

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.01,
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 ДОКТОРА НАУК

Аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24 декабря 2021 г., протокол № 1

о присуждении Скорнякову Станиславу Петровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Низковольтные диффузионные *p-n*-переходы с туннельным и смешанным механизмами пробоя в технике полупроводниковых приборов» по специальности 2.2.2 – «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств» принята к защите 23 сентября 2021 г., протокол №2 диссертационным советом 24.2.347.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета № 766/нк от 05.11.2013 г.

Соискатель Скорняков Станислав Петрович 20 января 1942 года рождения.

Диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук «Разработка физико-технических основ получения диффузионных кремниевых *p-n*-переходов с туннельным пробоем» по специальности 05.27.01 защитил в диссертационном совете, созданном на базе Московского Института Стали и Сплавов (МИСиС), в 1982 году.

С 1966 года по настоящее время Скорняков С.П. работает, в данный момент, ведущим инженером отдела полупроводниковых приборов научно-производственного комплекса полупроводниковых приборов Акционерного общества «Новосибирский завод полупроводниковых приборов Восток».

Диссертация выполнена в научно-производственном комплексе полупроводниковых приборов, отделе полупроводниковых приборов (Особом Конструкторском Бюро) Акционерного общества «Новосибирский завод полупроводниковых приборов Восток».

Научный консультант – Горнев Евгений Сергеевич, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», г. Зеленоград, (АО «НИИМЭ»), заместитель руководителя приоритетного технологического направления по электронным технологиям.

Официальные оппоненты:

Петросянц Константин Орестович, доктор технических наук, профессор, Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ, г. Москва), департамент электронной инженерии, профессор-исследователь;

Троян Павел Ефимович, доктор технических наук, профессор Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР, г. Томск), кафедра физической электроники, заведующий кафедрой;

Наумова Ольга Викторовна, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП им. А.В. Ржанова, г. Новосибирск), лаборатория технологии кремниевой микроэлектроники, заведующая лабораторией;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Пульсар» (АО «НПП «Пульсар», г. Москва), **в своем положительном отзыве**, подписанным 25.11.2021 г. заместителем генерального директора АО «НПП «Пульсар» доктором технических наук, заслуженным деятелем РФ Владимиром Фёдоровичем Синкевичем и утвержденным 25.11.2021 г. заместителем генерального

директора АО «НПП «Пульсар» доктором технических наук, профессором Юрием Владимировичем Колковским, **указала, что** диссертационная работа Скорнякова С.П. представляет собой случай органичного сочетания технического/практического подхода к анализу известных теоретических представлений о *p-n*-переходах с различными – туннельным, смешанным и лавинным формами пробоя и научного подхода к созданию базовой технологии получения планарно-диффузионных низковольтных *p-n*-переходов и новых полупроводниковых приборов на её основе, что может быть присуще только высококвалифицированному практикующему Разработчику полупроводниковых приборов.

Диссертация Скорнякова С.П. – законченное исследование, в котором получены новые результаты, представляющие собой нетривиальное решение принципиальной научно-практической проблемы, имеющее приоритетное в настоящее время значение для развития отечественной ЭКБ и повышения обороноспособности страны. Содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертации.

Диссертационная работа Скорнякова С.П. на тему «Низковольтные диффузионные *p-n*-переходы с туннельным и смешанным механизмами пробоя в технике полупроводниковых приборов» по своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов полностью соответствует требованиям ВАК РФ (п. 9 «Положения присуждения учёных степеней»), предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 2.2.2 – Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств (технические науки), а ее автор Скорняков Станислав Петрович заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.2.2 – Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств (технические науки).

