

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.231.01 НА БАЗЕ
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института
радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 30 октября 2015 г. № 10

О присуждении **Папроцкому** Станиславу Константиновичу, гр. России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Транспортные явления в объемном Ge и наноструктурах на основе Si, GaAs и InAs, перспективных для генерации ТГц излучения» по специальности 01.04.10 «Физика полупроводников» принята к защите 14 июля 2015 г., протокол № 5, диссертационным советом Д 002.231.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук (125009, Москва, ул. Моховая, Д.11. корп.7) (приказ Рособнадзора о создании совета № 2397-1776 от 07.12.2007 г.; приказ Минобрнауки России о продлении деятельности совета № 75/нк от 15.02.2013 г.).

Соискатель Папроцкий Станислав Константинович, 1982 года рождения, в 2005 году окончил Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова. С 01.06.2005 по 31.05.2008 гг. проходил обучение в аспирантуре ФГБУН Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук.

Работает младшим научным сотрудником в лаб. № 172 «Электронные процессы в полупроводниковых материалах» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаб. № 172 «Электронные процессы в полупроводниковых материалах» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Каган Мирон Соломонович, работает в должности заведующего лабораторией № 172 «Электронные процессы в полупроводниковых материалах» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

- **Мурзин** Владимир Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Отделения физики твердого тела Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н.Лебедева Российской академии наук

- **Шаповал** Сергей Юрьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией Эпитаксиальных микро- и наноструктур Федерального

государственного бюджетного учреждения науки Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов Российской академии наук, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова» (Москва). в своем положительном заключении, подписанном доктором физ-мат.наук. профессором, член-корр. РАН Хохловым Дмитрием Ремовичем, зав. кафедрой общей физики и физики конденсированного состояния, и утвержденном проректором МГУ им. М.В.Ломоносова доктором физ-мат.наук, профессором Федяниным Андреем Анатольевичем, указала, что тема диссертации С.К. Папроцкого актуальна. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой и содержит решение задач в области определения транспортных свойств одноосно деформированного p-Ge, напряженных структур SiGe/Si и сверхрешеток InAs/AlSb и GaAs/AlAs, имеющих важное значение для развития физики полупроводников. Новизна и достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, они представляют также несомненный практический интерес и доказывают принципиальную возможность создания светоизлучающих приборов на основе p-Ge, структур Si/Ge/Si, а также короткопериодных сверхрешеток на основе InAs на терагерцовый спектральный диапазон. Полученные в работе результаты рекомендуются к использованию в следующих организациях МГУ им. М.В.Ломоносова, ФИ им. П.Н.Лебедева РАН, ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, ИФМ РАН (г.Нижний Новгород) ИФП СО РАН (г.Новосибирск), НПО «Орион» и др.организациях РАН и Минобрнауки России.

Опубликованные по теме диссертации работы.

Соискатель имеет 26 опубликованных по теме диссертации работ, в том числе 3 работы - в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки и науки РФ, 6 работ - в журналах, входящих в систему цитирования Scopus и 17 публикаций в сборниках конференций. Общий объём публикаций по теме диссертации составляет около 65 машинописных страниц.

Научные работы, опубликованные соискателем, обладают самостоятельной научной ценностью, а основные положения, выносимые на защиту, изложены в них полно и достаточно обоснованы.

Вклад соискателя состоит в участии в определении целей и постановке задач исследований, разработке и контроле изготовления экспериментальных образцов, создании экспериментальной установки и проведении экспериментов, анализе и интерпретации результатов экспериментальных данных, написании научных статей, а так же представлении полученных результатов на конференциях.

Наиболее значительными работами являются следующие:

1. **Папроцкий С.К.** Нерезонансное туннелирование в сверхрешётках InAs/AlSb с оптическим резонатором / Папроцкий С.К., Алтухов И.В., Каган М.С. // Нелинейный мир, 2015, № 2, стр. 38-40.

2. Каган М.С. Проявление эффекта Пёрселла в проводимости короткопериодных сверхрешеток InAs/AlSb / Каган М.С., Алтухов И.В., Баранов А.Н., Ильинская Н.Д., **Папроцкий С.К.**, Тесье Р., Усикова А.А. // ФТП, 2013, т. 47, вып. 11, стр. 1489-1492.

