

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Лузянина Сергея Евгеньевича *“Электрические свойства ограниченных полупроводников с естественными и искусственными неоднородностями”*, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. Физика полупроводников

Диссертационная работа Лузянина С. Е. актуальна в связи с тем, что в современной электронике применяются полупроводниковые материалы, при производстве которых активно используются различные процессы диффузии, ионного внедрения, эпитаксии, воздействия радиационных излучений, приводящие к значительной неоднородности электрофизических свойств в области ограниченных образцов.

Научно-практическая цель, сформулированная в диссертации, достигается преимущественно на основе общего теоретического подхода. Это позволило автору не только объяснить специфику основных явлений электронного переноса в искусственно неоднородных полупроводниках, но и разработать систему методов исследований свойств данных материалов.

В диссертации предлагается общий и строгий путь решения определенных типов краевых задач электродинамики в применении к полупроводниковым материалам электронной техники с искусственными неоднородностями. В частности, решена задача для уравнения Лапласа с граничными условиями в виде наклонной производной на ограниченной области полупроводниковых дисков, что стало теоретической базой для авторской методики контроля однородности полупроводниковых дисков по данным холловских зондовых измерений. Впервые получены аналитические выражения для распределения потенциала и плотности тока при произвольном расположении токовых контактов на поверхности диффузионно-легированных полупроводниковых пластин. Полученные аналитические решения позволили автору произвести анализ распределений потенциала и плотности электрического тока в неоднородных полупроводниках, сделать соответствующие выводы о концентрировании электрического поля в ограниченной области образца. Результаты расчета соответствующей краевой задачи позволили предложить методики исследований электрических свойств неоднородных материалов электронной техники, а также некоторых контактных и резистивных явлений в полупроводниках.

По теме диссертации автор имеет 23 публикации, среди которых 9 статей в журналах перечня ВАК РФ и МБД Scopus, промежуточные материалы докладывались и обсуждались на 14 конференциях.

В качестве замечаний можно отметить следующие:


- при формировании полупроводниковых $n-p^+$ и $p-p^+$ структур возникает контактная разность потенциалов, величиной которой, автор, очевидно, пренебрегает, однако, для получения более точного результата необходимо рассматривать совместное решение уравнений Пуассона и Шредингера;
- приводимые в автореферате компьютерные модели распределений эквипотенциалей и линий токов не достаточно проанализированы, надеюсь, необходимый анализ приводится в основном тексте диссертации.

Вышеуказанные замечания не оказывают влияние на общее положительное заключение по диссертационной работе, а также не снижает её теоретическую и практическую значимость.

Судя по автореферату, диссертационная работа С.Е. Лузянина соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. Физика полупроводников.

Даю согласие на обработку и передачу моих персональных данных.

Доктор физико-математических наук
(специальность 1.3.6 – оптика),
доцент, декан факультета
«Математика и естественные науки»,
профессор кафедры «Физика и оптотехника»
ФГБОУ ВО «Ижевский государственный
технический университет
имени М.Т. Калашникова»


29.05.2023

В.В. Соболев


Подпись Соболева В.В. заверяю:

проректор по научной и инновационной
деятельности

ФГБОУ ВО «Ижевский государственный
технический университет
имени М.Т. Калашникова»

кандидат технических наук, доцент




29.05.2023

А.Н. Копысов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»,
почтовый адрес: 426069, г. Ижевск, ул. Студенческая 7, корп. 1.

Тел.: +79128578195

E-mail: soboleff.val@yandex.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лузянина Сергея Евгеньевича
«Электрические свойства ограниченных полупроводников с естественными и искусственными неоднородностями», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
1.3.11. Физика полупроводников

Диссертационная работа Лузянина С.Е. связана с решением задач в области критических технологий Российской Федерации – технологий создания электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств. Электрофизические параметры полупроводниковых материалов, используемых для изготовления современных полупроводниковых приборов и интегральных микросхем, непосредственно зависят от геометрических параметров распределения легирующих примесей, поэтому существенное значение сохраняют методы исследования кинетических параметров таких материалов, особенно неразрушающие методы контроля, такие как зондовые методы исследования полупроводников. Однако необходимая для проведения измерений и интерпретации получаемых результатов, а также для разработки новых методов исследования теоретическая база, в особенности применительно к ограниченным диффузионным или ионно-легированным полупроводниковым материалам, разработана недостаточно. Поэтому работа Лузянина С.Е., основной целью которой является разработка модели влияния естественных и создаваемых примесных неоднородностей на электрические свойства ограниченных полупроводников и ее экспериментальное подтверждение, несомненно, является актуальной.

