

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 07 февраля 2019 г., протокол № 1

О присуждении Чесницкому Антону Васильевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование магнитооптических и трехосевых холловских датчиков» по **специальностям** 01.04.10 – «Физика полупроводников» и 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах» принята к защите 05 декабря 2018 г., протокол № 2, диссертационным советом Д 212.173.03 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, создан на основании приказа № 766/нк от 05.11.2013 г.

Соискатель Чесницкий Антон Васильевич 1990 года рождения, в 2012 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», выдан дипломом с отличием, квалификация инженер по специальности «Нанотехнология в электронике». В 2016 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук. В настоящее время работает инженером в Федеральном

государственном бюджетном учреждении науки Институте физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории физики и технологии трехмерных наноструктур в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Принц Виктор Яковлевич заведующий лабораторией физики и технологии трёхмерных наноструктур Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

- 1) Айзенштат Геннадий Исаакович, доктор технических наук, начальник лаборатории Акционерного общества Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов «НИИПП»;
- 2) Прудаев Илья Анатольевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и электротехники Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН), г. Новосибирск, в своем положительном отзыве, подписанном Косцовым Эдуардом Геннадьевичем, доктором физико-математических наук, заведующим лабораторией тонкопленочных сегнетоэлектрических структур ИАиЭ СО РАН, Шалагиным Анатолием Михайловичем, доктором физико-математических наук, профессором, академиком РАН, и утвержденном Бабиным Сергеем Алексеевичем, доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН, директором ИАиЭ СО РАН, указала, что диссертация

А. В. Чесницкого «Разработка и исследование магнитооптических и трехосевых холловских датчиков» является завершенной самостоятельной научно-квалификационной работой, выполненной на достаточно высоком уровне. Диссертация полностью соответствует паспорту специальности 01.04.10 «Физика полупроводников» (пункты 17, 18 из паспорта специальности) и 05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах» (пункт 2 из паспорта специальности). Автором самостоятельно проведена трудоемкая и обширная работа, затрагивающая несколько областей знаний, среди которых квантовая механика, теория упругости, наноплазмоника, технология формирования наноструктур, сенсорика. Представленные в работе результаты исследований достоверны, рекомендации по их применению и выводы обоснованы, публикации достаточно полно отражают основные положения и содержание работы. Результаты работы внедрены и в достаточной степени апробированы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Диссертация соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор А.В. Чесницкий, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальностям 01.04.10 «Физика полупроводников» и 05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, из них по теме диссертации 3 работы в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендуемых ВАК РФ, 1 патент на изобретение, 7 работ в материалах научно-технических конференций.

Наиболее значимые работы:

1. Датчик магнитного поля и способ его изготовления: пат. 2513655 С1 Рос. Федерация / Воробьев А.Б., Чесницкий А.В., Принц В.Я.; патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН) – №2012138090/28, заявл. 12.11.2012, опублик. 20.04.2014, Бюл. №11;

2. Vorob'ev, A. B. Three-axis Hall transducer based on semiconductor microtubes / A. B. Vorob'ev, A. V. Chesnitskiy, A. I. Toropov, V. Y. Prinz // Applied Physics Letters. – 2013. – Vol. 103. – №. 17. – P. 173513.
3. Чесницкий, А. В. Порог чувствительности изогнутых холловских мостиков InGaAs/AlGaAs/GaAs / А. В. Чесницкий, Е. А. Михантьев // Микроэлектроника. – 2016. – Т. 45. – №. 2. – С. 112–118.
4. Chesnitskiy, A. V. Transverse Magneto-Optical Kerr Effect in Strongly Coupled Plasmon Gratings / A. V. Chesnitskiy, A. E. Gayduk, V. Y. Prinz // Plasmonics. – 2018. – Т. 13. – №. 3. – P. 885-889.
5. Vorob'ev, A. B. Three-axis Hall sensor based on strained modulation doped semiconductor shells / A.B. Vorob'ev, A.V. Chesnitskiy, E.V. Ilyushina, A. I. Toropov, V.Ya Prinz . // 19 Int. Symp. "Nanostructures: physics and technology", Russia, Ekaterinburg, 20–25 June, 2011. – P. 150–151.
6. Воробьёв, А. Б. Трёхосевой датчик Холла на основе полупроводниковых оболочек / А. Б. Воробьёв, А. В. Чесницкий, Е. В. Илюшина, А. И. Торопов, В. Я. Принц // X Российская конференция по физике полупроводников «Полупроводники-2011», тезисы конференции, г. Россия, Нижний Новгород, 19-23 сентября, 2011. – С. 223.
7. Chesnitskiy A. V. Transverse magneto-optical Kerr effect in strongly coupled plasmon gratings / A.V. Chesnitskiy, A.E. Gayduk, V.Ya Prinz // 24 Int. Symp. "Nanostructures: physics and technology", Russia, Saint Petersburg, 26 June -1 July, 2016. – P. 125.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все положительные):

