*Scopus*)

2. Гаман В. И. Характеристики полупроводниковых резистивных сенсоров водорода при работе в режиме термоциклирования / В. И. Гаман, Е. Ю. Севастьянов, Н. К. Максимова, **А. В. Алмаев**, Н. В. Сергейченко // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 12. – С. 96–102. – 0,54 / 0,11 п.л.

*в переводной версии журнала:*

Gaman V. I. Characteristics of the semiconductor resistive hydrogen sensors in the thermo-cyclic operation mode / V. I. Gaman, E. Yu. Sevast'yanov, N. K. Maksimova, **A. V. Almaev**, N. V. Sergeichenko // Russian Physics Journal. – 2014. – Vol. 56, is. 12. – P. 1427–1434. – DOI: 10.1007/s11182-014-0195-9. (*Web of Science*)

3. Гаман В. И. Влияние паров воды и водорода на изгиб энергетических зон в микрокристаллах SnO<sub>2</sub> поликристаллических пленок диоксида олова / В. И. Гаман, **А. В. Алмаев**, Е. Ю. Севастьянов, Н. К. Максимова // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2015. – Т. 58, № 2. – С. 36–42. – 0,49 / 0,12 п.л.

*в переводной версии журнала:*

Gaman V. I. Influence of water vapors and hydrogen on the energy band bending in the SnO<sub>2</sub> microcrystals of polycrystalline tin dioxide films / V. I. Gaman, **A. V. Almaev**, E. Yu. Sevast'yanov, N. K. Maksimova // Russian Physics Journal. – 2015. – Vol. 58, is. 2. – P. 179–187. – DOI: 10.1007/s11182-015-0479-8. (*Web of Science*)

4. Гаман В. И. Зависимости характеристик сенсоров на основе диоксида олова от концентрации водорода и уровня влажности газовой смеси / В. И. Гаман, **А. В. Алмаев** // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2017. – Т. 60, № 1. – С. 77–85. – 0,61 / 0,31 п.л.

*в переводной версии журнала:*

Gaman V. I. Dependences of characteristics of sensors based on tin dioxide on the hydrogen concentration and humidity of gas mixture / V. I. Gaman, **A. V. Almaev** // Russian Physics Journal. – 2017. – Vol. 60, is. 1. – P. 90–100. – DOI: 10.1007/s11182-017-1046-2. (*Web of Science*)

На автореферат поступило 8 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **В. В. Кисин**, д-р техн. наук, проф., профессор кафедры материаловедения, технологии и управления качеством Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, и **И. В. Синёв**, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры материаловедения, технологии и управления качеством Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, *без замечаний*.
2. **А. А. Вилисов**, д-р техн. наук, ст. науч. сотр., профессор кафедры Радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, *без замечаний*.
3. **П. Е. Троян**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой физической электроники Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, *без замечаний*.
4. **С. А. Маскевич**, д-р физ.-мат. наук, проф., директор Международного государственного экологического института имени А. Д. Сахарова Белорусского

государственного университета, г. Минск, и **Н. А. Савастенко**, канд. физ.-мат. наук, доц., доцент кафедры общей и медицинской физики Международного государственного экологического института имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета, г. Минск, *с замечаниями*: практически отсутствует раздел об исследовании структуры пленок диоксида олова; автором не описано, каким образом обеспечивается селективность датчиков к водороду; в автореферате не отображен вывод о необходимости проведения предварительного этапа старения приборов перед их использованием. 5. **В. М. Арутюнян**, академик Национальной академии наук Республики Армения, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой полупроводников и микроэлектроники Ереванского государственного университета, и **В. М. Аракелян**, канд. физ.-мат. наук, директор Центра полупроводниковых приборов и нанотехнологий Ереванского государственного университета, *с замечаниями*: следовало привести конкретные рекомендации выбора того или иного модификатора для улучшения чувствительности, избирательности и быстродействия сенсоров. 6. **В. И. Николаев**, канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией Физики профилированных кристаллов Физико-технического института имени А. Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург, *с замечаниями*: в автореферате говорится о структурных исследованиях оксидных пленок, но результаты в явном виде не приводятся, не уточняются размеры кристаллитов; как существенный результат указывается уменьшение диаметра нанокристаллов на 20–30 % в процессе длительной эксплуатации датчиков, но далее нет информации об исследовании данного эффекта. 7. **С. Д. Шандаков**, д-р физ.-мат. наук, доц., заведующий кафедрой экспериментальной физики Кемеровского государственного университета, *с замечаниями*: в автореферате отсутствует оценка быстродействия сенсоров; не указано, насколько энергетически выгодны исследуемые режимы термоциклирования по сравнению с режимом стационарного нагрева сенсоров. 8. **В. В. Агучин**, канд. физ.-мат. наук, заведующий лабораторией оптических материалов и структур Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН, г. Новосибирск, *с замечаниями*: следует пояснить причину несоответствия декларируемого и реального объектов исследования и детально представить роль сурьмы и ее количество в пленках; в автореферате отсутствуют результаты структурных исследований полученных оксидных пленок;