К наиболее значимым научным результатам, полученным в диссертационной работе, следует отнести разработанные и экспериментально подтвержденные модели для расчета трехмерных распределений потенциалов в объеме образцов полупроводниковых материалов, содержащих структурные неоднородности однослойных материалов с характерными для планарной технологии законами изменений электропроводимости по глубине, и двуслойных структур $n-n^+$ и $p-p^+$ со скачкообразным изменением проводимости, а также распределения статических потенциалов в контактах металл-неоднородный полупроводник в ограниченной области. Они представляют интерес как в теоретическом плане, с точки зрения развития данного раздела физики полупроводников, так и в практическом отношении, при разработке новых и усовершенствовании существующих технологий изготовления полупроводниковых приборов и интегральных схем с заданными свойствами.

Результаты видятся вполне достоверными, а выводы и рекомендации, сделанные в работе – обоснованными. Результаты были использованы при проведении НИР № 2271 «Особенности электронного переноса в ограниченных анизотропных и неоднородных полупроводниках», выполняемой в рамках Государственного задания №2014/351. Работа прошла хорошую апробацию на международных и всероссийских научных конференциях, ее результаты опубликованы в 9 статьях в рецензируемых научных изданиях, входящих в Перечень ВАК и/или индексируемых в международных базах данных *Web of Science* и *SCOPUS*, также получено свидетельство о государственной регистрации программы.

Автореферат достаточно подробно передает суть проведенных исследований и полученных результатов.

К материалу, представленному в автореферате, имеется замечание формального характера: в его разделе «Основные выводы и результаты» отсутствуют рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы (требования п. 30 Положения о диссертационном совете). По-видимому, это объясняется желанием «вписаться» в требования по объему.

По актуальности, новизне, теоретической и практической значимости полученных результатов, их непротиворечивости известным из литературы данным и основным

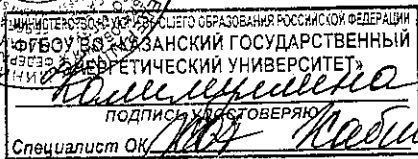
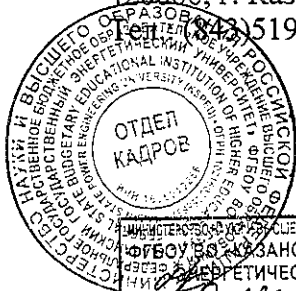
положениям науки диссертация «Электрические свойства ограниченных полупроводников с естественными и искусственными неоднородностями» соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Лузянин Сергей Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. Физика полупроводников.

Согласен на обработку персональных данных.

Профессор кафедры «Промышленная
электроника»
ФГБОУ ВО «Казанский государственный
энергетический университет»
доктор физ.-мат. наук по специальности
01.04.10 – «Физика полупроводников», доцент
Калимуллин Рустем Ирекович

Руст 30.05.2023

420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51
Тел: (843) 5194278, e-mail: kalru@yandex.ru



Р. И.
Калимуллин
Специалист ОК *Калимуллин Р. И.*

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лузянина Сергея Евгеньевича «**Электрические свойства ограниченных полупроводников с естественными и искусственными неоднородностями**», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. Физика полупроводников.

В современной полупроводниковой электронике и наноэлектронике, когда размеры отдельных элементов достигают субмикронных значений, возникающие неоднородности распределения примеси в полупроводниковом материале оказывают существенное влияние на работу прибора, сделанного на базе полученных структур. Диффузионное легирование и методы ионной имплантации уже используются длительное время при производстве электронных компонентов и имеют большие перспективы при создании новых материалов полупроводниковых подложек и типов примесей. В связи с этим, работа Лузянина С.Е., посвященная исследованию особенностей распределения электрических полей при контактных и зондовых измерениях в неоднородных полупроводниковых материалах, а также изучению их электронных свойств является **актуальной**.

