

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.243.01 НА БАЗЕ
ФГБОУ ВПО «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»
МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 17 сентября 2015 г. № 49

О присуждении Янкину Сергею Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Взаимодействие поверхностных акустических волн с неоднородностями, сравнимыми с длиной волны» по специальности 01.04.03 – Радиофизика принята к защите 21.05.2015, протокол № 43, диссертационным советом Д 212.243.01 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Саратовский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского» Министерства образования и науки РФ, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, совет утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 15.02.2013, № 75-нк.

Соискатель Янкин Сергей Сергеевич, 1989 года рождения, в 2011 году окончил ФГБОУ «Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»; в 2015 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре на кафедре физики твердого тела ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», работает инженером в НТЦ «Микро- и наноэлектроника» ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Министерство образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре физики твердого тела ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Министерство образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, Сучков Сергей Германович, ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского», НТЦ «Микро- и наноэлектроника», руководитель.

Официальные оппоненты:

1. Анисимкин Владимир Иванович, доктор физико-математических наук, ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН, главный научный сотрудник ;
2. Никишин Евгений Леонардович, кандидат физико-математических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.», кафедра «Общая физика», доцент,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Открытое акционерное общество «Авангард» (г. Санкт-Петербург) в своем положительном заключении, подписанном Лукьяновым Валерием Дмитриевичем, доктором физ.-мат. наук, профессором, начальником учебного центра. Калининым Владимиром Анатольевичем, кандидатом тех. наук, начальником отдела, Ивановым Николаем Николаевичем, ученым секретарем НТС, указала, что диссертационная работа Янкина С.С. вносит весомый вклад в раздел радиофизики «Акустоэлектроника СВЧ», соответствует паспорту специальности 01.04.03 – Радиофизика, отвечает требованиям пп. 9-14 действующего «Положения о присуждении учёных степеней» (утверждено Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, а её автор С.С. Янкин заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 16 работ; опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 5 работ, опубликованных в трудах российских и международных конференций – 5 работ, в тезисах докладов конференций – 4 работы, патентов Российской Федерации – 2. В диссертации представлены результаты, полученные лично автором.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Рассеяние поверхностных акустических волн на системе топографических неоднородностей, сравнимых с длиной волны / С.Г. Сучков, С.С. Янкин, С.А. Никитов, Ю.А. Шатрова// Радиотехника и электроника. - 2014. - Т. 59, № 4. - С. 405.

(Методом конечных элементов исследованы эффекты отражения радиоимпульсов поверхностных акустических волн от различных поверхностных неоднородностей с целью определения топологических параметров, минимизирующих потери энергии ПАВ, связанные с излучением объемных мод в подложку. Получены зависимости энергетических коэффициентов отражения и поглощения радиоимпульсов).

(Теоретически показано образование запрещенных зон для поверхностных акустических волн высоких частот в фононном кристалле на основе пленочных структур никель-оксид никеля и произведена оценка изменения акустических свойств структуры при приложении постоянного магнитного поля).

2. Finite element analysis and experimental study of surface acoustic wave propagation through two-dimensional pillar-based surface phononic crystal / S. Yankin, A. Talbi, Y. Du, J.-C. Gerbedoen, V. Preobrazhensky, P. Pernod, O. Bou Matar // *Journal of Applied Physics*. 2014. Vol. 115. P. 244508.

(Методом конечных элементов проведен анализ распространения поверхностной акустической волны в фононном кристалле в виде периодической решетки цилиндрических никелевых столбиков, расположенных на пьезоэлектрической подложке $Y+128^\circ$ -среза $LiNbO_3$).

3. Радиочастотная идентификационная метка на поверхностных акустических волнах в диапазоне 6 ГГц / Ю.В. Гуляев, С.Г. Сучков, С.С. Янкин, Д.С. Сучков, С.А. Никитов, В.П. Плесский // *Радиотехника и электроника*. 2015. Т. 60, № 4. С. 429.

