

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.03
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22 декабря 2015 г. протокол № 1

О присуждении Паращенко Максиму Александровичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Сенсорные и транспортные устройства на основе кремниевых микроканальных мембран для аналитических микрофлюидных систем» **по специальности** 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах принята к защите 19 октября 2015 г., протокол № 2 диссертационным советом Д 212.173.03 на базе Новосибирского государственного технического университета, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, д. 20, создан на основании приказа № 766/нк от 05.11.2013 г.

Соискатель Паращенко Максим Александрович 1987 года рождения в 2010 году окончил магистратуру Новосибирского государственного технического университета по направлению «Электроника и микроэлектроника». В 2013 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук. Работает на должности младшего научного сотрудника в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН).

Диссертация выполнена в лаборатории неравновесных полупроводниковых систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН).

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент, Романов Сергей Иванович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория неравновесных полупроводниковых систем, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

1. Анискин Владимир Михайлович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук (ИТПМ СО РАН), лаборатория № 13, старший научный сотрудник;

2. Сачков Виктор Иванович, доктор химических наук, доцент, Сибирский физико-технический институт имени академика В.Д. Кузнецова Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (СФТИ ТГУ), Инновационно-технологический центр, заведующий лабораторией

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук (ИПТМ РАН), г. Черноголовка, **в своем положительном заключении**, подписанном Редькиным Аркадием Николаевичем, доктором физико-математических наук, ученым секретарем ИПТМ РАН и Рошупкиным Дмитрием Валентиновичем, доктором физико-математических наук, заведующим лабораторией рентгеновской акустооптики ИПТМ РАН, указала, что диссертация

М.А. Паращенко «...является завершенным самостоятельным научным квалификационным исследованием, содержащим решение важной научно-практической задачи по разработке физических и технологических основ создания различных сенсорных элементов и систем на основе кремниевых микроканальных мембран.

Представленная работа соответствует специальности 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах предъявляемым «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а соискатель Паращенко Максим Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, из них по теме диссертации **5** работ в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендуемых ВАК РФ, **1** патент на изобретение, **14** работ в материалах научно-технических конференций.

Наиболее значимые работы:

1. Пат. 2516612 Российская Федерация. Канальная матрица и способ ее изготовления / С. И. Романов, Н. С. Филиппов, М. А. Паращенко ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН). – № 2012146733/28 ; заявл. 01.11.2012 ; опубл. 20.05.2014, Бюл. № 14. – 18 с. [Описана феноменологическая модель получения кремниевых микроканальных мембран анодным электрохимическим травлением р-Si (100)].

2. Паращенко М. А., Филиппов Н. С., Кириенко В. В., Романов С. И. Электроосмотический насос на основе асимметричных кремниевых микроканальных мембран // Автометрия. – 2014. – Т. 50, №3. – С. 121–129.

[Обнаружен эффект влияния асимметрии микроканальных мембран на электроосмотические потоки. На основе данного эффекта создан электроосмотический насос с линейной характеристикой расхода жидкости, определен КПД созданного устройства.]

3. Паращенко М. А., Филиппов Н. С., Кириенко В. В., Романов С. И. Электрокинетический сенсор потока жидкости // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Физика. – 2014. – Т. 9, вып. 4. – С. 89–96. [Разработан электрокинетический сенсор потока жидкости на основе окисленной кремниевой микроканальной мембраны. Показано, что созданный сенсор обладал линейной передаточной характеристикой для различного расхода и температуры воды, определена чувствительность сенсора для комнатной температуры при потенциалометрическом и амперометрическом режимах измерений.]

4. Паращенко М. А., Филиппов Н. С., Кириенко В. В. Микрофлюидный электрогенератор на основе кремниевой микроканальной мембраны // Автометрия. – 2015. – Т. 51, №1. – С. 115–125. [Разработан электрогенератор на основе кремниевой микроканальной мембраны. В экспериментах с использованием деионизованной воды определены напряжение и ток, создаваемые генератором, а также мощность, выделяемая на нагрузочном сопротивлении в зависимости от его величины при прохождении жидкости через мембрану. Произведена оценка эффективности работы созданного устройства.]

