

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ

УДК 621. 315. 592.

На правах рукописи

ЗИКРИЛЛАЕВ НУРУЛЛА ФАТХУЛЛАЕВИЧ

АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В
СИЛЬНОКОМПЕНСИРОВАННОМ КРЕМНИИ

Специальность 01.04.10 - физика полупроводников и диэлектриков

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

доктора физико - математических наук

ТАШКЕНТ - 2002 г.

О Г Л А В Н Е Н И Е

Введение	_____
	<u>6</u>
Глава I Автоколебательные процессы в полупроводниках, проблемы и перспективы их исследования.	_____ <u>14</u>
1.1 Автоколебательные процессы в полупроводниках и полупроводни-ковых структурах	_____ <u>17</u>
1.2 Постановка задачи	_____ <u>34</u>
Краткие	_____ <u>37</u>
Выводы	
Глава II Получение сильнокомпенсированного кремния, легированного примесями создающими глубокие уровни, с управляемыми концентрациями электроактивных примесных атомов.	_____ <u>38</u>
2.1. Управление концентрацией электроактивных атомов примесей создающих глубокие уровни в кремнии	_____ <u>39</u>
2.2 Технология получения сильнокомпенсированного кремния с заданными и воспроизводимыми параметрами, легированного марганцем, цинком и серой	_____ <u>43</u>
2.3 Технология получения полупроводниковых структур p ⁺ -p(Si<Mn>)-p ⁺ на основе сильнокомпенсированного кремния легированного марганцем	_____ <u>49</u>
2.4 Методы определения электрофизических параметров сильнокомпенсированных образцов кремния и способ позволяющий	

комплексно исследовать автоколебания тока
53

2.5 Погрешности измерений

56

Выводы

57

Глава III Температурно-электрическая неустойчивость тока в
сильнокомпенсированном кремнии

59

3.1 Некоторые особенности инфракрасного и температурного гашения
фотопроводимости в сильнокомпенсированном кремнии в зависимости от
электроактивных концентрации примесных атомов

60

3.2 ТЭН В сильнокомпенсированном кремнии, зависимость условий
возбуждения и параметров автоколебаний тока от типа проводимости,
степени компенсации и концентрации электроактивных примесных
атомов 66

3.3 Влияние внешних воздействий на условия возбуждения и
параметры низкочастотных автоколебаний тока в сильнокомпенсированном
кремнии 78

3.3.1. Температурная зависимость условий возбуждения и параметров
автоколебаний тока в сильнокомпенсированном
кремнии 79

3.3.2. Влияние интенсивности освещения и частоты
монохроматического света на условия возбуждения и параметры
автоколебаний тока в сильнокомпенсированном
кремнии 83

3.3.3 Влияние продольного и поперечного направления магнитного
поля на условия возбуждения и параметры автоколебаний тока в

сильнокомпенсированном

кремнии _____ 89

3.4 Обсуждение результатов
эксперимента _____ 98

Выводы

_____ 104

ГЛАВА IV Рекомбинационные волны в сильнокомпенсированном
кремнии и некоторые их особенности

_____ 107

4.1 Рекомбинационные волны в сильнокомпенсированном
кремнии _____ 108

4.2. Зависимости условий возбуждения и параметров РВ в
сильнокомпенсированном кремнии от
температуры _____ 118

4.3. Рекомбинационные волны в сильнокомпенсированном кремнии
при воздействии магнитного поля

_____ 124

4.4 Влияние одноосной упругой деформации на условия возбуждения и
параметры РВ в сильнокомпенсированном

кремнии _____ 129

4.5. Механизм рекомбинационных волн в сильнокомпенсированном
кремнии _____ 1

35

Выводы

_____ 145

ГЛАВА V. Автоколебания тока в структурах $p^+ - p$ (Si<Mn>)- p^+ на основе
сильнокомпенсированного кремния

_____ 147

§5.1. Исследование вольт - амперной характеристики структур $p^+ - p(Si\langle Mn \rangle) - p^+$ на основе сильнокомпенсированного кремния _____ 148

§5.2. Инжекционные автоколебания тока в структурах $p^+ - p(Si\langle Mn \rangle) - p^+$, зависимость условий возбуждения и параметров автоколебаний от степени компенсации и толщины базы _____ 156

§5.3 Влияние внешних воздействий на условия возбуждения и параметры инжекционных автоколебаний тока в структурах $p^+ - p(Si\langle Mn \rangle) - p^+$ _____ 160

§5.4. Динамический хаос и гистерезис автоколебаний в сильнокомпенсированном кремнии _____ 172

§5.5 Особенности автоколебательных процессов в сильнокомпенсированном кремнии _____ 178

§5.6 Механизм автоколебаний тока в структурах $p^+ - p(Si\langle Mn \rangle) - p^+$ на основе сильнокомпенсированного кремния _____ 186

Выводы _____ 188

Глава VI Возможности практического применения автоколебаний тока в образцах сильнокомпенсированного кремния в электронике _____ 191

§ 6.1. Твердотельные генераторы инфранизких и звуковых частот на основе автоколебаний тока в сильнокомпенсированном кремнии _____ 192

§ 6.2. Инфракрасный фотоприёмник, работающий при наличии фонового освещения на основе сильнокомпенсированного кремния _____195

§6.3. Фотоприёмники ИК излучения на основе автоколебаний тока в сильнокомпенсированном кремнии _____198

§6.4. Создание принципиально новых видов датчиков физических величин на основе автоколебаний тока в сильнокомпенсированном кремнии _____2

02

Выводы _____
205

Заключение _____
06

Список опубликованных работ по теме диссертации _____
212

Литература _____
19

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Обнаруженные автоколебания тока в полупроводниках, с научной и прикладной точки зрения являются одним из самых ярких и многообещающих физических эффектов, позволяющих развить новое научное направление неравновесных термодинамических эффектов в твердых телах и использовать их в электронике.

Анализ литературных данных показал, что еще до конца не изучены физические механизмы возбуждения автоколебаний тока и закономерности кинетики изменения параметров (амплитуда, частота), а также физика переходных процессов различных типов автоколебаний тока обнаруженных в одном и том-же полупроводниковом материале. Кроме этого до настоящего времени отсутствуют достоверные теоретические и экспериментальные данные о термодинамических условиях существования автоколебательной среды, как источнике регулярных, стабильных и воспроизводимых автоколебаний тока с управляемыми параметрами.

В прикладном аспекте автоколебания тока в полупроводниках позволяют создать целый класс новых приборов функциональной электроники (твердотельные генераторы различного назначения, запоминающие элементы и устройства памяти, приборы записи и передачи информации, оптоэлектронные приемники и т.д.) и принципиально новое поколение датчиков физических величин с амплитудно-частотным выходом.

Все эти научные и практические задачи могут быть успешно решены, только в том случае, если реализуются автоколебательные процессы в специально создаваемых автоколебательных средах, на основе полупроводниковых материалов, когда они находятся в крайне неравновесном термодинамическом состоянии. Автоколебательная среда-это среда, где каждый физический малый элемент в ней должен обладать потенциальными автоколебательными свойствами и все эти элементы должны быть связаны между собой процессами переноса, т.е. возбуждаемое колебание распространялось по объему исследуемого материала. Поэтому

исследование физических особенностей термодинамических условий существования автоколебательных сред в полупроводниках с крайне неравновесными термодинамическими состояниями, определение технологических возможностей создания таких сред и наконец изучение автоколебательных процессов является весьма актуальной задачей как в научном так и в прикладном аспекте.

Цель и задачи работы: Целью настоящей диссертации является, экспериментальное изучение и теоретическое обоснование факта, что кремний в состоянии сильной компенсации можно рассматривать как автоколебательную среду, а также всестороннее и комплексное изучение различных видов автоколебаний тока в сильнокомпенсированном кремнии.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить термодинамические условия существования автоколебательных сред в зависимости от типа, характера и зарядового состояния компенсирующих примесей.

- определить оптимальные технологические условия получения (создания) автоколебательных сред в сильно компенсированном кремнии.

- установить корреляцию между условиями возбуждения и изменением параметров автоколебаний тока от электрофизических параметров сильнокомпенсированного кремния;

- исследовать автоколебания тока в широком интервале воздействия электрических и магнитных полей, температуры, а также освещенности как интегрального, так и монохроматического света.

- возбуждение и исследование автоколебаний тока различной природы в одном и том же материале и установление закономерности перехода их от одного типа к другому.

- создать принципиально новый класс датчиков физических величин и твердотельных генераторов от инфранизких до звуковых частот, которые позволяют визуально наблюдать и регистрировать автоколебания тока с амплитудно-частотным выходом.