В работе выполнен необходимый литературный обзор. Показан теоретический метод достижения целей исследования с необходимой экспериментальной проверкой. Теоретические расчеты автором сведены к соответствующим краевым задачам электродинамики, которые интегрируются методами математической физики. Такой подход сделал возможным решение многих довольно сложных задач и получение практически значимых результатов.

Научная новизна и практическая значимость работы:

1. Получены выражения для распределений электрических полей при контактных методах измерений удельной проводимости и коэффициента Холла для прямоугольных и круглых полупроводниковых образцов. Показано существенное концентрирование электрических полей для малых токовых контактов.
2. Разработан точечный электрохимический метод получения контактов никеля на арсениде галлия. Выявлены особенности протекания тока через полученный контакт Ni-GaAs в зависимости от типа примесей в GaAs.
3. Представлены оригинальные контактные методики определения величин поверхностной электропроводимости и геометрических параметров залегания примесей диффузионно- и ионно-легированных полупроводников, а также структур $n-n^+$ и $p-p^+$ с резким изменением удельного сопротивления по глубине.

В целом автореферат дает достаточно полное и всестороннее представление о работе и полностью соответствует необходимым требованиям, однако, автору можно указать на несколько **замечаний**:

- в тексте автореферата необходимо полнее представить экспериментальные данные по проверке полученных в диссертации теоретических распределений потенциала;
- в работе не приведена экспериментальная проверка выполненных расчетов для неоднородных полупроводников с примесями, созданными методами ионной имплантации.

Отмеченные замечания не оказывают влияние на общее положительное впечатление о диссертации, выполненной на высоком научном уровне и имеющей практическое значение.

Результаты работы достаточно полно представлены в 9 статьях рецензируемых журналов перечня ВАК РФ (и изданиях БД Scopus), а также прошли достаточную апробацию на 14 конференциях и семинарах различного уровня.

В целом актуальность темы и объем выполненного исследования, новизна, научное и практическое значение полученных результатов отвечают всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям по специальности 1.3.11. Физика полупроводников, а автор диссертации «Электрические свойства ограниченных полупроводников с естественными и искусственными неоднородностями» Лузянин Сергей Евгеньевич заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук.

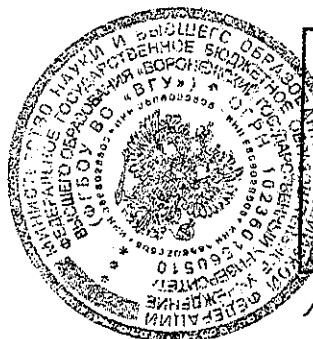
Доцент кафедры физики полупроводников и микроэлектроники ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», кандидат физико-математических наук (специальность 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния»),

 Жукалин Дмитрий Алексеевич

Адрес организации: 394018, г. Воронеж, Университетская пл. 1.

Телефон: +7 (473) 222-61-32

E-mail: zhukalin@vsu.ru



| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ») | |
| подпись | <i>Мухометов Д.Н.</i> |
| подпись | <i>Семелов</i> |
| подпись, расшифровка подписи | 30.05.2023 |

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации С.Е.Лузянина «Электрические свойства ограниченных полупроводников с естественными и искусственными неоднородностями»»

Диссертационная работа посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию распределения электрических полей и токов в проводящих образцах полупроводников и полупроводниковых структур. Разработанные методы позволяют определять удельную электропроводность в неоднородных полупроводниках и получать на основе зондовых измерений проводимости и эффекта Холла данные о неоднородности легированных полупроводников. Принимая во внимание высокие требования, предъявляемые электронной промышленностью к качеству исходных полупроводниковых материалов, используемых при изготовлении элементов полупроводниковой электроники, данное исследование представляется весьма важным и актуальным. Впечатляет то, что автор сочетает достаточно высокий уровень владения методами математической физики с умением выполнить экспериментальную проверку разработанных методик. Следует особо отметить тот факт, что работы автора прошли широкую апробацию, которая выразилась в многочисленных докладах на конференциях разного уровня и в солидном списке публикаций в научных журналах.