1. Наумовой Ларисы Ивановны, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории электрических явлений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН. Замечаний нет.
2. Козловой Марии Владимировны, кандидата физико-математических наук, научного сотрудника кафедры полупроводников Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Замечаний нет.

3. Телегина Андрея Владимирович, кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника, заместителя заведующего лабораторией квантовой наноспинтроники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН.

Замечания. Не ясно использование абсолютной разности δ для расчета эффекта Керра (стр.14) без учета отражения без поля. Тогда как для практического применения всегда имеет смысл относительная величина изменения, в том числе для соотношения сигнал/шум. В связи с этим не ясно утверждение автора о практической значимости высокого коэф. отражения в структуре (стр.16), тогда как автор получает усиление эффекта Керра в области минимума отражения. Какая необходимость была в использовании массивной Ag подложки, если известны зеркальные покрытия для видимой и ИК-области спектра из тонких слоев Ag, Au, Al и т.д.? Для оценки перспективности гибридной структуры Vi:YIG/Ag в качестве датчиков магнитного поля, необходимо четко указать диапазон рабочих магнитных полей и чем он определяется. В автореферате встречаются опечатки, фактические и синтаксические ошибки. Например, на Рис. 7 нет вставки, как это указано в подписи к рисунку. В начале стр. 16 словосочетание «за счет» используется дважды в одном предложении и т.д.

4. Куликова Дмитрия Васильевича, кандидата технических наук, ученого секретаря НТС, начальника отделения Акционерного общества «Научно-исследовательский институт микроэлектронной аппаратуры «Прогресс».

Замечания. В автореферате в недостаточном объеме представлено сравнение различных видов датчиков. Не приведены результаты исследования внешних воздействующих факторов критичных для областей применения. Следует проиллюстрировать полученные данные в виде таблиц или графиков.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью в области исследования полупроводниковых приборов и создания различных сенсорных систем на их

основе, близостью решаемых ими научных и прикладных задач к тематике диссертационной работы и способностью оценить научную и практическую ценность диссертации.

Доктор технических наук, начальник лаборатории акционерного общества Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов «НИИПП» Айзенштат Геннадий Исаакович и кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории функциональной электроники Национального исследовательского Томского государственного университета Прудаев Илья Анатольевич известны своими работами по разработке и исследованию полупроводниковых приборов и датчиков на основе гетероструктур типа A_3B_5 , имеют большое количество публикаций по тематике, близкой к тематике диссертационной работы Чесницкого А.В., могут оценить актуальность выбранной темы, обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизну (перечень последних публикаций см. на сайте https://www.nstu.ru/files/dissertations/bez_pechati_svedeniya_publicacii_aiyzenstat_154841552654.pdf и https://www.nstu.ru/files/dissertations/bez_pechati_svedeniya_publicacii_prudaev_154841484345.pdf).

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН) является одним из ведущих научно-исследовательских институтов физико-технического профиля в России. Направления исследований ИАиЭ СО РАН включают прикладные разработки и фундаментальные основы в области физики твёрдого тела, микроэлектроники и оптики. Коллектив лаборатории тонкопленочных сегнетоэлектрических структур ИАиЭ СО РАН, возглавляемый доктором физико-математических наук Косцовым Эдуардом Геннадьевичем, хорошо известен в научном сообществе своими научными и практическими результатами в области физико-технологической разработки новых элементов микроэлектроники и микроэлектромеханики (перечень последних публикаций см. на сайте https://www.nstu.ru/files/dissertations/bez_pechati_svedeniya_publicacii_iaie_154867115462.pdf).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны миниатюрные трехосевые высокочувствительные холловские датчики на основе полупроводниковых микротрубок, содержащих двумерный электронный газ. На основе напряженных многослойных структур GaAs/AlGaAs/GaAs/AlGaAs/GaAs/InGaAs с GaAs квантовой ямой были оптимизированы и созданы микротрубчатые датчики с диаметром 20 мкм;