- создать модель автоколебаний тока в сильнокомпенсированном кремнии с учетом механизма наблюдаемых разных видов колебаний, а также от характера компенсирующих примесей.

Научная новизна.

- Показано и научно обосновано, что сильнокомпенсированный кремний является автоколебательной средой и хорошим физическим объектом для исследования автоколебательных процессов.

- Установлены термодинамические и граничные значения электрофизических параметров сильнокомпенсированного кремния для создания автоколебательной среды позволяющей получить стабильные и воспроизводимые автоколебания тока с управляемыми параметрами.

- Установлено, что автоколебания тока в сильнокомпенсированном кремнии, это не случайный процесс а закономерный эффект, существование которого определяется термодинамическим состоянием исследованного материала.

- Комплексно исследованы автоколебательные процессы в условиях сильной компенсации кремния легированного марганцем, цинком и серой. Определены закономерности изменения условий возбуждения и параметров автоколебаний тока от удельного сопротивления и типа проводимости материала, а также от характера и концентрации электроактивных примесных атомов.

- Показано, что автоколебательная среда на основе кремния в условиях сильной компенсации позволяет возбуждать в одном и том же образце различные типы автоколебаний тока и установлена взаимосвязь между ними.

- Предложена модель объясняющая механизмы наблюдаемых автоколебаний тока с различной природы в сильнокомпенсированном кремнии с учетом многозарядности и неоднородного распределения примесных атомов. Получены новые экспериментальные данные в области физики глубоких уровней, дающие ценную информацию о роли и поведении примесных атомов в кремнии в условиях сильной компенсации.

Практическая ценность:

- Определены оптимальные технологические и термодинамические условия легирования, позволяющие управлять концентрацией электроактивных примесных атомов марганца, цинка и серы.
- Впервые разработана технология получения сильнокомпенсированного кремния с воспроизводимыми электрофизическими параметрами с учётом давления паров диффузантов цинка и серы, которая позволила существенно уменьшить эррозию поверхности кремния во время термодиффузии.
- Комплексные исследования условий возбуждения и параметров автоколебаний тока в сильнокомпенсированном кремнии в зависимости от внешних факторов, дают возможность создания твердотельных генераторов и совершенно нового класса датчиков физических величин в функциональной электронике.
- Защищены авторскими свидетельствами:
- Твердотельный генератор инфранизких частот, с большой амплитудой $I \sim 300$ мА и со $\sim 100\%$ глубиной модуляции. А.С.№1342347.
- Твердотельный генератор на основе инжекционных автоколебаний тока в структурах $p^+ - p(\text{Si} \langle \text{Mn} \rangle) - p^+$ А.С.№1551176

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Эффект увеличения кратности инфракрасного и температурного гашения фотопроводимости в сильнокомпенсированном кремнии, с ростом концентрации электроактивных примесных атомов.
2. Сильнокомпенсированный кремний, легированный примесными атомами создающими глубокие уровни, при выполнении определенных термодинамических условий может служить как автоволновая среда, позволяющая наблюдать автоколебания тока с разной природой возбуждения.

3. Закономерности изменения условий возбуждения и параметров автоколебаний тока в зависимости от типа проводимости, и степени компенсации сильнокомпенсированного кремния, а так-же от характера и концентрации электроактивных примесных атомов.
4. Термодинамические условия эффекта гашения автоколебаний тока от температуры, освещенности и напряженности магнитного поля.
5. Кинетика переходных процессов автоколебаний тока от одного вида к другому, и их зависимость от характера легирующих элементов.

На основе развитых в диссертации научных положений получена совокупность новых экспериментальных результатов, которые представляют вклад в физику неравновесных процессов полупроводников. При этом решена важная научная проблема: определены термодинамические и технологические условия существования автоколебательной среды на основе сильнокомпенсированного кремния. Создание такой среды позволяет установить закономерности термодинамических условий существования автоколебаний тока с управляемыми параметрами и различной природой, а так-же позволяет разработать принципиально новый класс приборов функциональной электроники. Результаты исследований автоколебательных процессов дают полное основание считать, что сильнокомпенсированные полупроводники, в частности сильнокомпенсированный кремний, можно считать материалом нового класса, который обладает уникальными физическими свойствами. **С научной точки зрения эти исследования вносят весомый вклад в развитие нового перспективного научного направления как физика неравновесных термодинамических эффектов в сильнокомпенсированных полупроводниках .**

Разработан и создан в лабораторных условиях твердотельный генератор от инфранизких до звуковых частот с легко управляемыми параметрами. Показаны возможности создания совершенно нового класса датчиков физических величин в функциональной электронике.

Объект исследования:

В качестве объекта исследования использовались промышленные монокристаллические образцы кремния марки КДБ – 0,3; 0,5; 1, 2, 10,100 и КЭФ-0,1; 0,5; 1; 2; 7; 5; 10; 80, (концентрация бора и фосфора была $N=10^{14} \div 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$), которые были легированы примесными атомами марганца, цинка и серы. Выбор диктовался тем, чтобы получить сильнокомпенсированный кремний с разным типом (донорный, акцепторный) и зарядовым состоянием легирующих примесей. Также эти примеси находятся в различных положениях в кристаллической решетке кремния.

Достоверность результатов обеспечена комплексным применением современных независимых методов измерений в процессе исследования, которые дают достоверную и полную информацию о электрофизических свойствах полученных сильнокомпенсированных образцов и параметрах автоколебаний тока.

Личный вклад. Представленные в диссертации научные результаты получены в Ташкентском Государственном Техническом Университете в рамках тематического плана НИР кафедры «Физическая электроника и микроэлектронные приборы», одним из ответственных исполнителей которых является автор. В работе использованы некоторые совместные результаты, вошедшие в кандидатские диссертации Арзикулова Э, Аюпова К.С., Саъдуллаева А.Б., а также ряд материалов, опубликованных совместно с другими сотрудниками кафедры, которые были получены при непосредственном участии автора диссертации. Научное обобщение экспериментальных результатов, представленных в диссертации, выполнено лично автором.

Апробация работы.

Результаты работы докладывались и обсуждались на VII симпозиуме по вторичной электронной эмиссии и фотоэлектронной эмиссии, спектроскопии поверхности твердого тела (г. Ташкент, 1990 г.), на научно-технической конференции «Перспективные материалы твердотельной электроники. Твердотельные преобразователи в автоматике и робототехнике» (г. Минск, 1990 г.), на второй всесоюзной конференции по фотоэлектрическим явлениям в полупроводниках (г. Ашхабад, 1991 г.), на международной научной конференции «Новые материалы и приборы» (г. Ташкент, 1994-2001г.), на конференции преподавателей и аспирантов ТГТУ (г. Ташкент, 1994-2001 г.), на международной конференции «Современные проблемы физики полупроводников и диэлектриков» (г. Ташкент, 1995 г.), на международной конференции «Проблемы теоретической физики и физики твердого тела» (г. Бухара, 1997г), на международной конференции «Центры с глубокими уровнями в полупроводниках и полупроводниковых структурах» (г. Ульяновск, Россия, 1996-1997г.), на международной конференции International Symposium on Advanced Materials (1997,1999,2001г,) Islamabad, Pakistan, Кремний -2000., Кремний -2001., г. Москва и др.

Тема данной диссертации входит в программу фундаментальных исследований проблем физики и астрономии, утвержденной государственным комитетом науки и техники зарегистрированной под шифром 2ф. 1.3.7. за период 1997-1999, 2000-2002г.

Результаты экспериментальных, теоретических и технологических работ по данной диссертации связанные с исследованием автоколебательных процессов в сильнокомпенсированном кремнии дают полное основание считать, что они являются совершенно новыми материалами, которые содержат уникальные физические данные открывающие новое перспективное направление в физике полупроводников как физика неравновесных термодинамических эффектов в сильнокомпенсированных полупроводниках.

По результатам опубликовано 50 научных работ в том числе в журналах 22 статьи, из них 15 в зарубежных журналах, получено 2 авторских свидетельства на изобретения, а также 26 тезисов докладов в сборниках. Список работ приведен в конце диссертации.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, заключений, и приложения, содержит 57 рисунков, 15 таблиц, список литературы из 223 наименований и изложена на 251 страницах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана воспроизводимая технология получения сильнокомпенсированного кремния легированного атомами марганца, цинка и серы, с удельным сопротивлением $\rho=10^2\div 10^5\text{Ом}\cdot\text{см}$. Определены оптимальные технологические и термодинамические условия легирования, позволяющие управлять концентрацией электроактивных примесных атомов в сильнокомпенсированном кремнии.

Показаны возможности управления концентрацией электроактивных легирующих атомов, с подбором концентрации исходных примесей бора и фосфора в кремнии. Впервые был получен сильнокомпенсированный кремний с максимальными концентрациями электроактивных примесных атомов марганца, цинка и серы.