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 35 научных работах, из которых 14 опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ. По теме диссертации получено 13 авторских свидетельства и патентов на изобретения СССР и РФ. Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Скорняков С.П. Получение р-п-переходов в сильнолегированном кремнии методом ампульной диффузии мышьяка // Электронная техника. – Сер. 2. – Полупроводниковые приборы. – 1979. – Вып.4. – С.91 – 97.
2. Скорняков С. П., Глухов А.В., Чищин В.Ф. [и др.] Радиационная стойкость низковольтных термокомпенсированных стабилитронов // Труды ФГУП «НПЦАП». Системы и приборы управления. – М.: ФГУП «НПЦАП». – 2017. – № 4 (42). – С.69 – 74.
3. Karimov A.V., Rakhmatov A.Z., Skornyakov S.P. et setr. On mechanism of radiative sensitivity of power diode direct voltage drop // Radioelectronics and Communication Systems. – New York.: Allerton Press, Inc. – 2017. – Vol.60. – Issue 6. – P. 272 – 274.
4. Скорняков С.П., Чищин В.Ф., Глухов А.В. [и др.] Управление температурным коэффициентом и нелинейностью температурного коэффициента напряжения стабилизации прецизионных термокомпенсированных стабилитронов // Труды ФГУП «НПЦАП». Системы и приборы управления. – М.: ФГУП «НПЦАП». – 2020. – №1 (51). – С. 45 – 54.
5. Скорняков С.П. Низковольтные диффузионные р-п-переходы в технике полупроводниковых приборов // Электронная техника. – 2020. – Сер. 3. Микроэлектроника. – Вып. 3 (179). – С. 41-45.
6. Скорняков С.П. Туннельный пробой р-п-переходов с дефектами структуры // Электронная техника. – 2020. – Сер. 3. – Вып. 3 (179). – С. 5-7.
7. Скорняков С.П. Площадь р-п-перехода с туннельным пробоем как фактор конструирования полупроводниковых приборов // Электронная техника. – 2020. – Сер.2. Полупроводниковые приборы. – Вып. 4(259). – С. 25-30.
8. Скорняков С.П. Барьерные свойства остаточного оксида кремния при формировании низковольтных р-п-переходов диффузией мышьяка в сильнолегированном кремнии // Электронная техника. – 2021. – Сер.3. Микроэлектроника. – Вып. 1 (181). – С. 18-20.
9. Скорняков С.П. Исследование диффузионных профилей распределения мышьяка и фосфора в сильнолегированном кремнии // Электронная техника. – 2021. – Сер. 3. Микроэлектроника. – Вып. 1 (181). – С. 27-30.
10. Скорняков С.П. Влияние низкотемпературных отжигов на параметры низковольтных диффузионных р-п-переходов // Электронная техника. – 2021. – Сер. 3. Микроэлектроника. – Вып. 1(181). – С. 31-34.
11. Скорняков С.П., Четырёхзондовое устройство для измерения сопротивления полупроводников с повышенной точностью // Электронная техника. – Сер. 8. Управление качеством и стандартизация. – 1980. – Вып. 6. – С.76 – 89.

12. Скорняков С.П., Сапогова Ф.Н., Топчилова Л.А. Планарные низковольтные стабилитроны // Электронная техника. – Сер.2. Полупроводниковые приборы. – 1976. – Вып.4. – С.75 – 76.

13. Скорняков С.П., Мельник И.Г., Колосницын А.И. Предотвращение кристаллизации плёнок SiO₂ при длительной диффузии бора в кремний // Электронная техника. – Сер.2. Полупроводниковые приборы. – 1976. – Вып. 5. – С.63 – 65.

14. Андреев А.С., Скорняков С.П., Шамыгин А.И. К вопросу о выборе припоя в конструкции мощных ограничителей напряжения // Электронная техника. – Сер. 2. – Полупроводниковые приборы. – Вып. 1 – 1986. – С. 97 – 101.

15. Андреев А.С., Скорняков С.П. Низковольтные ограничители напряжения // Электронная техника. – Сер.2. Полупроводниковые приборы. – 1986. – Вып.2. – С.42 – 47.

16. Андреев А.С., Скорняков С.П. Предельно допустимая импульсная мощность и импульсный ресурс работы ограничителей напряжения // Электронная техника. – Сер.2. Полупроводниковые приборы. – 1986. – Вып. 2 (244). – ч. 2. – С.44 – 46.

17. Скорняков С. П., Рахматов А. З. Ограничители напряжения // Электронная техника. – Сер. 2. Полупроводниковые приборы. – 1991. – Вып. 2. – С. 53 – 61.

18. Рахматов А.З., Ташметов М.Ю., Скорняков С.П., Каримов А.В. Влияние нейтронного облучения на параметры кремниевых ограничителей напряжения и метод прогнозирования их радиационной стойкости // «ВАНТ» Вопросы атомной науки и техники. – Серия: Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. – 2016. – Вып. 3. – С. 10 – 19.

19. Скорняков С.П. Туннельный пробой р-п-переходов с дефектами структуры // Электронная техника. – 2020. – Сер. 3. – Вып. 3 (179). – С. 5-7.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов, все положительные:

1. Отзыв Межирицкого Ефима Леонидовича, доктора технических наук, профессора, лауреата государственных премий СССР и РФ, героя труда РФ, Акционерное общество "Научно-производственный центр автоматики и приборостроения имени академика Н.А. Пилюгина", генеральный директор. – Замечаний нет.