соответственно, фазовый состав пленок, размеры и форма «нанокристаллов»  $\text{SnO}_2$ , а также форма вхождения металлических модификаторов совершенно неясны; *и с вопросами*: что такое «фотолитографическая гравировка»? каким методом определялась толщина пленок  $(\text{Sn},\text{Sb})\text{O}_2$ ?

В отзывах отмечается, что в последние годы большое внимание уделяется изучению физических свойств и разработке методов исследования газочувствительных полупроводниковых материалов и структур на их основе, при этом особый интерес представляют работы, направленные на улучшение понимания процессов экранирования объемом полупроводника зарядов на поверхности, связанных с адсорбцией газов как акцепторного, так и донорного действия. А. В. Алмаевым решен ряд научных задач, имеющих существенное значение для физики полупроводников – исследованы закономерности изменения проводимости полупроводниковой пленки в режиме термоциклирования, предложены механизм формирования поверхностного заряда в результате диссоциативной адсорбции молекул  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и физическая модель влияния модификаторов на этот процесс, исследован долговременный дрейф характеристик газочувствительной полупроводниковой пленки, в том числе, при термоциклировании. Полученные концептуальные теоретические представления использовались автором для интерпретации результатов электрофизических измерений характеристик приборных структур на основе пленок  $\text{SnO}_2$ , модифицированных некоторыми металлами. Определены наиболее перспективные модификаторы для снижения дрейфа характеристик сенсоров. Показана возможность управления чувствительностью датчиков к водороду и влажности путем модификации диоксида олова металлами. Полученные автором результаты являются новыми, имеют большое значение для развития физики полупроводников и разработки систем мониторинга состава атмосферы и могут быть полезны для специалистов, работающих в области создания высокоэффективных сенсоров различных газов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **М. М. Михайлов** является известным специалистом в области исследования электрических и оптических свойств металлооксидных соединений и их поверхности; **А. А. Васильев** является высококвалифицированным специалистом в области разработки газовых сенсоров на основе металлооксидных полупроводников;

в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова работают квалифицированные специалисты, известные своими достижениями в областях исследований полупроводниковых материалов для газовых сенсоров, поверхности полупроводников, методов получения металлооксидных полупроводников.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

*разработан* экспрессный метод определения изгиба энергетических зон на границах раздела нанокристаллов SnO<sub>2</sub> в поликристаллической пленке диоксида олова;

*предложены* модель диссоциативной адсорбции молекул водорода и воды во влажном чистом воздухе и в газовой смеси чистый воздух + H<sub>2</sub> на поверхность SnO<sub>2</sub> с учётом наличия трёх типов адсорбированных частиц (O<sup>-</sup>, OH, OH<sup>-</sup>); объяснения механизмов влияния металлических модификаторов на процесс диссоциативной адсорбции молекул H<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O на поверхность SnO<sub>2</sub>;

*доказано*, что уменьшение изгиба энергетических зон на границах раздела нанокристаллов SnO<sub>2</sub> в поликристаллической плёнке диоксида олова имеет место как при увеличении концентрации H<sub>2</sub>, так и при увеличении концентрации молекул H<sub>2</sub>O в газовой смеси – за счет снижения отрицательного заряда на поверхности полупроводника; основная роль частиц модификаторов (Pt/Pd, Au, Ag и Ag+Y) на поверхности SnO<sub>2</sub> заключается в задании определенных значений степеней диссоциации молекул H<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O в газовой смеси чистый воздух + H<sub>2</sub>.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

*доказано*, что за счет инерционности процесса десорбции ионов кислорода с поверхности диоксида олова возможно определение изгиба энергетических зон на границах раздела нанокристаллов SnO<sub>2</sub> в поликристаллических пленках диоксида олова при резком изменении рабочей температуры сенсоров;

*применительно к проблематике диссертации результативно использованы* режим термоциклирования для определения ключевых свойств газочувствительных тонких пленок диоксида олова; модификация тонких пленок диоксида олова металлическими добавками для управления их чувствительностью к водороду и влажности, а также для снижения дрейфа характеристик приборов;

*раскрыты* причины дрейфа характеристик сенсоров водорода при долговременных испытаниях;