2. Впервые разработана технология получения сильнокомпенсированного кремния с воспроизводимыми электрофизическими параметрами с учетом давления паров диффузантов цинка и серы которые позволили существенно уменьшить эрозию поверхности кремния во время термодиффузии. Кроме этого показана возможность управления электрофизическими параметрами сильнокомпенсированного кремния, управляя давлением паров диффузанта при фиксированной температуре диффузии.

3. Разработана технология получения инжектирующих контактов на основе сильнокомпенсированного кремния, позволяющая получить следующие структуры: $p^+-p(\text{Si}\langle\text{Mn}\rangle)-p^+$; $p^+-n(\text{Si}\langle\text{Mn}\rangle)-p^+$; $n^+-p(\text{Si}\langle\text{Mn}\rangle)-n^+$; $n^+-n(\text{Si}\langle\text{Mn}\rangle)-n^+$. Показаны возможности управления степенью компенсации и типом проводимости базы структур, а также концентрацией носителей в инжектирующих контактах.

4. Исследованы закономерности изменения инфракрасного и температурного гашения фотопроводимости в сильнокомпенсированном кремнии в зависимости от концентрации электроактивных примесных атомов. Показано, что с ростом концентрации электроактивных примесных

атомов в сильнокомпенсированном кремнии не только увеличивается кратность гашения, но также смещается начало как ИК, так и температурного гашения фотопроводимости в сторону меньших значений энергии падающих фотонов и температуры.

5. Впервые всесторонне исследованы автоколебания тока типа ТЭН в сильнокомпенсированном кремнии с максимальными концентрациями электроактивных примесных атомов марганца, цинка и серы. Определены закономерности изменения условий возбуждения и параметры автоколебаний тока от типа проводимости, степени компенсации и концентрации электроактивных атомов, а также в зависимости от подбора легирующего элемента. При этом установлено, что минимальная концентрация электроактивных атомов для возбуждения низкочастотных автоколебаний тока должна быть $N \geq 10^{14} \text{ см}^{-3}$ и с ростом её расширяются граничные области автоколебаний. Также установлена чёткая корреляция между электрофизическими параметрами сильнокомпенсированного кремния с условием возбуждения и параметрами автоколебаний тока.

6. Определены граничные области существования низкочастотных автоколебаний тока в сильнокомпенсированном кремнии от температуры, интенсивности освещения интегрального и монохроматического света, спектральные области возбуждения. Установлены закономерности изменения условий возбуждения и параметров автоколебаний тока в исследованном интервале.

7. Впервые комплексно исследовано влияние внешних воздействий (дополнительной ИК подсветки, магнитного поля одноосного упругого сжатия) на условия возбуждения и параметры автоколебаний тока в сильнокомпенсированном кремнии. Показана возможность управления параметрами автоколебаний тока с помощью магнитного поля как поперечного, так и продольного направления.

8. Установлено, что в сильнокомпенсированном кремнии легированном марганцем, цинком или серой, на линейном участке ВАХ в

интервале температур 250÷350 К обнаружены автоколебания тока, условия и природа которых отличаются от ранее исследованных неустойчивостей тока типа ТЭН. Природа и величины параметров ($f=10^2\div 10^4$ Гц., $I=10^{-5}\div 10^{-4}$ А), а также температурная область существования автоколебаний тока свидетельствуют, что эти автоколебания тока в сильнокомпенсированном кремнии относятся к РВ.

9. Исследовано влияние степени компенсации и типа проводимости сильнокомпенсированного кремния легированного марганцем, цинком или серой, на условия возбуждения и параметры рекомбинационных волн. Показано, что возбуждение автоколебаний тока характерно для сильнокомпенсированных образцов кремния с удельным сопротивлением $\rho \geq 3 \cdot 10^2$ Ом·см. Определены зависимости условий возбуждения и параметры автоколебаний тока от приложенной напряженности электрического поля и интенсивности освещения.

10. Исследовано влияние внешних воздействий (магнитного поля и одноосного упругого сжатия) на условия возбуждения и параметры РВ в сильнокомпенсированном кремнии. Показано, что поперечное магнитное поле оказывает относительно сильное влияние, как на условия возбуждения, так и на параметры автоколебаний тока. Также показаны особенности этих зависимостей от подбора легирующего элемента в сильнокомпенсированном кремнии.

11. Определены граничные области существования инжекционных автоколебаний тока, в структурах $p^+ - p$ (Si<Mn>)- p^+ на основе сильнокомпенсированного кремния, в зависимости от удельного сопротивления базы и температуры. Показаны закономерности изменения условий возбуждения и параметров инжекционных автоколебаний тока от приложенной напряженности электрического поля.

12. Исследовано влияние магнитного поля на условия возбуждения и параметры инжекционных автоколебаний. Наличие магнитного поля приводит к существенному изменению условий возбуждения и параметров и

в определенной степени происходит даже затухание автоколебаний тока, т.е. обнаружено манитное гашение колебаний.

13. Впервые исследовано возникновение динамического хаоса и стохастических автоколебаний тока в сильнокомпенсированном кремнии. Показано, что условия возбуждения и параметры автоколебаний тока очень чувствительны к изменению различных внешних условий и изменение любого из них приводит систему к самоорганизованному переходу от регулярных автоколебаний тока к стохастическим или обратно к регулярным.

14. Показаны особенности исследованных автоколебательных процессов в сильнокомпенсированном кремнии. Впервые в одном и том же материале наблюдались и подробно исследованы три типа неустойчивостей тока, природа и механизмы которых сильно отличаются друг от друга. До настоящего времени в одном полупроводниковом материале и структуре не был определен такой широкий спектр автоколебаний тока. Исследованы переходные процессы автоколебаний тока в сильнокомпенсированном кремнии из одного типа в другой.

15. Предложена физическая модель автоколебаний тока в сильнокомпенсированном кремнии с учётом состояния примесных атомов марганца, цинка или серы в кристаллической решётке в условиях сильной компенсации. За основу для объяснения механизма автоколебаний тока в сильнокомпенсированном кремнии взята модель, согласно которой неоднородность материала приводит к появлению флуктуации потенциального рельефа зоны проводимости и валентной зоны.

16. Показана возможность практического использования автоколебательных процессов в сильнокомпенсированном кремнии для создания твердотельных генераторов и совершенно новых классов датчиков физических величин в полупроводниковой электронике имеющих амплитудно-частотный выход.

В заключение следует отметить, что в настоящей работе впервые комплексно и всесторонне исследованы автоколебательные процессы в сильнокомпенсированном кремнии с различной природой возбуждения. Определена максимальная и минимальная критическая концентрация электроактивных примесных атомов, при которой возбуждаются автоколебания тока.

Показаны возможности создания автоколебательной среды в зависимости от электрофизических параметров в сильнокомпенсированном кремнии и характера компенсирующей примеси в нем. Результаты исследований позволили не только определить граничные области существования переходных процессов автоколебаний тока с одного типа в другой, но и показали дальнейшее развитие этих исследований, с целью их практического использования в полупроводниковой электронике. В существующих моделях неоднородности компенсированных полупроводников, до настоящего времени, степень компенсации рассматривалась лишь как параметр, изменяющий амплитуду флуктационных потенциалов. Полученные нами экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что на величину амплитуды рельефа неоднородности влияет концентрация электроактивных атомов примесей, зарядовое состояние ионизированных центров, и их нахождение в кристаллической решетке кремния. Учет этих данных может дать существенный вклад в создание более законченной модели автоколебательных процессов в полупроводниках в условиях сильной компенсации.

На наш взгляд интересными с точки зрения как физических, так и прикладных задач в области исследования автоколебательных процессов полупроводников в ближайшем будущем могут быть следующие вопросы:

- Исследование автоколебательных процессов в специально создаваемых средах. Подробное изучение электрофизических свойств создаваемых автоколебательных сред на основе сильнокомпенсированного

кремния и определение минимальных размеров этих сред, в которых можно возбуждать автоколебания тока.

- Изучить распространение автоколебаний тока, возбуждаемых в локализованной точке, по объему полупроводника. Возбуждать и исследовать несколько типов автоколебаний тока в одном и том же материале, изучить кинетику переходных процессов при переходе их от одного типа к другому.

- Разработать технологию получения сильнокомпенсированного кремния, позволяющую управлять размерностью и числом неоднородностей.

- Исследовать известные физические эффекты обнаруженные в простых полупроводниках, когда полупроводниковый материал находится в крайне неравновесном состоянии.

Таким образом, эти вопросы подлежат дальнейшему изучению и представляют особую ценность в развитии физики неравновесных процессов полупроводников. При этом будет решена важная научная проблема создания автоколебательной среды на основе сильнокомпенсированного кремния, что позволяет развитию дальнейших исследований и открывает новые возможности использования их в функциональной электронике в качестве твердотельных генераторов и датчиков физических величин.