2. Отзыв Дереченника Станислава Станиславовича, кандидата технических наук, доцента, Учреждение образования "Брестский государственный технический университет" (Республика Беларусь), кафедра Электронных вычислительных машин и систем, заведующий кафедрой; Кушнер Татьяны Леонидовны, кандидаты физико-математических наук, доценты, Учреждение образования "Брестский

государственный технический университет" (Республика Беларусь), кафедра Физики, заведующая кафедрой. – Замечания связаны с неточностью уравнения (4) для температурных коэффициентов.

3. Отзыв Усачёва Валерия Александровича, кандидата технических наук, старшего научного сотрудника, Федеральное государственное унитарное предприятие «Мытищинский научно-исследовательский институт радиоизмерительных приборов», научный руководитель. – Замечания связаны с неточным использованием общепринятой терминологии; отсутствием некоторых расшифровок используемых обозначений и зависимостей на графиках.

4. Отзыв Стешенко Владимира Борисовича, кандидата технических наук, доцента, Акционерное общество «Российские космические системы», заместитель генерального конструктора по электронно-компонентной базе; Жукова Андрея Александровича, доктора технических наук, профессора, Акционерное общество «Российские космические системы», главный научный сотрудник отдела разработки микромеханических систем. – Замечания связаны с тем, что из автореферата непонятно, сколько образцов выбрано и какой объем экспериментов проведен автором в варьируемых режимах, нет информации о достигнутом научно-техническом уровне разработки.

5. Отзыв Рахматова Ахмада Зайниддиновича, доктора технических наук, профессора, Акционерное общество "FOTON" (Республика Узбекистан), директор по производству. – Замечаний нет.

6. Отзыв Ёдгоровой Дилбары Мустафаевны, доктора технических наук, профессора, Физико-технический институт Академии наук Республики Узбекистан, заведующая лабораторией; Абдулхаева Ойбека Абдуллазизовича, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника Физико-технического института Академии наук Республики Узбекистан, заместителя директора по науке. – Замечаний нет.

7. Отзыв Колесникова Сергея Васильевича, доктора технических наук, заместителя главного конструктора; Профе В.Б., кандидата технических наук, доцента, заместителя начальника отделения 11; Троцюк К.В., кандидата технических наук, начальника группы отделения 11; Алексева О.Г., кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника, ученого секретаря

диссертационного совета ДС 201.007.07 Федеральное государственное унитарное предприятие РФ ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики г. Саров. – Замечания связаны с тем что приведенные экспериментальные зависимости не могут быть распространены на другие типы $p-n$ структур и не представлены практические шаги по исключению негативных факторов при производстве $p-n$ структур.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью и компетентностью в сфере исследований, которым посвящена диссертация, близостью решаемых ими научных и прикладных задач к задачам, решаемым в диссертации, наличием публикаций по данной и подобной тематике, а также компетентностью в оценке научной и практической значимости диссертации такой направленности.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны научно обоснованные подходы к решению проблемы получения планарно-диффузионных низковольтных кремниевых $p-n$ -структур с туннельным пробоем высококонцентрационной диффузией мышьяка в эвакуированном реакторе; **предложена** и создана на их основе базовая технология производства ряда новых полупроводниковых приборов, имеющих приоритетное значение в современной специальной и коммерческой электронной технике. На основе выявленного эффекта трансформации легирующей примеси (As), в условиях создания высокой концентрации, из неактивной формы в активную и наоборот, и экспериментальной зависимости напряжения пробоя от площади низковольтных $p-n$ -переходов, **установлены** новые эффективные технологические факторы управления и тонкой корректировки основных электрических параметров низковольтных полупроводниковых приборов; **предложен** механизм отказа ограничителей напряжения, связанный с генерацией тепловых волн из области $p-n$ -перехода при прохождении периодических импульсов перегрузки, в результате циклического импульсного нагрева – охлаждения припоя в спае кристалла ОН с термокомпенсатором и, как следствие, с накоплением механических напряжений в области спая с последующим распространением поля механических напряжений

до области залегания *p-n*-перехода, создающего поле структурных нарушений решётки кремния, что и приводит к деградации параметров *p-n*-перехода; на основе разработанных низковольтных планарно-диффузионных кремниевых *p-n*-структур с туннельным пробоем;