5. Паращенко М. А., Вандышева Н. В., Кириенко В. В., Филиппов Н. С., Романов С. И. Сенсор на основе кремниевого микроканального резистора // Микроэлектроника. – 2013. – Т. 42, № 1. – С. 23–33. [Разработан электрофизический сенсор, предназначенный для детектирования жидкостей посредством измерения высокочастотной проводимости контактирующей с ними кремниевой микроканальной мембраны. Проведена характеристика сенсора тестированием различных органических и неорганических жидкостей, продемонстрировано, что реакция сенсора может быть описана девятью

характеристическими параметрами, по которым устанавливался тип жидкости и ее компонентный состав].

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

1. Косарева Дарья Леонидовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Замечания. Из текста автореферата неясно преимущество предлагаемой идеи работы микронасоса на переменном напряжении перед насосами, работающими на постоянном напряжении, сама конструкция которых позволяет избегать нежелательного электролиза водных растворов на электродах устройства. В главе, посвященной созданию электрокинетического сенсора потока жидкости, не рассматривается расположение асимметричной кремниевой мембраны относительно потока жидкости и влияние геометрического фактора асимметрии на величину выходного сигнала сенсора.

2. Васильев Владислав Юрьевич, доктор химических наук, профессор кафедры полупроводниковых приборов и микроэлектроники ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет».

Замечания. На стр. 10 выражение «... шероховатость внутренних стенок микроканалов почти полностью отсутствовала, что отчетливо видно на Рисунке 10...» отсылает к рисунку, масштаб которого, ну никак не позволяет разглядеть/оценить реальную шероховатость стенок (хотя это и не настолько принципиальный фактор, как я полагаю). На той же и последующей странице как-то пространно написано про «структурную асимметрию микроканалов», выразив ее через «коэффициент прозрачности (отношение площади, не заполненной материалом, к общей площади поверхности). Следует ли понимать, что в рамках разработанной технологии микроканалы просто расширяются в направлении травления и, если так, почему бы просто не показать профиль канала в сечении с расширением? При этом интересным было бы понять – есть ли какое влияние толщины исходной пластины или других ее

характеристик на профиль микроканала. И в продолжение предыдущего замечания: не понятно – приведенное на стр. 12 аналитическое описание сечения микроканалов относится к фронтальной или тыльной поверхности образца, и как учитывается изменение каналов в сечении по глубине?

3. Пышный Дмитрий Владимирович, доктор химических наук, заместитель директора по научной работе ФГБУН Институт химической биологии и фундаментальной медицины Сибирского отделения Российской академии наук (ИХБФМ СО РАН), заведующий лабораторией бионанотехнологии.

Замечания. В описании выносимых на защиту положений (положение 2, стр. 7) отмечено, «...приводит к образованию на границе раздела «двуокись кремния – жидкость» двойного электрического слоя с дзета-потенциалом, равным минус 0,46 В». В то же время, на стр. 14, касательно данного параметра, указано другое значение «...при дзета-потенциале системы, равном минус 46,3 мВ.». По-видимому, на стр. 7 имеет место опечатка. На стр. 13 при описании буферного раствора на основе тетрабората натрия следовало указать значение рН, характеризующего данный раствор водородного показателя (показателя кислотности). Учитывая значимость эффектов, наблюдаемых при переходе от деионизованной воды к буферному раствору, представляется важным знать кислотность водной фазы в экспериментах описанных на стр. 14–15. В автореферате не отмечено, каким образом удалось избежать потенциальных возмущений измерительной ячейки при использовании достаточно высоких напряжений (300 В, например, рис. 5 на стр. 15), вызывающих значительное газовыделение в системе из-за электролиза водной фазы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью в области изучения пористого кремния, создания различных сенсорных систем, изучением течения жидкости и газов в каналах микронного и субмикронного диаметра и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Доктор физико–математических наук Анискин В.М. старший научный сотрудник лаборатории № 13 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича и доктор химических наук, доцент Сачков В.И., заведующий Инновационно-технологического центра Сибирского физико-технического института имени академика В.Д. Кузнецова Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» являются компетентными в области изучения течений жидкостей в микроканалах и химических реакциях на границах твердых и жидких сред, имеющими соответствующие публикации в высокорейтинговых журналах (см. http://www.nstu.ru/science/dissertation_sov/dissertations/view?id=15381).