Основные результаты исследований, положения и выводы защищаемые в диссертационной работе, опубликованы в следующих научных работах:

1. Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф. «Низкочастотные колебания тока с большой амплитудой в компенсированном марганцем кремнии» ФТП, 1984, т.18 в. 12, с.2220-2222
2. Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Турсунов А.А., Аскарлов Ш.И. «Спектральная и температурная зависимости температурно-электрической неустойчивости в Si <Mn>» ДанУзССР, 1985, в.5 с.26-28

3. Бахадирхонов М.К., Турсунов А.А., Зикриллаев Н.Ф., Аскарлов Ш.И., Бугаева А.Ф. «Твердотельный генератор инфранизких частот. Авторское свидетельство №1342347. 1.06.1987 г.
4. Бахадирхонов М.К., Аскарлов Ш.И., Зикриллаев Н.Ф. «Влияние магнитного поля на температурно-электрическую неустойчивость в кремнии, легированном марганцем» А.А. «Влияние ИК подсветки на параметры низкочастотных ТЭН ФТП, 1986, т.20 в.3, с.423-426
5. Аскарлов Ш.И., Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Турсунов колебаний тока в кремнии, легированном марганцем» ФТП, 1986, т.20 в. 4, с.781
6. Бахадирхонов М.К., Турсунов А.А., Аскарлов Ш.И., Зикриллаев Н.Ф., Абдураимов А., Илиев Х.М. «Влияние упругого сжатия в направлении [100] на параметры ТЭН в кремнии, легированном марганцем». ФТП, 1986, т.20 в. 9, с.15-61-1564
7. Аскарлов Ш.И., Зикриллаев Н.Ф. «Влияние степени компенсации и концентрации примесей марганца на температура -электрическую неустойчивость в кремнии Si <Mn> » Дан Уз ССР, 1986, в.9 с.26-28
8. Бахадирхонов М.К., Турсунов А.А., Аскарлов Ш.И., Зикриллаев Н.Ф. «Температурно-электрическая неустойчивость в неоднородных полупроводниках» ФТП, 1987, т.21 в. 2, с.379
9. Голик Л.Л., Гутман М.М., Паксеев В.Е., Боходирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Турсунов А.А. «Динамический хаос и гистерезис автоколебаний в Si<Mn>, обусловленные температурно-электрической неустойчивостью.» ФТП, 1987, т.21 в. 8, с. 1400-1403
10. Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Турсунов А.А., Аскарлов Ш.И., Абдурахманов Х.Г. «Температурно-электрической неустойчивость в Si<Mn>, при комбинированном освещении» Дан Уз ССР, 1987, в.12 с.22-24
11. Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Турсунов А.А., Аскарлов Ш.И. «Неустойчивость инжекционного тока в кремнии, легированном марганцем» ФТП, 1988, т.22 в. 9, с.1716

- 12.Бахадирхонов М.К., Турсунов А.А., Аскарлов Ш.И., Зикриллаев Н.Ф. «Твердотельный генератор» Автор.свидет №1551176 от 15.11.1989 г.
- 13.Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Арзикулов Э.У. «Влияние упругости поров диффузанта на концентрацию электро активных атомов и степень компенсации образцов Si <Zn>» Письма ЖТФ, 1991 т.17, в.12, с. 1-4
- 14.Зикриллаев Н.Ф., Арзикулов Э.У.«Влияние электрического поля и температуры на параметры автоколебаний тока в образцах кремния, легированного цинком» Дан Уз ССР, 1991, в.11, с.27-29
- 15.Аюпов К.С., Зикриллаев Н.Ф. «Инжекционные автоколебания в структурах $p^+ - p^+$ на основе Si<Mn> » Дан Уз ССР, 1992, в.8-9 с.41-42
- 16.Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Арзикулов Э.У. «Низкочастотные колебания тока в компенсированном цинком кремнии» ФТП, 1992,т.26 в. 9, с.1536-1539
- 17.Аюпов К.С., Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф. Твердотельный генератор звуковых частот на основе $p^+ - p$ Si<Mn> $-p^+$ структур Письма в ЖТФ, 1995 г, т.21, в.14, с. 18-21
- 18.Бахадирхонов М.К., Аюпов К.С., Зикриллаев Х.Ф., Зикриллаев Н.Ф. Влияние одноосной упругой деформации на условия возбуждения автоколебаний в структурах $p^+ - p$ Si<Mn> $-p^+$ ЖТФ.1995г. т.21, в.8. с.22-25
- 19.Bakhadirkhanov M.S., Mavlynov A.Sh., Hamidov A., Zikrillaev N.F. «Strongly compensated semiconductor as a new phase state of solig» Jared international conference on Thase Transformation p.172-176, 1996 у Pakistan
- 20.Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Эгамбердиев Б. «Автоколебательные процессы в компенсированном кремнии» Радиотехника и электроника 1998г. т.43, в3, с.300-308
- 21.Бахадирхонов М.К., Курбонова У.Х., Зикриллаев Н.Ф. «Корреляция между параметрами материала и условиями возбуждения рекомбинационных волн в Si<S>» ФТП.1999, т. 33, в.1, с.25-26

- 22.Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Хамидов А., Сагдуллаев А.Б.
«Инфракрасный фотоприемник, работающий при фоновом освещении»
ДАН РУз, 1999, в.6 с.26-29
- 23.Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Сагдуллаев А.Б., Арзикулов Э.У.,
Азимхужаев Х. «Управление условиями возбуждения и параметрами
автоколебаний тока в компенсированном кремнии, легированном
марганцем» ФТП. 2000, т.34, в.2 с.177-179
- 24.Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Тошев А.Р. Фотоприемник на
основе сильнокомпенсированного кремния, легированного марганцем
Гелиотехника, 2001г. в.2 с.9-11
- 25.Бахадирхонов М.К., Аюпов К.С., Зикриллаев Н.Ф., Кодирова Ф.
Твердотельный генератор звуковых частот Патент №АДР-04948 Уз.Р
Давлат патент идорасини расмий ахборот номаси 2001й. №5.
- 26.Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Аюпов К.С., Сагдуллаев
А.Б.«Anomaly deep infrared quenching of photoconductivity in a strongly
compensated semiconductor» 5th International Symposium on «Advanced
Materials» 21-25 September 1997 у Pakistan
- 27.Бахадирхонов М.К., Аскарлов Ш.И., Зикриллаев Н.Ф. «Особенности
деградации примесей в кремнии при одновременном легировании двумя
примесями с глубокими уровнями» Тез.докл.1 Всесоюз. конф.
«Физические основы надеж и деград. п\п приборов» Кишинев, 1982, с.72
- 28.Бахадирхонов М.К., Аскарлов Ш.И., Зикриллаев Н.Ф., Юлдашев Г.Ф.,
Джумакулов Д. «Влияние серы на растворимость марганца в кремнии»
Тез.докл.V Все-союз.конф. по физ.-хим основам легир. п\п приборов и
материалов Москва, 1982, с.168
- 29.Бахадирхонов М.К., Аскарлов Ш.И., Зикриллаев Н.Ф., Штельмах К.
«Состояние привесных атомов марганца в сильно компенсированном
кремнии » Тез.докл.VII. Всесоюз симпоз.по спектроскопии кристаллов
актив. Ионнами редкозем и переход. Металлов Ленинград, 1982 с.172

30. Зикриллаев Н.Ф., Арзикулов Э.У. «Возможности использования автоколебания тока в образцах Si<Mn> для создания приборов микроэлектроники». IV Семинар по функциональной магнетоэлектронике, Красноярск, 1990г., с.215
31. Зикриллаев Н.Ф., Арзикулов Э.У., Аюпов К.С. «Высокочувствительный термисторы с отрицательным коэффициентом сопротивления на базе сильнокомпенсированном кремния» Науч.техн.кон «Перспективные материалы тверд. электр твердотельные преобраз. в автоматике и робототехнике», Минск, 1990 г, с.284
32. Бахадирхонов М.К., Аскарлов Ш.И., Зикриллаев Н.Ф., Норкулов Н., Шарипов Б.З., Пармонкулов И.П. «Сильнокомпенсированные полупроводник новый класс материалов для микроэлектроники» VII Междунар. Конф. «Микроэлектроника» 90 Минск, 1990, 16-18 октября
33. Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Арзикулов Э.У. «Новый способ регистрации ИК излучения на основе компенсированного кремния, легированного цинком» Тез.докл. II Всесоюзн. Конф. по «Фотоэлектрическим явлениям в полупроводниках», Ашхабад, 1991, с.6-7
34. Зикриллаев Н.Ф., Арзикулов Э.У., Аюпов К.С. Глубокие температурное гашение ФП и осцилляция фототока с большой амплитудой в компенсированных образцах кремния, легированного цинком Тез.докл. II Всесоюзн. конф. по «Фотоэлектрическим явлениям в полупроводниках», Ашхабад, 1991, с.72-73
35. Бахадирхонов М.К., Аюпов К.С., Зикриллаев Н.Ф. Функциональной датчик на основе компенсированного кремния Международной научно технической конференция «Проблемы физической и биомедицинской электроники» Киев 28-30 май 1996
36. Зикриллаев Н.Ф., Сагдуллаев А.Б., Аюпов К.С., Каршибаев И.А. «Энергические спектры примесей глубоких уровней в кремния при условиях сильной компенсации» Международная конференция «Центры о