доказана перспективность использования предложенного нового подхода в практике создания низковольтных планарно-диффузионных кремниевых *p-n*-структур;

разработаны новые полупроводниковые приборы;

введены – новые понятия и термины не вводились.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

доказаны положения, определяющие эффективность использования в технологии изготовления диффузионных низковольтных *p-n*-переходов с туннельным пробоем в качестве легирующей примеси мышьяка, обладающего наиболее высокой предельной растворимостью в кремнии относительно других практикуемых легирующих примесей и эффективность использования с этой целью способа диффузии легирующих примесей в эвакуированном реакторе из неограниченного источника, т.е. в бескислородной среде;

разработана промышленная технология получения низковольтных диффузионных *p-n*-структур с туннельным пробоем по способу высококонцентрационной диффузии мышьяка в эвакуированном реакторе из неограниченного источника;

разработан и применён высокоточный четырёхзондовый метод исследования основных характеристических электрофизических параметров кремния – удельного и поверхностного сопротивлений, а для определения диффузионного концентрационного профиля распределения в кремнии As, помимо метода дифференциальной проводимости также метод нейтронно-активационного анализа;

исследован комплекс зависимостей электро-физических параметров низковольтных диффузионных *p-n*-структур с туннельным пробоем от удельного сопротивления базового кремния, плотности тока через *p-n*-переход и факторов технологии – температуры, времени диффузии и скорости нагрева – охлаждения легируемых кремниевых пластин;

разработана рабочая феноменологическая модель/методика расчёта системы основных конструкционных и технологических параметров низковольтных *p-n*-структур, обеспечивающая выполнение жёстких требований к прецизионным термокомпенсированным стабилизаторам, построенным на их основе.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что на основе предложенной в диссертации промышленной технологии получения НВ *p-n*-структур с туннельным пробоем высококонцентрационной диффузией мышьяка **разработаны и внедрены** в серийное производство АО «НЗПП с ОКБ»:

- ряд серий стабилизаторов в безкорпусном и различном корпусном исполнениях, разных токов стабилизации, разной статической мощности, специального и общего применения с напряжениями стабилизации до 5,6 В;
- прецизионные (по напряжению стабилизации) стабилизаторы 2С151А, 2С235А с $U_{см}$ 5,1 В $\pm 2\%$, 9,1 В $\pm 2\%$ при $I_{см} = 50$ мкА с обратным током менее 50 нА;
- термокомпенсированные стабилизаторы общего применения КС405А, КС405Б с напряжением стабилизации 6,2 В $\pm 5\%$ при токе 0,5 мА;
- серия прецизионных (по долговременной стабильности) термокомпенсированных стабилизаторов специального применения 2С198А÷2С198К с напряжением стабилизации 6,3 В $\pm 1\%$ при токе 0,5 мА;
- серия ультрапрецизионных термокомпенсированных стабилизаторов специального применения 2СП101А ÷ 2СП501Д, в т.ч. аттестуемых, с напряжением стабилизации 6,1 В $\pm 2\%$ при токе 7,5 мА классов точности до 0,0002% (2 ppm), с напряжением НЧ шума менее 2 мкВ; нелинейностью температурной зависимости напряжения стабилизации ($\Delta U_{л.ст.}$) менее 250 мкВ;
- прецизионные термокомпенсированные стабилизаторы с напряжением стабилизации 6,2 В $\pm 0,2\%$ при токе 500 мкА применены в качестве базовых элементов в конструкциях ряда прецизионных источников опорного напряжения (ИОН) в гибридном интегральном исполнении;
- ряд НВ ограничителей напряжения с напряжениями пробоя от 3.9 В до 15 В и импульсной мощностью 0,3 кВт, 0,5 кВт, 1,5 кВт в корпусах для навесного и поверхностного монтажа;

- ограничители напряжения КС410АС, КС511А, КС511Б, разработанные на основе результатов настоящей работы, внедрены в серийное производство предприятия - дублёра – АО «ФОТОН», г. Ташкент;
- на основе диффузионных *p-n*-структур с туннельным пробоем изготовлены и исследованы экспериментальные образцы преобразователей напряжения с отрицательным дифференциальным сопротивлением, способные послужить развитию направления разработки и производства нового типа более эффективных ограничителей напряжения негатронного типа;
- серийные низковольтные ограничители типа 2С414А, 2С408А с напряжениями пробоя 3,9 В, 6,2 В и высшего уровня типономиналы серии ультра-прецизионных термокомпенсированных стабилитронов 2СП101А÷2СП501Д, превосходят по основным электрическим параметрам ближайшие зарубежные аналоги, т.е. обладают экспортным потенциалом.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты экспериментальных исследований получены с использованием систематизированного подхода с привлечением зарекомендовавших себя стандартных экспериментальных методов и с применением метрологически аттестованных контрольно-измерительных приборов высокого класса точности.