(Теоретически и экспериментально исследована радиочастотная идентификационная метка на поверхностных акустических волнах в диапазоне частот 6 ГГц. Показано, что измеренный и расчетный временные отклики РИМ на импульс опроса находятся в хорошем соответствии, уровень потерь кодовых импульсов составил 50...55 дБ).

На автореферат диссертации поступило 5 положительных отзывов: из Волгоградского государственного университета от д.ф.-м.н. Запороцковой Ирины Владимировны; из ООО НПП «Ника-СВЧ» от д.т.н., лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, Мещанова Валерия Петровича; из научно-производственной фирмы "Этна" от д.ф.-м.н. Явчуновского Виктора Яковлевича; из Саратовского филиала Института радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова РАН от д.ф.-м.н. Зайцева Бориса Давыдовича; из ЗАО НПЦ «Алмаз-Фазотрон» от к.т.н., Лауреата Государственной премии Посадского Виктора Николаевича.

Замечания в отзывах связаны с недостаточно подробным описанием деталей расчетов, моделирования и полученных результатов по характеристикам радиочастотной идентификационной метки в диапазоне 6 ГГц.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близостью проводимых ими исследований тематике диссертации, их высокой квалификацией, позволяющей оценить научную и практическую значимость диссертационной работы, широкой известностью и общепризнанными достижениями в научном сообществе учёных по радиофизике.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана на основе метода конечных элементов методика моделирования акустических полей рассеяния поверхностных акустических волн и потоков акустической энергии в кристаллической подложке и методика расчета коэффициентов отражения, прохождения и рассеяния энергии поверхностных акустических волн поверхностными неоднородностями различного типа, сравнимыми по размерам с длиной волны;

предложены конструкции электродов встречно-штыревых преобразователей и отражательных структур с увеличенными геометрическими размерами, для которых при сохранении характеристик преобразования и отражательных свойств снижаются омические потери и упрощается технологии изготовления;

доказана на основе сравнения расчетных и экспериментальных результатов для импульсного кодового сигнала радиочастотной идентификационной метки на поверхностных акустических волнах в диапазоне 6 ГГц необходимость учета собственных акустических колебаний в металлических отражателях поверхностных акустических волн, а также отличия упругих параметров и плотности пленочных образцов от таких же параметров объёмных образцов;

введены оригинальные методики анализа процессов рассеяния поверхностных акустических волн на неоднородностях, размеры которых сравнимы с длиной волны, основанные на рассмотрении многомодового характера собственных акустических колебаний в металлических электродах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения о квазипериодической зависимости коэффициентов отражения и прохождения поверхностных акустических волн от высоты поверхностных неоднородностей, что вносит вклад в представления о сложном характере полей рассеяния поверхностных акустических волн на топографических неоднородностях поверхности кристалла, геометрические размеры которых сравнимы с длиной волны;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован современный метод конечных элементов, примененный для расчета акустических и электрических характеристик акустоэлектронных устройств СВЧ диапазона;

приведены доказательства того, что в отражательных системах для поверхностных акустических волн в виде топографических неоднородностей с размерами, сравнимыми с длиной волны, сформированных на поверхности пьезокри-

сталла в виде выступов из металла или самого кристалла, коэффициенты отражения и рассеяния зависят от высоты неоднородностей квазипериодически, а неоднородности в виде канавок с относительной глубиной более 17% эффективно рассеивают энергию поверхностных акустических волн в объем кристаллической подложки (более 60%), а коэффициент отражения только уменьшается;

раскрыты закономерности образования запрещенной зоны в спектре ПАВ для одномерной поверхностной структуры фононного кристалла в виде оксидных линий на пленках никеля, открывающие возможность смещения центральной частоты запрещенной зоны, образуемой в рассматриваемом фононном кристалле, при приложении постоянного магнитного поля;

изучены связи особенностей рассеяния поверхностных акустических волн на отражающих элементах, размеры которых сравнимы с длиной волны, с многомодовым характером собственных акустических колебаний этих элементов;

проведена модернизация моделей для расчета методом конечных элементов нестационарных процессов возбуждения, распространения и отражения импульсов поверхностных акустических волн в пьезокристалле путем введения областей с искусственным затуханием для устранения паразитных отражений волны от краёв кристаллического образца и рассеянных объёмных волн от нижней стороны кристаллической подложки, что на практике реализуется с помощью специальных поглотителей.