глубокими уровнями в полупроводниковых структурах» г.Ульяновск 25-29
июнь 1997 г

- 37.Турсунов А.А., Зикриллаев Н.Ф. «Низкочастотные осцилляции фототока в кремнии, легированном марганцем» Тез.докл.всес науч.конф. «Фотоэлектрич явления в п\п» г.Тошкент, 1989,с.19
- 38.Зикриллаев Н.Ф., Арзикулов Э.У, Пулатов Ш.Ш. «Фотоэлектрические свойства сильнокомпенсированного кремния, легированного цинком » Тез. докл.всес науч. конф. «Фотоэлектрич явления в п\п» г.Тошкент, 1989, с.330
- 39.Арзикулов Э.У., Зикриллаев Н.Ф. «Фотоприемники видимого и инфракрасного излучения» Всес.науч.конф «Ученые и спец в решении соцэкономич проблем страны» г. Ташкент 1990 г.
- 40.Зикриллаев Н.Ф., Арзикулов Э.У., Аюпов К.С. «Двойное ИК гашение фотопроводимости сильнокомпенсированного кремния, легированного цинком» VII Симпоз по вторич электрофото-электр эмиссия и спектроскопии поверх твердо.телах г.Тошкент, 7-9 июнь 1990, с.116
- 41.Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Сагдуллаев А.Б. «Энергический спектр примесей с глубокими уровнями в полупроводниках» Международная конференция «Актуальные проблемы физики полупроводниковых приборов» 26 апрель 1997 Ташкент
- 42.Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Сагдуллаев А.Б. «Особенности ТГ ФП в сильнокомпенсированном полупроводнике» БухГУ, Межд. Конф. Проблемы теорической физики 24 апрель 1997 г
- 43.Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Сагдуллаев А.Б. «Электронная структура дефектов с глубокими уровнями в полупроводниках» Ургенчский ГУ I-нац. Конф. Рост кристаллов 3 октябрь 1997 г.
- 44.Бахадирхонов М.К., Аюпов К.С., Зикриллаев Н.Ф., Сагдуллаев А.Б. «Инжекционные колебания в полупроводниках» БухГУ, Межд. Конф. Проблемы теорической физики 24,04, 1997 г
- 45.Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф.,Сагдуллаев А.Б., Кодиров Д.Ж. О концентрации электроактивных примесных атомов марганца в кремнии.

Второй Российской конференции по материаловедению и физ.-хим. основному технологий получения легированных кристаллов кремния Кремний-2000 Москва 9-11. Февраль 2000 й.

46. Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Саъдуллаев А.Б. Фотоприемник для регистрации низких интенсивностей инфракрасного (ИК) излучения при наличии фонового освещения. Сборник трудов меж.кон. «Прикладные проблемы физики п\п». г.Тошкент, 1999.,15,09,с.4-5
47. Бахадирхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Саъдуллаев А.Б. Энергетические спектры примесей глубоких уровней кремния в условиях сильной компенсации. Сб.тр. меж. кон. «Центры с глубокими уровнями в п\п и п\п-вых структурах» г.Ульяновск, 29.06.1997 г.
48. Эгамбердиев Б.Э., Зикриллаев Н.Ф., Саъдуллаев А.Б. Функциональные датчики на основе сильнокомпенсированного кремния. Материалы меж. нау.кон. Посвященной 1200-летию Ахмада ибн Мухаммада ал-Фергани г. Тошкент, 28,09,1998, с.156-157.
49. Зикриллаев Н.Ф., Саъдуллаев А.Б. Кинетика инфракрасного (ИК) гашения фотопроводимости в сильно компенсированном кремнии легированном марганцем. Материалы меж. нау.кон. Посвященной 1200-летию Ахмада ибн Мухаммада ал-Фергани г. Тошкент,28,09, 1998,с.157-158.
50. M.K. Bakhadirhanov, N.F. Zikrillaev, Y.Y. Suhkosukov, M.R. Arzikulova. Solid generators on basis of highly combensated silicon. 7th International Symposium on «Advanced Materials» 17-21 September 2001y Islomobod Pakistan

В заключение считаю своим прямым долгом выразить глубокую благодарность моему научному руководителю, профессору, доктору физико-математических наук Мухаммадкабирову Саидхановичу Баходирханову за постоянную поддержку, внимание и ценные советы в обсуждениях полученных результатов при выполнении данной диссертации.

Я искренне благодарен сотрудникам лаборатории руководимой проф. Баходирхановым М.К. за большую помощь в проведении экспериментов и обработке полученных результатов, а так же плодотворную дискуссию при выполнении данной работы.

Выражаю также благодарность всему коллективу кафедры ”Физическая электроника и микроэлектронные приборы” факультета “Электроники и Автоматики” и руководству Ташкентского Государственного Технического Университета за поддержку и дружескую атмосферу во время выполнения данной диссертации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Люзо Л.Л., Шмшкувич В. Л. Новый вид на стабильности инжектированной плазмы в германии. ФТТ, 1966, 8. в. 5, с.1939-1640.
2. Пожела Ю.К. Плазма и токовые неустойчивости в полупроводниках. Москва, Наука, 1977.
3. Morkog H., Hoss K., Strectmanb., Keever M. Demonstration of a new oscillator based o real-shace transfer inhetero-juction. Apee. Phes. Leet., 1980, v.40, №6, p. 493-495.
4. Каплан Б.И., Коплюх А.Г., Малютенко В.К. Винтовая неустойчивость в неоднородном электрическом поле. - ФТП, 1987, т.21, в.2, с.355-357.
5. Zakari M. Stochastic model of pbusma waves for a zimple band stucture in semiconductors. Phys Rev B. 1998-57, в.19 с.12145-12150.
6. Бородавский П.А. Лучинин С.Д., Осадчик В.М., Погреб Р.М. о механизме доменной неустойчивости тока в n-InSb. -АТП,1979, т.13, в.9, с.1867-1871.
7. Сафронова О.И. Исследование тепловых доменов.-ФТП, т.13, в.11, с. 2081-2086.
8. Шушкевич В.Л., Люзе Л.Л. Влияние статического домена на вольтамперную характеристику. -ФТП, 1979, т.4, в.3, с.650-652.
9. Шушкевич В.Л., Люзе Л.Л. Неустойчивость статического домена. ФТП,1971, т.5, в.2, с.318-320.
10. Жданова Н.Г., Каган М.С., Калашников С.Г. Неустойчивость тока и электрические домены в компенсированном германии. -ФТП, 1966, т.8, в.3 с.788-791.
11. Падо Г.С., Пустовойт В.С., Токаров Е.Ф. Электрические домены в монокристаллах GdSe при джоулевом нагреве.-ФТП,1968, т.10, в.6, с.1743-1745.
12. Пустовойт В.И., Калашников С.Г., Падо С.Г. Температурно-электрические домены в GdSe ФТП,1969, т.3, в.6, с.832-839.