К тексту автореферата необходимо сделать одно замечание. В списке публикаций по теме диссертации есть три работы, касающиеся измерений проводимости проводников, анизотропных в плоскости пластины (ссылки 5, 8 и 19). При этом изложенный в этих работах материал в тексте автореферата даже не упоминается. Надеюсь, эти исследования описаны в самой диссертации. Отмечу, что полученные в указанных статьях результаты представляются весьма полезными и дополняют хорошо известные методы измерений компонент тензора проводимости в анизотропных проводниках.

Насколько можно судить по содержанию автореферата, выполненная работа по объему, новизне и важности полученных результатов соответствует всем критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор С.Е.Лузянин заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

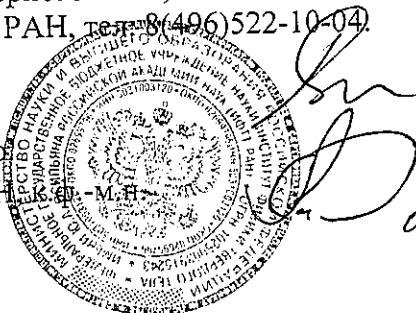
Главный научный сотрудник ИФТТ РАН, д.ф.-м.н. по специальности 01.04.07
(физика конденсированного состояния)
142432, Московская обл, г. Черноголовка,
ул. Акад. Осипьяна, 2, ИФТТ РАН, тел. 8(496)522-10-04
zvarev@issp.ac.ru

В.Н.Зверев.

Подпись В.Н.Зверева заверяю
Ученый секретарь ИФТТ РАН

А.Н.Терешенко.

01.06.23 г.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лузянина С.Е. “Электрические свойства ограниченных полупроводников с естественными и искусственными неоднородностями”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – “Физика полупроводников”

Актуальность и предмет исследований.

Одним из широких классов материалов, применяемых в современной электронике, являются искусственно неоднородные полупроводники и эпитаксиальные структуры, что свидетельствует об актуальности выбранной диссертантом темы исследования. Целью работы Лузянина С.Е. является исследование особенностей электронного переноса в материалах электронной техники, обладающих неоднородностью электрофизических свойств, а также разработка методов исследований кинетических коэффициентов. Поставленная в диссертационной работе цель достигается путем формулировки и решения соответствующих краевых электродинамических задач.

Научная новизна и практическая значимость.

В работе на основе строгого рассмотрения уравнений Лапласа и Пуассона при соответствующих граничных условиях, показано существенное концентрирование электрических полей в областях неоднородных полупроводников примыкающих контактов. На основе полученных в работе теоретических распределений потенциала и плотности тока выполнено компьютерное моделирование соответствующих полей, позволяющее более глубоко проанализировать исследуемые явления.

Получены аналитические выражения для расчета сопротивления растекания контактов малой площади для неоднородных полупроводников. Показано концентрирование потенциала в приконтактных областях и одновременное вытеснение плотности тока в объем высоколегированной подложки полупроводниковых эпитаксиальных $n-n^+$ и $p-p^+$ структур.

Путем теоретического обоснования автором разработана система оригинальных надежных и достаточно простых методик исследований свойств полупроводниковых материалов и контактов.

Разработан локальный электрохимический метод получения никелевых контактов малой площади на поверхности GaAs. Показано высокое качество омического контакта Ni-p-GaAs, выявлено, что для контакта Ni-n-GaAs вольтамперные характеристики имеют нелинейную область при напряжениях менее 1,5 вольт.

Таким образом, автором получены результаты, имеющие научную новизну, обоснованы практические рекомендации по их использованию.

Замечания.


1. Не указаны погрешности при проведении измерений поверхностной проводимости: табл. 1 и 2 на страницах 16 и 18 автореферата.
2. Автором не рассматриваются размерные ограничения для приводимых физико-математических моделей.

Апробация результатов.

Материалы исследования достаточно полно опубликованы в рецензируемых изданиях (9 публикаций в изданиях перечня ВАК и Scopus), представлены на тематических международных и всероссийских конференциях (14 докладов).

Заключение.

Диссертация Лузянина С.Е., судя по автореферату, представляет собой законченное научное исследование и удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям согласно «Положению о порядке присуждению ученых степеней», а сам автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. Физика полупроводников.