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

разработаны и внедрены в научно-исследовательские работы Научно-технологического центра «Микро- и наноэлектроника» Саратовского государственного университета им. Н.Г.Чернышевского, проводимые по Федеральным целевым программам, методы расчета и проектирования радиочастотных идентификационных меток в диапазонах частот 2400-2483 МГц и 5650-6425 МГц;

определены перспективы практического использования электродов и отражателей, сравнимых по размерам с длиной волны, из металлов с большой плотностью, в частности, предложена двусторонняя конструкция радиочастотной идентификационной метки на поверхностных акустических волнах с молибденовыми $\lambda/8$ электродами.

создана трёхмерная математическая модель распространения поверхностной акустической волны в фононном кристалле (ФК), позволяющая получать качественные и количественные характеристики полос непропускания, возникающих при взаимодействии поверхностных акустических волн с двумерными фононными

ми кристаллами, представляющими собой периодическую решетку цилиндрических никелевых столбиков, расположенных на пьезоэлектрической подложке, и позволяющая также исследовать зависимость указанных характеристик от магнитного поля;

представлены рекомендации для конструирования акустоэлектронных устройств на поверхностных акустических волнах в СВЧ диапазоне, касающиеся учёта параметров (плотность, модули упругости) и структуры используемых тонких (менее 200 нм) металлических пленок, позволяющие оптимизировать выбор используемых материалов для формирования металлических электродных структур методом вакуумного напыления.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Экспериментальные результаты получены на сертифицированном измерительном оборудовании, откалиброванном на эталонных макетах;

теория согласуется (в предельных случаях) с опубликованными теоретическими данными для бесконечно тонких металлических отражателей и с экспериментальными данными для радиочастотных идентификационных меток в диапазоне «б ГГц»;

идея базируется на результатах моделирования акустических полей в структурах с топографическими неоднородностями поверхности пьезокристалла, полученных автором с помощью хорошо известных в мире и широко применяемых методов конечных элементов;

использовано сравнение авторских данных с результатами проф. В.П. Плесского (Швейцария), полученными им при использовании его программного обеспечения FEMSAW как наиболее точного;

установлено качественное и количественное совпадение полученных расчетных данных с результатами моделирования с использованием программного обеспечения FEMSAW;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в разработке математических моделей и алгоритмов для расчета характеристик прохождения поверхностных акустических волн через системы различного вида топографических неоднородностей, а также в обработке и анализе экспериментальных данных, апробации результатов работы.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы на предприятиях и в организациях электронной промышленности (ЗАО «НПЦ «Алмаз-

Фазотрон», АО НПП «Контакт», АО НПП «Алмаз», АО «Авангард», ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН), а также в высших учебных заведениях Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертационная работа Янкина С.С., посвящённая анализу полей рассеяния при прохождении поверхностных акустических волн через систему топографических неоднородностей на поверхности кристалла, сравнимых по геометрическим размерам с длиной волны, проектированию на основе полученных результатов радиочастотной идентификационной метки в диапазоне частот 5650–6425 МГц, её созданию и экспериментальному исследованию, а также исследовании характеристик рассеяния поверхностных акустических волн в поверхностных фоновых кристаллах является актуальной, как в теоретическом, так и в экспериментальном плане.

Содержание диссертации удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На заседании 17 сентября 2015 г. диссертационный совет принял решение присудить Янкину Сергею Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за – 22, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета



Усанов Дмитрий Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета

Анкин Валерий Михайлович

17 сентября 2015 г.