- 13.Быковский Ю.А., Зуев В.В., Кирюхин А.Д., Тимошин В.Т. Электротепловые домены в электроном кремнии. - ФТП,т.9,в.9,с.1766-1770.
- 14.Germanova K.G., Marinova M. Experimental Study concerning the velocity of high field domains in CdS single crystals. Phus. Stat. Sol.,(a), 1970,v
- 15.46.Germanova K.G., Temperature-electrical domains moving in the cathode-anode direction in CdS monocristals Appe.Phus.,1973,v.
- 16.Germanova K.G., Marinova K.m, Stainov S.D. On opticalmethod for measuring temperature and fed in semiconductors. I.Phus D. Appe., Phus., 1978,v.11,p.2383-2390.
- 17.Germanova K.G., On some stationary and non- stationary temperature-electric instabilities in photoconducting CdS crystals. Phus.Stat.,(a) 1978,v.49,p.499-507.
- 18.Gilbert F., Hoffman H.I. A new type of electrical instability in CdS. Phun. Stat. Sol.(a) 1975, v.31,p543-546.
- 19.Германова К.Г. Исследования на доменную рекомбинационного нестабильности в фотопроводящих кристаллах кадмия сульфида. Автореф. Дисс.к.ф.-м.н. София, 1974.
- 20.Сеноксов Э.А., Суринов В.Г., Цирулик Л.Г. О механизме доменной неустойчивости в эпитаксиальных слоях Zn Ne; In, Вести. Приднестров. Ун-та R 1996.№1. С.120-124.5
- 21.Shiau Yuо-Hsien, Ghend Yi-Gher, Hu Ghin-Kun Стохастическая задержка движения доменов и нестабильность тока в диодах Ганна. Phys Rev E 1998.57. №2а. 1227-1230.
- 22.Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. О Возможности рекомбинационной неустойчивости в полупроводниках.-ФТП,1965,т.7,в.3,с.750-758.
- 23.Константинов О.В., Перель В.И. Рекомбинационные волны в полупроводниках ФТП,1964, т.6,в.11,с.3364-3371.

24. Константинов О.В., Перель В.И., Царенков Г.В. Условия существования медленных и быстрых рекомбинационных волн в полупроводниках,- ФТП,1967,т.9,в.6,с.1761-1770.
25. Карпова И.В., Калашников С.Г., Константинов О.В., Перель В.И. Рекомбинационные волны в магнитном поле:1.Проводимость в скрещенных электрическом и магнитном поле. ФТП.1972.т.16. в.11.с.2189-2197.
26. Карпова И.В., Калашников С.Г., Константинов О.В., Перель В.И. Рекомбинационные волны в магнитном поле:2. Зависимость критического электрического поля неустойчивости от магнитного поля. ФТП.1973.т.7. в.1.с.72-75.
27. Карпова И.В., Калашников С.Г. Колебания тока в германии n- типа примесью марганца.- ФТП,1968,т.2,в.5,с.954-956.
28. Карпова И.В. Процессы рекомбинации и рекомбинационные волны в биполярной плазме полупроводника с глубокими центрами. Доктрская диссертация, Москва, 1982.
29. Карпова И.В., Сыровегин С.М. Рекомбинаационных волн в германии с золотом. ФТП.1982.16.в.9,с.1601-1605.
30. Богун П.П., Корнилов Б.В. Рекомбинационные волны в германии с никелем. ФТП,1976.10.в.4. с.765-768.
31. Antognetti P., Chaibrera A., Ridella S. New Instability critetion for recombination wave diodes. Appl,Phys.Lett.1971,18,N 12,P.544-546.
32. Karpova I.V., Kalashnikov S.G., Konstantinov O.V., Perel V.I., Tzarrenkov G.V. Current instability in Germanium duc to Excitation of the Recombination Waves. Phys.Stat.Solidi.1969.33.N2.P.863-872.
33. Александрова Г.А., Завадский Ю.И., Корнилов Б.В. Неустойчивость тока в эпитаксиальных слоях GaAs, компенсированных несколькими примесями с глубоким уровнями энергии. ФТП, 1975.т.9. в.4.с.747-749.
34. Marinova K. Recombination waves in CdS Induced by Optical Quenching. Ahhl.Phys.1973,1,P.141-145.

35. Holonyak N. Bevacqua S.F. Oscillation in semiconductors due to deep levels. Appl Phys. Lett., 1963, v.2 N-4, p.71-73
36. Сабликов В.А. Условия возбуждения рекомбинационных волн в органических полупроводниках, - ФТП, 1982, т.16, в.10, с.1759-1767.
37. Корнилов Б.В., Колебания электронно-дырочной плазмы типа рекомбинационных волн в МДМ- структуре ФТП, 1973, т.7, в.4, с.828-831.
38. Завадский Ю.И., Корнилов Б.В. рекомбинационные волны в кремнии, легированном цинком ФТП, 1969, т.11, в.6, с.1194-1504.
39. Sah C.T., Walker T.W. Thermally stimulated capacitance for shallow majority-carriers traps in the edge region of semiconductor junctions. Appl.Phys. Letters. 1973, v.22, N8, P.384-385.
40. Rosier L.L., Sah C.T. Thermal emission and capture of electrons at sulfur centres in silicon. Sol.Stat.Electron.1971, V.14, p.41-54.
41. Camphausen D.L., James H.M., Sladen R.I. Influence of hydrostatic pressure and temperature on the deep donor levels of sulfur in Silicon Phys.Rev. 1970, v/2, p.1899-1917.
42. Корнилов Б.В., Привензенцев В.В. Эффект изменения характеристик параметров рекомбинационных волн при локальной деформации кристаллической решетки компенсированного кремния. ФТП 1976, т.10, в.1, с.99-103.
43. Бахадырхонов М.К., Парманкулов И.П. Неустойчивость тока в кремнии, компенсированном марганцем, связанная с рекомбинационными волнами. ФТП.1989.т.23. в.96.с.1646-1650.
44. Бахадырхонов М.К., Хамидов А., Илиев Х.М., Парманкулов И.П. возбуждение РВ в кремнии, компенсированном марганцем при ОУД. ФТП, 1991, т.25, в.10-с.1731-1736.
45. Карпова И.В., Перель В.И. Дрейф импульса инжектированных носителей в биполярной плазме полупроводника с ловушками в условиях возбуждения неустойчивости типа РВ. ФТП.1976.т.10.в.3. с.426-435.
46. Керрол Дж. СВ4-генераторы на горячих электронах Москва, Мир. 1972.

47. Alekseev, Boses, Rodin P, Scholl E. Стабильность токовых шнуров в бистабильно полупроводниковой системе с общей связью. Phys Rev. E 1998.57. №3а.1640-1649.
48. Moore I.S. PENCHINA C.M., HOLYA K.N., SIRKIS M.D. Electrical oscillations in silicon compensated with deep levels. Journal of Applied Phys., 1966, v.37, p.2009-2013.
49. Остроумова Е.В, Рогачев А.А. Высокочастотные неустойчивости тока в кремниевом ОЖЕ- транзисторе. ФТП.1999,33в.9,с.1126.
50. Идлис Б.Г. и др. К вопросу о шумах в полупроводниковых структурах с инжекционной неустойчивостью. ФТП. 1992, в.1, с.187.
51. Волков А.Ф., Шулман А.Я. Неустойчивость полупроводниках с нелинейной вольтамперной характеристикой. ФТТ, 1959, т.11, в.11, с.3161-3168.
52. Сабликов В.А. Биполярные эффекты и инжекционные токи в полупроводниках с глубокими ловушками. Кандидатская диссертация, Москва, 1974.
53. Завадский Ю.И., Корнилов Б.В. Влияние световой инжекции на пороговую частоту рекомбинационных волн. ФТП.1973.т.7. в.4.с.825-827.
54. Сабликов В.А. Условия возбуждения рекомбинационных волн в ограниченных полупроводниках ФТП, 1982, т.16, в.10, с.1759-1767.
55. Сурис Р.А. Исследование по теории электрических неустойчивостей в полупроводниках и полупроводниковых структурах. Докторская диссертация, Москва, 1973
56. Бараненков А.И., Осипов В.В. Неустойчивость тока, импеданс и переходный процесс в диодах с длиной базой. ФТП.1969.т.3., с.1656.
57. Калашников С.Г., Падо Г.С., Пустовойт В.И., Токаров Е.Ф. Температурно-электрическая неустойчивость в монокристаллах солонида кадмия. ФТТ, 1969, т.3, в.7, с. 1028-1035.

58. Калашников С.Г., Пустовойт В.И., Падо Г.С. Теория температурно-электрической неустойчивости в фотопроводящих кристаллах соединения $A^{II}B^{VI}$. ФТП, 1970, т.4, в.7, с.1255-1261.
59. Винецкий В.Л. Неустойчивость фототока в полупроводниках, вызванная джоулевым теплом. ФТП, 1970, т.4, в.8, с. 1402-1404.
60. Vinetskii V.L. Shakhovtsova S.I. Konozonko I.D. On the nature of oscillations in GdS, GdSe crystals., Phys/ Stat. Sol., 1970, v.42, №1, p.95-103.
61. Gunn I.B. Microwave oscillation of current in III-V semiconductors. Solid State Commun., 1963, v.1, p.88-91.
62. Иващенко А.И., Икизли М.Н., Наследов Д.Н., Слободчиков С.В. Низкочастотные осцилляции тока в высокоомном фосфиде галлия. ФТП, 1972, т.6, в.3, с.612-614.
63. Кальвенас С.П. Пучинская А.А. Температурно-электрическая неустойчивость тока в n-Si. ФТП, 1979, т.13, в.9, с.1752-1755.
64. Gunn I.B. Instabilities of current in III-V semiconductors., IBM J.Res. Develop, 1964, v.8, p.141-145.
65. Коспр R. Urrbelis A. Low-Frequency Photocurrent oscillations CdS crystals with thermally induced negative differential conductivity. Phys.Stat. Sol., 1968, v.30, p.5-8.
66. Кальвенас С.П. Поверхностный температурно-электрический механизм формирования, ОДП в компенсированном глубокими примесями германии. ФТП, 1975, т.9, в.9, с.1752-1755.
67. Seki V., Computer simulation of pulse-type photocurrent oscillations in $CdIn_2S_4$ single crystals. Japan Ion Appl Phys. 1981, v.20, №3, p.561-564.
68. Seri V. Endo S., Eric T. Low-frequency photocurrent oscillations in $CdIn_2S_4$ single crystals. Japan Ion Appl Phys. 1980, v.19, №9, p. 1667-1674.
69. Garlson R.O. Properties of silicon doped with manganese., Phys. Rev. 1959, v.104, №4, p.937-941.

