

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.268.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» МИНОБРНАУКИ РФ ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 25.12.2019г. № 37/19

О присуждении Кулиничу Ивану Владимировичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Микроэлектромеханический переключатель для сверхвысокочастотных широкополосных интегральных схем» по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии, принята к защите 22 октября, протокол № 26/19, диссертационным советом Д 212.268.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (634050, Томск, пр. Ленина 40, приказ о создании совета № 714/нк от 02.11.2012 г.).

**Соискатель** Кулинич Иван Владимирович 1990 года рождения, в 2013 году окончил ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР) с присуждением степени магистра по направлению «Электроника и наноэлектроника». В 2017 году закончил обучение в аспирантуре ТУСУР. В настоящее время работает инженером в научно-образовательном центре «Нанотехнологии» ТУСУР.

**Диссертация выполнена** в научно-образовательном центре «Нанотехнологии» ТУСУР.

Научный руководитель – д.т.н., профессор, зав. кафедрой физической электроники ТУСУР **Троян Павел Ефимович**.

Официальные оппоненты: **Разинкин Владимир Павлович**, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ),

г. Новосибирск; **Будяков Алексей Сергеевич**, к.т.н., нач. отдела АО «НПП «Пульсар», г. Москва – дали **положительные отзывы** на диссертацию.

**Ведущая организация** – ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург в своем положительном заключении, подписанном зам. зав. кафедрой микро- и наноэлектроники по научной работе д.ф.-м.н. проф. Мошниковым В. А. и уч. секретарем кафедры к.ф.-м.н. доц. Александровой О. А., утвержденном директором департамента науки СПбГЭТУ «ЛЭТИ» д.т.н., профессором В.В. Лучининым, указала, что диссертация И.В. Кулинича представляет собой законченную научно-квалификационную работу по актуальной проблеме разработке технологии и создания компонентой базы СВЧ диапазона. Считаем, что диссертационная работа Кулинича И.В. «Микроэлектромеханический переключатель для сверхвысокочастотных широкополосных интегральных схем» по актуальности, объёму выполненных исследований, научной и практической значимости удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г., предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор Кулинич Иван Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ по теме диссертации общим объемом 3,5 печатных листов (п.л.), из них 2 статьи, входящих в журналы из перечня ВАК (0,5 п.л.); 1 доклад в трудах международной конференции, индексируемый WoS, 10 докладов в трудах международных конференций. Суммарный личный вклад автора по всем публикациям составляет 2,4 п.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Кулинич И.В., Кагадей В.А., Мухтеев Р.Н. Метод корпусирования СВЧ МЭМ ключа на пластине GaAs с использованием каркасной системы. Наноиндустрия. 2019. № S89. С. 211-215.



2. Кулинич И.В., Кагадей В.А., Малютин Н.Д., Бабошко Д. Монолитный СВЧ МЭМ переключатель до 25 ГГц // 29-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». 2019, Севастополь.

3. Кулинич И.В., Кагадей В.А., Сигута Т.В. Технология изготовления СВЧ МЭМС переключателя с медной металлизацией. VI Всероссийская н.-т. конф. «Электроника и микроэлектроника СВЧ», С-Петербург, 2017. С. 186-191.

4. Кулинич И.В., Кагадей В.А., МЭМС СВЧ переключатель с металлизацией на основе меди //Мат-лы VI общероссийской н.-т. конф., Омск 2016. С. 245-249.

5. Ерофеев Е.В., Казимиров А.И., Кулинич И.В. Способ формирования наноразмерного затвора для GaAs СВЧ-транзисторов с высокой подвижностью электронов. Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2012. № 2-1 (26). С. 53-56.