показана возможность одновременного и локального измерения трех взаимно ортогональных компонент вектора магнитного поля трубчатым трехосевым холловским датчиком с оригинальной топологией;

реализован эффективный способ защиты тонкопленочных трубок-оболочек (с толщиной стенок <130 нм), содержащих изогнутые холловские мостики, от внешних воздействий среды, путем запечатывания их в полимерную матрицу;

предложена конструкция плазмонноусиленного магнитооптического датчика на основе многослойной металл-диэлектрической трехмерной наноструктуры, содержащей серебряные наночастицы встроенные в ферромагнитный диэлектрик Bi:YIG, и методом численного моделирования установлена чувствительность датчика к магнитному полю.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

с помощью численного моделирования оптимизирована конструкция плазмонноусиленного магнитооптического датчика на основе ферромагнитного диэлектрика Bi:YIG в геометрии экваториального эффекта Керра;

с помощью численного моделирования оптимизирована многослойная структура тонкопленочного трехосевого холловского датчика, а именно структура GaAs/AlGaAs/GaAs/AlGaAs/GaAs/InGaAs с GaAs квантовой ямой. Оптимизация обеспечила экранировку слоёв обеднения и необходимую концентрацию двумерного электронного газа и его подвижность.

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

создан прототип трубчатого трехосевого холловского датчика на основе выращенной методом молекулярно-лучевой эпитаксии наногетероструктуры, содержащей двумерный электронный газ в квантовой яме GaAs;

исследованы магнитополевые, угловые и шумовые характеристик изготовленных трехосевых холловских датчиков и проанализирована возможность применения изготовленных структур для измерения слабых магнитных полей;

установлено, что тонкопленочные трубчатые трехосевые холловские датчики, помещенные в матрицу полидиметилсилоксана (ПДМС), являются устойчивыми к внешним воздействиям среды;

разработаны и внедрены трубчатые трёхосевые микродатчики магнитного поля на основе напряженной полупроводниковой модулировано-легированной гетероструктуры с квантовой ямой, содержащей двумерный электронный газ в качестве чувствительного элемента датчика;

определены перспективы практического применения трубчатых трехосевых холловских микродатчиков в качестве локальных бесконтактных датчиков для определения линейных и угловых перемещений, а также для определения распределения магнитного поля в пространстве, в навигации и системах обнаружения оружия;

результаты работы **использованы** ООО «ЛТМ-Прокат» (г. Новосибирск), что подтверждается актом внедрения. Разработанные трубчатые трехосевые холловские микродатчики были использованы в качестве датчиков положения металлических фермовых конструкций;

полученные результаты **внедрены** в образовательный процесс лекционного курса «Элементы и приборы наноэлектроники» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», что так же подтверждается актом внедрения;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ:

результаты получены с применением стандартного поверенного измерительного оборудования, характеризуются высокой воспроизводимостью; **свойства трубок** и двумерного электронного газа согласуются с теоретическими представлениями теории упругости и квантовой механики;

идея базируется на обобщении передового опыта отечественных и зарубежных исследований в области создания датчиков магнитного поля;

в экспериментальных исследованиях использована современная измерительная аппаратура и современные методы анализа с применением стандартных методик. Данные измерений и исследований многократно воспроизводились и анализировались.

Личный вклад соискателя состоит в разработке конструкций и создании лабораторных образцов датчиков, проведении математического моделирования, в подготовке и проведении экспериментов, выполнении обработки, анализа получаемых результатов, формулировании выводов и положений, выносимых на защиту, в подготовке совместно с соавторами публикаций по выполненной работе.

На заседании 07 февраля 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Чесницкому А.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 9 докторов наук по специальности 01.04.10 и 7 докторов наук по специальности 05.27.01, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: за – 14, против – 2, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета

ин Виктор Алексеевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Остертак Дмитрий Иванович

07 февраля 2019 г.