- 70.Иващенко А.И. Икизли М.Н., Наслодов Д.Н., Слабодчиков С.В. Низкочастотные осцилляции тока в высокоомном фосфиде галлия. ФТП. 1973,т.7,в.3,с. 612-614.
- 71.Ohi K., Lesars S. Photocurrent oscillation in $KtdO_3$ I. Phys.Soc. Iapan, 1976,v.40,№5, p.1371-1376.
- 72.Кавалаяускене Г.С., Ринкявичню В.С. Низкочастотные колебания фототока в монокристаллах тригонального селена. ФТП, 1983,т.17,в.9,с.1853-1855.
- 73.Азимходжаев Х.Э. Релаксация темновой проводимости в CdSe монокристаллах и связанны с ней осцилляции тока. Известия АН УзССР, физ-мат.наук. 1983, №3, с.40-44
- 74.Азимходжаев Х.Э., Шейкман М.К. Проблемы диэлектрической электроники. Тошкент, Фан, 1974, 94, с.11.
- 75.Абдинов А.Ш. Казым-заде А.Г., Ахмедов А.А. Осцилляция тока, индицирование примесным ИК-светом в монокристаллах селенида индия. - ФТП,1977,т.11,в.5,с.799-903.
- 76.Абдинов А.Ш. Электронные явления в неоднородных полупроводниках типа соединенной $A^{II}B^{IV}$ со сложной структурой. Докторская диссертация. Баку,1978.
- 77.Абдинов А.Ш. Мамедов В.К., Халаев Эль.Ю. Температурное электрическая неустойчивость и низкочастотные колебания тока в монокристаллах селенида галлия. ФТП, 1980,т.14,в.4,с.754-759.
- 78.Антонов В.В., Кац Л.И. Температурно-электрическая неустойчивость p-InSb в постоянном электрическом поле. ФТП, 1982,т.16,в.6,с. 1050-11053.
- 79.Ржанов Ю.А., Балкарей Ю.И., Голик Л.Л., Елинсон М.И. Автоволновые процессы триггерной полупроводниковой среде с температурно-электрической неустойчивостью ФТП, 1983,т.17,в.9,с. 1545-1548.
- 80.Голик Л.Л., Паксеев В.Е., Балкарей Ю.И., Елинсон М.И., Ржанов Ю.А., Якушин В.К. Автоколебательные режимы в кристаллах сульфида кадмия при наличии температурно-электрической неустойчивостью. ФТП, 1984,т.18,в.3,с. 502-507.

81. Паксеев В.Е., Голик Л.Л., Елинсон М.И., Якушин В.К. Гистерезис автоколебаний и переключения между неустойчивыми состояниями в сульфиде кадмия с температурной-электроческой неустойчивостью. ФТП, 1986, т.20, в.5, с. 853-858.
82. Чистохин И.Б. и др. Неустойчивости тока в фотосопротивлении на основе кремния, легированного селеном. ФТП. 1992, в.9, с. 1529.
83. Камилов Т.С. Исследование фотоэлектрических и температурно-электрических неустойчивостей в кремнии, легированном марганцем.- Автореферат канд.диссертации, Ленинград, 1977, с.18.
84. Бахадырхонов М.К. Зикриллаев Н.Ф. Низкочастотные колебания тока с большой амплитудой в компенсированном марганцем кремнии. ФТП, 1984, т.18, в.12, с.2220-2222.
85. Жданова Н.Г., Каган М.С. Прямое наблюдение волн перезарядки ловушек в компенсированном германии.- ФТП, 1981, т.15, в.1, с.168-170.
86. Жданова Н.Г. Кинетика электронных процессов в компенсированных полупроводниках с отталкивающими ловушками. Докторская диссертация Москва, ИРЭ АН СССР, 1981.
87. Алимбиев В.Н., Гуралньник И.Р. Волны пространственного заряда при неоднородной оптической генерации.- ФТП, 1984, т.18, в.9, с.1531-1564.
88. Михайлов А.И., Сергеев С.А. Влияние концентрации электронов в пленке арсенида галлия на граничную частоту уселения волн пространственного заряда в тонкопленочных полупроводниковых структурах. Письма в ЖТФ 1999.25. в.4. ст85-90.
89. Гольдман Е.И., Ждан А.Г. Генерация электронно-дырочных пар у поверхности полупроводника в краевых полях макроскопических заряженных кластеров: эффекты электрических неоднородности различных масштабов. ФТП. 1995. Т.3 .с.428.
90. Свиродов В.В. Волны пространственной перезарядки ловушек сопровождающая изгибные колебания пластины полярного полупроводника. ФТП, т.29, в.1, с. 96-98

91. Фукс Б.И. Неустойчивость волны пространственной перезарядки в компенсированных полупроводниках с двумя типами ловушек. - ФТП, 1975, т.9, в.7, с.1293-1299.
92. Романовский Ю.М. Принципы самоорганизации в физике, химии, биологии. Москва, здание. 1981.
93. Гуляев Ю.В., Балкарей Ю.И., Ржанов Ю.А., Голик Л.Л., Елисон М.И. О возможности моделирования некоторых биологических процессов в активной полупроводниковой среде. ДАН СССР, 1981, т.250, №1, с.82-85.
94. Балкарей Ю.И., Голик Л.Л., Елисон М.И. Автоволновые среды. Использование в электронике. «Радиэлектроника и связь», Знание, 1983.
95. Кольцов Ю.В., Королев В.Н. Комбинированное воздействие на биологические объекты инфракрасного и микроволнового излучений. Радиотехника и электроника 1999, т.44, в.6, с.743-745.
96. Голик Л.Л., Паксеев В.Е., Елисон М.И., Якушин В.К. Хаотическая и сложная регулярная динамика температурно-электрической неустойчивости в сульфида кадмия ФТП 1986, т.20, в.11, с.2084-2091.
97. Oshic Ken-ichi. Bifurcation and chaos of current oscillation in semiconductors with NDC. G Phys Soc Jap. 1998, 67, в.7 с/2538-2545.
98. Голик Л.Л., Гутман М.М., Паксеев В.Е., Бахадырхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Турсунов А.А. Динамический хаос и гистерезис автоколебание в $\text{Si} \langle \text{Mn} \rangle$, обусловленные температурно-электрической неустойчивостью ФТП 1987, т.21, в.
99. Колобаев В.В. Возникновение генерационно-рекомбинационной неустойчивости в тонко пленочных структурах. ФТП. 1999, т.33 в.4, ст.423-426.
100. Карцивадзе Г.А. Мирианшвили Ш.М., О частоте колебаний тока в высокоомном компенсированном p-InSb ФТП 1983, т.17, в.9, с.1304-1306.
101. Rau U. Sihmitt, I и др. Незатухающая фотопроводимость в $\text{Cu}(\text{InGa})$ -гетероэпителиях в тонких плёнках полученных последовательным саждением. Appl. Phys Lett 1998, 73. №2, 223-225.