На автореферат поступило 9 отзывов: от нач. лаб. АО «НИИ полупроводниковых приборов» г. Томск, д.т.н. Айзенштата Г.И.; от зав. лаб. высокочастотной электроники Института сильноточной электроники СО РАН г. Томск, с.н.с., к.ф.-м.н. Балзовского Е.В.; от зав. каф. радиоэлектроники НИ ТГУ г. Томск, д.т.н., профессора Дунаевский Г. Е.; от главного конструктора АО «Микроволновые системы» г. Москва, к.т.н. Кишинского А.А.; от директора Института нано- и микросистемной техники МИЭТ г. Москва, д.т.н., профессора Тимошенко С. П.; от с.н.с. Института сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники РАН г. Москва, к.т.н. Щаврука Н. В.; от зам. нач. НИЦ космических и авиационных систем РЭН АО «ЦНИРТИ им. А.И. Берга» г. Москва, к.т.н. Фасенко М.В.; от в.н.с. НТК-7 АО Омского НИИ приборостроения г. Омск, к.т.н. Тюменцева А. И.; от профессора отделения электронной инженерии Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности НИ ТПУ г. Томск, д.т.н. Солдатова А.И. **Все отзывы положительные.**

В качестве критических замечаний указывается: в автореферате не приведены оценки допустимой мощности на входе переключателя; нет оценок или результатов измерений нелинейных искажений; в автореферате указано, что одна из целей работы это «4. Исследование электрических параметров и оценка надежности СВЧ МЭМ ключа на основе пленок Si», но оценка надежности не приведена. Хотя это важный вопрос при отказе от традиционных пленок из

благородных металлов; отсутствует оценка температурного влияния на электрические и механические параметры МЭМ ключа.

**Выбор официальных оппонентов** д.т.н. Разинкина В.П. и к.т.н. Будякова А.С. обосновывается тем, что они являются компетентными специалистами в области разработки СВЧ устройств. Выбор ведущей организации – Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ», обосновывается тем, что сотрудники университета имеют опыт разработки и исследования компонентной базы СВЧ МЭМ устройств и способны компетентно оценить научную и практическую значимость диссертационной работы.

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

**разработан** СВЧ МЭМ ключ с металлизацией на основе пленок Cu, изготавливаемый на GaAs подложке по модернизированной GaAs технологии, имеющий электрические параметры на уровне параметров СВЧ МЭМ ключей с традиционной металлизацией на основе пленок Au;

**предложена** технология корпусирования СВЧ МЭМ ключа на уровне пластины, полностью совместимая с GaAs технологией, не требующая специальных материалов и оборудования;

**доказано**, что СВЧ характеристики разработанных и изготовленных СВЧ МЭМ ключей с медной металлизацией имеют S-параметры, превосходящие параметры СВЧ ключей на основе транзисторов и диодов;

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

**доказано**, что каркасная система корпуса МЭМ ключа, реализованная в виде геодезического купола с размером ячейки до 30 мкм, является проницаемой для жидких растворителей и в тоже время является не проницаемой для герметизирующего слоя на основе бензоциклобутена.

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

разработанная технология формирования сложного профиля в фоторезисте **внедрена** в серийное производство на предприятии АО «НПФ «Микран»;

результаты разработки микроэлектромеханического ключа для сверхвысокочастотных широкополосных интегральных схем **использованы** при



проведении прикладных научных исследований, выполняемых в лаборатории «Нанотехнологии» ТУСУР.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

при моделировании механических и СВЧ характеристик МЭМ ключей применялось сертифицированное программное обеспечение;

проведение экспериментальных исследований МЭМ ключей осуществлялось с использованием сертифицированного и поверенного СВЧ оборудования;

результаты экспериментальных измерений СВЧ характеристик МЭМ ключей согласуются с результатами математического моделирования.

**Личный вклад соискателя состоит** в разработке и оптимизации конструкции СВЧ МЭМ ключа, операций, технологических блоков и технологического маршрута изготовления СВЧ МЭМ ключа, выполнении экспериментальных исследований, обработке и анализе результатов экспериментов. Формулирование цели и задач, результаты исследований обсуждались с научным руководителем.

На заседании 25.12.2019г. диссертационный совет принял решение присудить Кулиничу Ивану Владимировичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 2, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета Д 212.268.01,  
доктор технических наук, профессор



А.М. Корилов

Учёный секретарь диссертационного совета Д 212.268.01,  
доктор физико-математических наук



А.Е. Мандель

27.12.2019г.



М.П.