Доктор физико-математических наук, профессор  Винтайкин Борис Евгеньевич
07.06.23

Научная специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Профессор кафедры физики, МГТУ имени Н.Э. Баумана

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)», 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская д.15 стр.1
Тел.: +7(499)263-63-68, e-mail: vintaikb@mail.ru + vintaikb@bmstu.ru

ПОДЕЛИТЬСЯ ЗАВЕРЖЕНО

ЗАМ. НАЧАЛЬНИКА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВА
НАЗАРОВА О. В.

ТЕЛ. 8-499-263-60-48



ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ

диссертационной работы Лузянина Сергея Евгеньевича «Электрические свойства ограниченных полупроводников с естественными и искусственными неоднородностями», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.11. Физика полупроводников

Диффузия и эпитаксия позволяют создавать различные слоистые структуры, являющиеся основой микро- и нанoeлектроники. Тема диссертационной работы С.Е. Лузянина является актуальной, поскольку зондовые методы, применяемые на практике для данных материалов, не учитывают особенностей распределения электрических полей в ограниченных образцах. При современных высоких требованиях к качеству материалов электронной техники задачи контроля однородности и определения закономерностей залегания примесей продолжают оставаться одними из ключевых в метрике полупроводников и не теряют своей актуальности.

Целью диссертационной работы С.Е. Лузянина является изучение особенностей электронного переноса в полупроводниковых материалах электронной техники, обладающих неоднородностью электрофизических свойств, с последующей разработкой новых методик исследований таких важных кинетических параметров, как удельная электропроводность и холловская подвижность. Обозначенная в диссертационной работе цель достигается с помощью формулирования соответствующих краевых задач и их решения методом разложения в ряд Фурье. Следует отметить, что полученные в работе выражения для расчета потенциала представлены в виде, удобном для расчета с использованием прикладных компьютерных программ.

В диссертационной работе на основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований можно выделить следующие основные научные и практически значимые результаты:

- получены аналитические выражения для электрического потенциала в искусственно неоднородных полупроводниковых пластинах и пленках при положении токовых контактов на поверхности образцов с плоскими границами. Большинство полученных выражений проверены экспериментально на различных полупроводниковых образцах;
- предложены новые методики измерения поверхностной электропроводности при расположении токовых контактов согласно наиболее распространенным методам с линейным расположением зондового пробника;
- произведено расширение четырехзондового метода с линейным расположением зондов на поверхности образца на случай измерения локальным образом компонент тензора удельной электропроводности классически узких и толстых полупроводниковых образцов;
- разработана и экспериментально реализована методика получения точечных никелевых контактов к арсениду галлия, исследовано влияние примесей на вольтамперные характеристики полученных контактных структур;
- впервые выполнен общий теоретический анализ распределений электрических полей и токов в диффузионных легированных полупроводниках при зондовых измерениях.

Замечания:

1. Формула (1) на странице 8 не учитывает диффузионных токов, поэтому авторская модель имеет ограничения для расчета полей – рассматриваемые автором геометрические размеры образцов и межзондовых расстояний должны быть существенно больше длины свободного пробега электронов проводимости.

2. Некоторые предложения в тексте неудачно сформулированы, например:
Страница 12 автореферата: «С использованием зондовой микроскопии (СММ-2000) определены параметры шероховатости *поверхности никеля*, влияющие на эксплуатационные свойства контактных структур.» О какой «поверхности никеля» или её части идет речь?

Страница 14: «Полученные выражения для потенциала позволяют проанализировать распределение потенциала и плотности тока в *неоднородном по глубине образце*». Словосочетание «неоднородном по глубине» требует уточнения.

Есть и другие неточности и стилистические ошибки. Подобные неточности в тексте могут возникать, когда автор сокращает текст диссертации при написании автореферата.

Из приведенного списка публикаций можно заключить, что основные результаты работы были представлены на необходимом количестве семинаров и конференций, имеется достаточное количество статей в рецензируемых изданиях, в том числе 9 работ в журналах перечня ВАК и международной базы цитирования Scopus.

Общее заключение. Таким образом, автором получены результаты, имеющие научную новизну, обоснованы практические рекомендации по использованию предлагаемых методик исследований неоднородных полупроводников. Судя по автореферату, диссертация Лузянина С.Е. представляет собой законченное научное исследование и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а сам автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. Физика полупроводников.