Коллектив лаборатории рентгеновской акустооптики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук, возглавляемой доктором физико-математических наук Рошупкиным Дмитрием Валентиновичем так же хорошо известен в научном сообществе своими научными и практическими результатами в области изучения пористого кремния и создания сенсорных систем на его основе (перечень последних публикаций см. на сайте http://www.nstu.ru/files/dissertations/svedeniya_144983148378.pdf).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан электроосмотический микроканальный насос с линейной характеристикой расхода жидкости, электрокинетический сенсор потока жидкости с линейной передаточной характеристикой для различного расхода и температуры воды, микроканальный электрофизический сенсор для детектирования и определения концентрационного состава жидкостей;

развит электрохимический метод изготовления кремниевых микроканальных мембран, отвечающих поставленным задачам исследования.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изучены электроосмотические потоки различных жидкостей в зависимости от структурных параметров кремниевых микроканальных мембран, напряженности электрического поля; потенциал течения в зависимости от концентрации электролита и температуры водных растворов при их транспорте через кремниевую микроканальную мембрану; высокочастотная проводимость кремниевой микроканальной мембраны при взаимодействии мембраны с различными органическими и неорганическими жидкостями;

раскрыты особенности генерации электрической энергии при принудительном транспорте жидкости через кремниевую микроканальную мембрану;

изложена идея использования переменного напряжения для работы созданного электроосмотического насоса, что позволит избежать нежелательного электролиза водных растворов на электродах устройства.

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

представлена концепция аналитических микрофлюидных систем, составляемых из унифицированных модулей на основе кремниевых микроканальных мембран, включающих в себя эффективные электроосмотические насосы, электрокинетические и для решения различных биоаналитических задач в биологии и медицине;

установлены численные параметры, используемые в феноменологической модели получения кремниевых микроканальных мембран анодным электрохимическим травлением p-Si (100);

результаты работы **использованы** в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт химической биологии и фундаментальной медицины Сибирского отделения Российской академии наук (ИХБФМ СО РАН) при выполнении междисциплинарного интеграционного проекта фундаментальных исследований СО РАН № 86 «Биоаналитические

платформы на основе электрофизических и электрокинетических сенсорных устройств»;

полученные результаты **внедрены** в образовательный процесс в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет» (учебный процесс на факультете радиотехники и электроники).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ: результаты получены с применением стандартного поверенного измерительного оборудования, характеризуются высокой воспроизводимостью и согласуются с результатами испытаний близких по тематике исследования;

идея базируется на обобщении передового опыта отечественных и зарубежных исследования в области создания кремниевых микроканальных структур и приборов на их основе;

использованы сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

установлено качественное и количественное совпадения авторских результатов исследования величины дзета–потенциала границы раздела «деионизованная вода – оксид кремния», с результатами, представленными в независимых литературных источниках по данной тематике;

использованы современные методы анализа с применением стандартных методик, уделено большое внимание контролю геометрических размеров микрообъектов, оценке и анализу погрешностей.

Личный вклад соискателя состоит в проведении комплекса исследований, обосновывающих основные положения, выносимые на защиту.


Определение цели работы, постановка задач и выбор методов исследований осуществлены автором совместно с научным руководителем кандидатом физико–математических наук, доцентом С.И. Романовым. Соискатель принимал непосредственное участие в изготовлении

экспериментальных образцов, создавал экспериментальные установки, проводил эксперименты, автоматизировал процессы измерения. Соискатель выполнял обработку, анализ и обобщение получаемых результатов, а также подготовку графических материалов и написание статей по результатам исследований, докладывал результаты на научных конференциях. В работах, опубликованных в соавторстве, соискатель внес определяющий вклад в создание и характеризацию исследуемых устройств.

На заседании 22 декабря 2015 года диссертационный совет принял решение присудить Паращенко М.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 10 докторов наук по специальности 05.27.01, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного сов



Гридчин Виктор Алексеевич

Ученый секретарь
диссертационного совета



Остертак Дмитрий Иванович

22 декабря 2015 г.