*изучены* временные зависимости проводимости сенсоров на основе тонких пленок SnO<sub>2</sub> с разными модификаторами в режиме термоциклирования; зависимости изгиба энергетических зон от влажности, концентрации водорода и рабочей температуры сенсоров в широком интервале изменения этих величин; изменения характеристик сенсоров при долговременных испытаниях.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

*разработаны* метод определения низких концентраций водорода в воздухе при помощи сенсора, работающего в режиме термоциклирования, с учетом влияния неконтролируемых изменений влажности газовой смеси и дрейфа характеристик приборов при длительной эксплуатации; способ снижения дрейфа характеристик сенсоров водорода на основе тонких пленок диоксида олова;

указанные методы *внедрены* в процесс исследования свойств новых материалов для сенсоров газов в лаборатории физики полупроводниковых приборов Сибирского физико-технического института имени академика В. Д. Кузнецова Национального исследовательского Томского государственного университета;

*представлены* рекомендации по выбору модификаторов для снижения влияния дрейфа при долговременных испытаниях и неконтролируемых изменений влажности газовой смеси на характеристики сенсоров водорода на основе тонких пленок диоксида олова; рекомендации по оптимизации работы сенсоров в режиме термоциклирования.

**Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования.** Результаты работы могут быть использованы в Национальном исследовательском Томском государственном университете, Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова, Институте прикладной химической физики Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (г. Москва), Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ» (г. Москва), Институте проблем химической физики РАН (г. Черноголовка),

Институте общей и неорганической химии имени Н. С. Курнакова РАН (г. Москва), и промышленных организациях, занимающихся синтезом газочувствительных материалов.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

*экспериментальные результаты* получены на высокоточной автоматизированной установке Сибирского физико-технического института имени академика В. Д. Кузнецова Национального исследовательского Томского государственного университета; *показана* воспроизводимость результатов исследования на множестве образцов при различных условиях;

*идея базируется* на использовании общепризнанных теории адсорбции Ленгмюра и теории электронных процессов на поверхности полупроводников при хемосорбции частиц газов, разработанной Волькенштейном;

*использовано* сопоставление результатов работы с полученными ранее результатами других авторов по рассматриваемой тематике;

*установлены* качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках.

**Научная новизна работы** заключается в том, что в диссертационном исследовании разработан экспрессный метод определения величины изгиба энергетических зон на границах раздела нанокристаллов  $\text{SnO}_2$  в поликристаллической пленке диоксида олова; предложена модель диссоциативной адсорбции молекул  $\text{H}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  во влажном чистом воздухе и в газовой смеси чистый воздух +  $\text{H}_2$  на поверхность  $\text{SnO}_2$  с учётом наличия трёх типов адсорбированных частиц ( $\text{O}^-$ ,  $\text{OH}$ ,  $\text{OH}^-$ ) и решено соответствующее кинетическое уравнение; для сенсоров с разными модификаторами экспериментально установлены зависимости изгиба энергетических зон и проводимости от влажности и рабочей температуры в режиме термоциклирования; дополнительно для откликов сенсоров получены зависимости от концентрации водорода; дана трактовка полученных результатов на основе предложенной модели диссоциативной адсорбции молекул  $\text{H}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ; установлен механизм влияния модификаторов ( $\text{Pt}+\text{Pd}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Ag}+\text{Y}$ ) на характеристики сенсоров; показано, что каждому модификатору соответствует свое значение

степени диссоциации молекул  $H_2$  и  $H_2O$  на поверхности его частиц; выявлены закономерности долговременного дрейфа характеристик сенсоров  $H_2$  на основе тонких плёнок  $SnO_2$  с различными металлическими модификаторами; определены процессы, обуславливающие дрейф характеристик приборов.

**Личный вклад соискателя состоит в:** непосредственном участии в постановке цели и задач исследования, анализе и обсуждении результатов, формулировке научных положений, выносимых на защиту, выработке рекомендаций по результатам диссертационной работы. Проведение экспериментальных исследований, обработка полученных результатов осуществлялись лично автором.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, в соответствии с пунктом 9 Положения, является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные модели функционирования резистивных сенсоров водорода на основе тонких пленок диоксида олова, модифицированных добавками металлов, во влажной среде, при длительной эксплуатации и при работе в режиме термоциклирования, имеющие существенное значение для развития систем мониторинга атмосферы помещений рабочей и жилой зон на предмет наличия взрывоопасных и токсичных газов.

На заседании 22.03.2018 диссертационный совет принял решение присудить **Алмаеву А. В.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

Учёный секретарь

диссертационного совета

22.03.2018



Багров Владислав Гаврилович

Киреева Ирина Васильевна