Профессор кафедры физической электроники
института физики Российского
государственного педагогического
университета имени А.И. Герцена,

Кастро Арата Рене Алехандро

доктор физико-математических наук, профессор
специальность 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена»
191186, г. Санкт-Петербург, ул. Набережная реки Мойки, д. 48
Тел. (раб.): +7(812)3144885, e-mail: recastro@mail.ru

РГПУ им. А.И. ГЕРЦЕНА
подпись Рене Алехандро
Рене Алехандро
удостоверяю «08» 06 2013 г.
Отдел кадров управления по работе с кадрами
и организационно-контрольному обеспечению

Ведущий документовед
отдела кадров
В.В. Рубничик
В.В. Рубничик

Начальник управления подготовки
и аттестации кадров высшей
квалификации
А.А. Лактионов

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Лузянина Сергея Евгеньевича «Электрические свойства ограниченных полупроводников с естественными и искусственными неоднородностями», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. Физика полупроводников.

Диссертационная работа Лузянина С.Е. «Электрические свойства ограниченных полупроводников с естественными и искусственными неоднородностями» посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям кинетических и контактных явлений в полупроводниковых материалах, в которых в процессе их получения различными приемами распределяются примеси.

Тематика проведенных исследований, безусловно, актуальна, так как она направлена на решение проблемы повышения эффективности лабораторных исследований и промышленного контроля современных полупроводниковых материалов.

Автором проделана существенная работа как теоретического, так и экспериментального характера по решению поставленной цели, которая была успешно достигнута, а планируемые задачи выполнены.

К наиболее значимым результатам, полученным автором, следует отнести следующие:

1. Получены теоретические выражения в виде рядов специальных ортогональных функций для расчета трехмерных распределений потенциалов при зондовых измерениях в объеме диффузионно- и ионно-легированных полупроводников с плоскими границами, позволившие количественно характеризовать эффекты концентрирования плотности тока и потенциала в данных материалах в приконтактных областях.

2. Выполнен аналитический и количественный расчет электрических полей в полупроводниковых структурах с пространственной и электронной неоднородностью, в частности n^+ - n и p^+ - p структур. С помощью полученных выражений для потенциалов было проведено моделирование электрического поля в ограниченном образце, показано концентрирование плотности тока и электрического потенциала в области полупроводника с примыкающими к ней токовыми контактами.

3. Практически реализован локальный электрохимический метод получения контактов металл-полупроводник (Ni-GaAs) и исследованы его свойства. Показано высокое качество получаемых контактов.

Автореферат написан хорошим научным языком и достаточно иллюстрирован.

К недостаткам работы следует отнести следующие:

1. Для рассчитываемого распределения потенциала в структурах n^+ - n и p^+ - p , не учитывается влияние контактной разности потенциалов;
2. Современные методы зондового сканирования поверхности полупроводников часто используют атомно-силовые микроскопы, в автореферате ничего не говорится о применимости разработанных методик для АСМ при исследованиях методом сопротивления растекания.

Эти замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертации в целом.


Из текста автореферата следует, что содержание диссертационной работы Лузянина С.Е. соответствует паспорту научной специальности 1.3.11. Физика полупроводников.

Материалы диссертации многократно докладывались на различных конференциях высокого ранга и отражены в 23 работах (из которых 9 в рецензируемых журналах списка ВАК и Scopus).

Считаю, что диссертация Лузянина С.Е. «Электрические свойства ограниченных полупроводников с естественными и искусственными неоднородностями», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. Физика полупроводников, является законченным научным исследованием и по совокупности полученных результатов, их новизне и значимости соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Соискатель Лузянин Сергей Евгеньевич заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. Физика полупроводников.

Доктор физико-математических наук
(01.04.10 – физика полупроводников и диэлектриков), профессор, лауреат Государственной премии РФ, профессор Высшей школы физики и технологий материалов Института машиностроения, материалов и транспорта федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»


Немов Сергей Александрович

14.06.2023

Почтовый адрес: 195521, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29, СПбПУ Петра Великого, ИММиТ
Телефон: +7 921 347-30-33
e-mail: nemov_s@mail.ru