3. **Папроцкий С.К.** Кинетика пробоя и рекомбинация мелких акцепторов в p-Ge / Папроцкий С.К., Алтухов И.В., Синис В.П., Каган М.С. // Нелинейный мир, 2010, т. 8, №2, стр. 102-103.

4. Kagan M.S. Nonresonant Tunneling in Short-Period Superlattices with optical cavities / Kagan M.S., Altukhov I.V., **Paprotskiy S.K.**, Baranov A.N., Teissier R., Il'inskaya N.D., Usikova A.A., Buravlev A.D., Ustinov V.M. // Lithuanian Journal of Physics, 2014, Vol. 54, No. 1, pp. 50–53.

5. Kagan M.S. Optical Cavity Effect on Transport in Superlattices / Kagan M.S., Altukhov I.V., **Paprotskiy S.K.**, Baranov A.N., Teissier R., Il'inskaya N.D., Usikova A.A., Buravlev A.D., Ustinov V.M., Ray S.K. // Optics InfoBase, OSA's Digital Library, 2014, M3B.1.

6. Kagan M.S. Negative Differential Conductivity in InAs/AlSb Superlattices / Kagan M.S., Altukhov I.V., Baranov A.N., Il'inskaya N.D., **Paprotskiy S.K.**, Sinis V.P., Teissier R. and Usikova A.A. // Acta Physica Polonica A, 2011, 119, pp. 210-211.

7. Kagan M.S. Kinetics of shallow acceptor impact ionization and recombination in p-Ge / Kagan M.S., Altukhov I.V., Sinis V.P., **Paprotskiy S.K.** // Journal of Physics: Conference Series, 2009, v. 193, 012034.

8. Kagan M.S. Transient characteristics of SiGe/Si QW structures at THz lasing / Kagan M.S., Altukhov I.V., Sinis V.P., **Paprotskiy S.K.**, Yassievich I.N., Kolodzey J. // International Journal of Nanoscience, 2007, Vol. 06, No. 03n04, pp. 279-282.

9. Kagan M.S. Stimulated THz Emission of Strained p-Ge and SiGe/Si Quantum-Well Structures Doped with Shallow Acceptors / Kagan M.S., Altukhov I. V., Sinis V. P., Chirkova E. G., **Paprotskiy S. K.**, Yassievich I.N., Odnoblyudov M. A., Prokofiev A.A. and Kolodzey J. // ECS Trans., 2006, 3, pp. 745-757.

На автореферат диссертации поступили положительные отзывы из:

- ФГБУН Института физики микроструктур РАН от д.ф.-м.н., гл. научного сотрудника Алешкина Владимира Яковлевича (замеч.: отмечены недочеты в оформлении автореферата. Например, на рис 2 нет подписи оси абсцисс, в третьем предложении второго абзаца снизу, на стр.14, автор говорит ошибочно о сверхрешетке InAs/AlAs, которую он не исследовал).
- ФГБУН Ин-та физики полупроводников им. А.В.Ржанова СО РАН от д.ф.-м.н. Антоновой Ирины Вениаминовны, вед.научного сотрудника лаб. Физики и технологии трехмерных наноструктур (замечаний нет).
- ФГБУН Физико-технического ин-та им. А.Ф.Иоффе РАН от д.ф.-м.н. Андрианова Александра Васильевича, ст. научного сотрудника лаб. Нелинейно оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках (замеч.: в качестве замечания по автореферату можно отметить следующее: при описании результатов гл. 4 автор утверждает, что особенности в ВАХ исследованных структур со сверхрешетками объясняются «эффектом Парселла – увеличением интенсивности ТГц излучения на частотах, соответствующих собственным частотам резонатора», хотя в эксперименте само ТГц излучение не наблюдалось. При этом возникает также и вопрос. Почему генерация ТГц излучения не наблюдалась в этих экспериментах?).

Обоснование выбора ведущей организации :

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова» является одним из наиболее авторитетных университетов страны

и занимает высшие места в российских и международных рейтингах. На физическом факультете университета проводятся исследования мирового уровня, в том числе и по изучению свойств различных полупроводниковых материалов.