Для исследования диффузионных профилей концентрации легирующих примесей в кремнии методом дифференциальной проводимости соискателем разработан и использовался запатентованный четырёхзондовый манипулятор, обеспечивший измерение удельного и поверхностного сопротивлений полупроводников с точностью, превышавшей точность образцового четырёхзондового манипулятора разработки АО «Гиредмет».

В обеспечение разработки аттестуемых ультра-прецизионных термокомпенсированных стабилитронов (УАПС), создан прецизионный метрологический комплекс, размещённый в специальном экранированном подвальном помещении с точностью поддержания температуры $22 \pm 1^\circ\text{C}$, с автономным питанием и электрометрическим заземлением с сопротивлением менее 0,4 Ом. В основе комплекса лежит мера напряжения МН4-21 класса точности 0,1 ppm, построенная на элементах Джозефсона, – практически вторичного эталона Вольты, поверенного относительно

первичного эталона Вольта в головном институте Госстандарта ФГУП «ВНИИМ», г. Санкт-Петербург.

Личный вклад соискателя состоит: в выборе направлений работы, постановке задач и подходов к их решению, непосредственно – в разработке процесса высококонцентрационной диффузии As в вакуированной кварцевой ампуле, в расчёте конструкций всех разработанных под его руководством полупроводниковых приборов, обработке и интерпретации экспериментальных данных, анализе полученных закономерностей, формулировании выводов по теме диссертации. Преобладающая часть публикаций, идеи всех изобретений и написание заявок на изобретения по теме диссертации выполнены автором. Скорняков С.П. был главным конструктором / научным руководителем 13 НИОКР по исследованиям, разработкам технологий, конструированию и внедрению в серийное производство НВ стабилитронов, НВ термокомпенсированных стабилитронов, в т.ч. прецизионных, и НВ ограничителей напряжения. Автор был руководителем работ по передаче в серийное производство АО «ФОТОН», г. Ташкент, в качестве дублирующего предприятия, технологий изготовления ограничителей напряжения КС410АС (НВ ОН), КС511А, КС511Б, в т.ч. технологии высококонцентрационной диффузии As в вакуированном реакторе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: по формулировке цели диссертационной работы; по стилю изложения диссертации, автореферата и доклада; по научной новизне работы; по отсутствию в автореферате в положениях, выносимых на защиту, п. 4, хотя в диссертации он присутствует; по вопросам оптимизации процесса высококонцентрационной диффузии мышьяка; по оценке эффективности разработанной технологии; по оценкам надежности НВ *p-n*- переходов; по установлению несущественной роли структурных дефектов в механизме туннельного пробоя; по сути феноменологической методики расчета; по отказу ограничителей напряжения из-за генерации тепловых волн.

Соискатель Скорняков С. П. ответил на все замечания и вопросы, в большинстве случаев привел собственную аргументацию, а с рядом замечаний согласился.

В результате Диссертационный совет пришёл к заключению, что диссертация Скорнякова Станислава Петровича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую всем требованиям ВАК РФ

(п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.2.2 – Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств (технические науки), в которой на основании выполненных автором исследований и разработок содержится решение актуальной научно-технической проблемы замещения сплавной технологии получения низковольтных р-п-структур с туннельным пробоем планарно-диффузионной технологией, разработаны на её основе и внедрены в серийное производство ряд серий низковольтных полупроводниковых приборов, имеющих приоритетное в настоящее время значение для развития отечественной электронно-компонентной базы и повышения обороноспособности страны.

На заседании 24 декабря 2021 года диссертационный совет принял решение за разработку новых научно-обоснованных технических и технологических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, присудить Скорнякову Станиславу Петровичу учёную степень доктора технических наук по специальности 2.2.2 – Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.2.2, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: «за» – 10, «против» – 5, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного со

Ученый секретарь
диссертационного со

Валерий Павлович Драгунов

Дмитрий Иванович Остертак

24 декабря 2021 г.