Обоснование назначения оппонентов:

Официальные оппоненты, назначенные советом по кандидатской диссертации С.К. Папроцкого, являются широко известными специалистами, которые имеют научные труды в рецензируемых научных журналах в соответствующих сферах исследований, и несомненно способны определить научную и практическую значимость оппонируемой диссертации. **Мурзин Владимир Николаевич** является признанным международным сообществом экспертом в области физики полупроводников и автором ключевых работ в области резонансно-туннельных диодов. **Шаповал Сергей Юрьевич** является признанным международным сообществом экспертом в области исследований квантово-размерных полупроводниковых гетероструктур.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Предложена оригинальная методика прямого экспериментального измерения основных кинетических коэффициентов, что позволило определить времена ударной ионизации и рекомбинации и их зависимости от электрического поля и давления для мелких примесей в германии. Методика заключается в исследовании кинетики установления проводимости с высоким временным разрешением в импульсном режиме с короткими временами нарастания напряжения. Идентифицированы механизмы разогрева носителей заряда полем, а также выяснена роль эффекта Френкеля-Пула в ионизации.

Предложен механизм возбуждения стимулированного терагерцового излучения напряжённых квантово-размерных структур SiGe/Si.

Предложен нетрадиционный подход создания источников терагерцового излучения, работающих при комнатной температуре. Результаты, полученные в диссертации, являются новыми.

Доказаны:

Возможность прямого экспериментального определения основных кинетических коэффициентов в Ge с мелкой примесью.

Определяющая роль инжекции носителей заряда в возбуждении терагерцовой генерации напряжённых структур SiGe/Si.

Влияние оптического терагерцового резонатора на транспорт в сверхрешётках InAs/AlSb за счёт эффекта Парселла.

Возбуждение колебаний в оптическом терагерцовом резонаторе за счёт отрицательной динамической проводимости сверхрешётки GaAs/AlAs с доменами.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что были определены времена установления проводимости одноосно деформированного p-Ge, выяснены условия возбуждения стимулированного терагерцового излучения напряжённых квантово-размерных структур SiGe/Si, механизмы туннельного транспорта в короткопериодных сверхрешётках InAs/AlSb и GaAs/AlAs. Впервые были исследованы транспортные явления в короткопериодных сверхрешётках с оптическим резонатором и обнаружено влияние резонатора на транспорт.

Практическая значимость полученных соискателем результатов заключается в том, что продемонстрирована возможность создания полупроводниковых источников терагерцового излучения, работающих при комнатной температуре.

Оценка достоверности результатов исследования выявила что:

1. Использованы апробированные методы измерений, а также согласие с теоретическими оценками.
2. Все результаты получены на сертифицированном оборудовании, с использованием современных методик сбора и обработки информации.
3. Использовано сравнение данных, полученных соискателем, с данными, полученными ранее с помощью другой экспериментальной методики.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

Все результаты, изложенные в диссертации, получены лично соискателем или при его непосредственном участии. Кроме того, вклад соискателя состоит в разработке и создании экспериментальных установок для измерения диаграммы направленности квантовых каскадных лазеров, для исследования кинетики установления проводимости в р-Ge и исследований транспорта в структурах в импульсном режиме, в автоматизации системы измерений и создании системы сбора данных. Соискатель принимал участие в изготовлении образцов р-Ge и расчёте параметров короткопериодных сверхрешёток. Самостоятельно анализировал полученные экспериментальные данные. Опубликованные научные статьи и доклады написаны при непосредственном участии соискателя. Часть докладов на зарубежных и российских конференциях, по материалам диссертации, были сделаны лично соискателем.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация соответствует специальности 01.04.10 – физика полупроводников, и представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней Российской Федерации.

На заседании 30 октября 2015 г. диссертационный совет принял решение присудить **Папроцкому** Станиславу Константиновичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 9 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 22, против присуждения учёной степени 0, недействительных бюллетеней 1.

Зам. Председателя диссертационного совета

Ученый секретарь диссертационного совета



Никитов
Сергей Аполлонович
Кузнецова
Ирен Евгеньевна

«09» ноября 2015 г.