102. Джаандиери К.М., Качлиывили В.С. Исследование нелинейной динамики переноса в компенсированном p - n при низкотемпературном электрическом пробое путем компьютерного модулирования. ФТП.1998,т.32.с.821-826.
103. Рывкин С.М., Доброго В.П., Коноваленко Б.М., Яромецкий И.Д. Индуцированный примесный пробой в компенсированном германии и связанные с ним осцилляции тока.- ФТП, 1962,т.4,в.7,с.1951-1914.
104. Винецкий В.Л., Конозенко И.Д., Шаховцова С.И. О природе явления генерации импульсов фототока кристаллами селенистого кадмия.- ФТП,1963,т.5,в.9,с.2698-2702.
105. Чемересюк Г.Г. О генерации электрических колебаний в монокристаллах селенида кадмия.- ФТП,1966,т.8,в.10,с.2884-2886.
106. Шаховцова С.И. Конозенко И.Д., Музалевский Е.А. О генерации импульсов тока монокристаллами GdS. ФТП,1965,т.7,в.1,с.278-279.
107. Конозенко И.Д., Музалевский Е.А. Шаховцова С.И. Исследование генерации электрических импульсов монокристаллами при температуре жидкого азота., ФТП,1962,т.4,в.5,с.1132-1134.
108. Корнилов Б.В., Анфимов А.В. Несинусоидальные колебания тока в кремнии n - типа компенсированном цинком. ФТП,1966,т.8,в.12,с 3420-3422.
109. Бумялене С.Б., Пожела Ю.К., Тамашевичюс А.В. Хаотические автоколебания проводимости в неоднородно фотовозбужденном n -Ge-Mi., ФТП 1986,т.20,в.7,с.1327-1329.
110. Кальянов Э.В. Хаотические колебания и гистерезис в бистабильной системе. Радиотехника и электроника.1999. т.44, в 5, с.574-582.
111. Кальянов Э.В. Управление колебаниями хаотической бистабильной система. Радиотехника и электроника 1999.т.45, в 3, с.315-323.
112. Zakari M. Stochastic model of plasma waves for a simple band structure in semiconductors. Phys Rev B. 1998-57,в.19 с.12145-12150. Стохастическая модель плазменных волн для данной структуры полупроводников.

113. Владимиров В.В. и др. Хаотические автоколебания в варизонных полупроводниковых структурах ФТП. 1992, в.9, с.1580.
114. Бахадырхонов М.К., Болтакс Б.И., Куликов Г.С. Диффузия электроперенос и растворимость примеси марганца в кремнии. -ФТП, 1972, т.14, в.6, с. 1671-1676.
115. Юнусов М.С. и др. О некоторых закономерностях электронного спектра примесных центров d- элементов в кремнии. ФТП.1995.т.4. с.714.
116. Мирсагатов Р.М. Метасбильность центров марганца в твердых растворах кремний-германии. ФТП. 1992, в.3, с.427.
117. Георгиця Е. и др. Структура примесного центра Mn в антимониде галлия. ФТП. 1992, т.26, в.1, с.89-91
118. Баграев Н.Т. и др. Цинк в кремнии: фотоиндуцированные реакции. ФТП. 1992, в.3, с.481
119. Закиров А.С. Мамадолимоа А.Т. Лазерно- стимулированные диффузия золота в кремнии. ФТП.1992.т.26. в.7. с.1282.
120. Куликов Г.С. Влияние Mn на диффузионное распределение Ni в Si. ФТП.1995.т.3. с.469.
121. Демидов Е.С. и др. О втором донорном уровне междуузельного хрома в кремнии. ФТП, 1992, в.1, с.1282.
122. Таскин А.А., Тишковский Е.Г. образование квазимолёкул Se₂ в кремнии легированном селеном. ФТП.1998, т.32 №11, с.1306-1312.
123. Мастеров В.Ф. Расчет энергетического спектра бинарных полупроводников легированных редкоземельными элементами. ФТП.1995.т.29. в.9. с.1591.
124. Соколов В.И. Проблемы микроэлектроники 1. Диффузия. 2. Дефектообразование. 3. Деградация. 1995. Т. 5-6. С.842.
125. Основное состояние, переходных элементов группы железа в арсениде и фосфиде галлия. ФТП. 1992. в.11. с.1878.

126. Булярский С.В., Грушко Н.С., Лакалин А.В. Дифференциальные методы определения ГУ по рекомбинационным токам р-п перехода. ФТП.1998.т.32.№10. с.1193-1196.
127. Милов В.Н., Милов Е.В. Установка для изучения магнитоэлектрического эффекта. Приборы и техника эксперимента. 2000 г. №4. С.133-136.
128. Бьюб Р. Фотопроводимость твердых тел. Москва, 1962,с.558.
129. Рывкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках Москва, 1963,с.495.
130. Бахадырхонов М.К., Нигматходжаев С.С., Хаджаева М.А. Особенности остаточной проводимости в кремнии, легированном марганцем. ФТП, 1974,т.12,в.4,с. 812-816.
131. Вайткус Ю.Ю., Вишакас Ю.К., Карпинская С.Ч., Урбелис А.К. Насыщение фототока и возникновение отрицательной дифференциальной проводимости в CdSe.- ФТТ,1969,т.11,с.2111-2117.
132. Чирково Е.Г. Особенности спектра длино вольновой примесей фотопроводимости в компенсированном Ge. ФТП.1995г. с.1576.
133. Haddav Y, Popvic R.S., Semicond. Sci and Techol. Незотухающая фотопроводимость в Si-пластинках. Persistent photoconductivity in silicon wafers. 1998,27.11.с.1294-1297.
134. Rau U, Sihmitt, Pariss I и др. Незотухающая фотопроводимость в Ga(InGa-гетероэпителях в тонких пленках полученных последовательным осаждением. Appl. Phys Lett 1998, 73 №2, 223-225.
135. Rosier L.L., Sah C.T. Photoionization of Electrons at sulfur centers in Silicon J.Appl,Phys.1971,v.42,p.4000-4005.
136. Вавилов В.С., Эфимну П.К., Зардас Дж.Е. Долговременная релаксация неравновесной фотопроводимости в полупроводниковых соединениях типа.

137. Бахадырхонов М.К., Турсунов А.А., Азизов К.А. Нигматхожаев С.С. Инфракрасное гашение фото-и остаточной проводимости в n-Si<Mn>. ФТП, 1980, т.14, в.11, с. 2247-2249.
138. Бахадырхонов М.К., Зайнабидинов С., Камилов Т.С., Тешабаев А.Т. Инфракрасное и температурное гашения фотопроводимости ФТП, 1980, т.14, в.7, с 1420-1424.
139. Бахадырхонов М.К., Турсунов А.А., Хайдаров К.Х. Температурное гашение фотопроводимости в кремнии, компенсированном марганцем. ФТП, 1980, т.14, в.5, с. 966-969.
140. Зокиров А.С., Мамадалимов А., Хабибуллаев П.К. Особенности температурной зависимости фотопроводимости кремния, легированного золотом. ФТП.1992, в.9, с.1556.
141. Бахадырхонов М.К., Хамидов А. Гигантская остаточная проводимость в р-кремнии, легированном марганцем. ФТП, 1979, т.13, в.5, с. 1036-1038.
142. Горяинов С.А., Тиходеев Ю.С. Физические модели полупроводниковых приборов с отрицательным сопротивлением. М. Радио и связь 1997.276.
143. Бахадырхонов М.К., Камилов Т.С. Температурно-электрическая неустойчивость в кремнии, легированном марганцем. ФТП, 1976, т.10, в.4, с. 760-761.
144. Бахадырханов М.К., Аскарлов Ш.И., Нигманходжаев С.С., Самигов К.А., Шарипов Б.З., Парманкулов И.П. Автоколебания тока в кремнии, легированном серой. ФТП.1987. в.7. с.1315-1317.
145. Аскарлов Ш.И. Зикриллаев Н.Ф. Влияние степени компенсации м концентрации примесей марганца на температурно-электротическую неустойчивость в кремнии. -ДАН УзССР, 1986, №9, с.2628.
146. Дрокин Н.А., Ганиев Ш.М. Электрическая неустойчивость тока в области пространственной неоднородности поля в полупроводниках, Красноярск. 1991г.

147. Аскарлов Ш.И., Бахадырхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф. Турсунов А.А. Влияние ИК предеветкина параметры низкочастотных колебаний тока в кремнии, легированном марганцем. ФТП, 1986, т.20, в.4, с.781.
148. Аскарлов Ш.И., Бахадырхонов М.К., Зикриллаев Н.Ф. Турсунов А.А., Абдурахманов Х.Г. Температурно -электроческая неустойчивость в Si<Mn> при комбинированном освещении. - ДАН УзССР, 1987, №12, с.22-24.
149. Дажно А.М., Бмильянико О.В., Лагунова Т.С. Ших А.Я. Магнитоспротивление в неоднородных кристаллах. - ФТП, 1980, т.14, в.6, с.1110-1114.
150. Бахадырхонов М.К., Турсунов А.А., Азизов К.А., Аскарлов Ш.И. Хайдаров К.Х. О природе неоднородностей потенциала в сильнокомпенсированном марганцем кремнии. - ДАН УзССР, 1981, №10, с.32-34.
151. Бахадырхонов М.К., Турсунов А.А., Аскарлов Ш.И., Зикриллаев Н.Ф., Температурно -электрическая неустойчивость в неоднородных полупроводниках. ФТП 1987, т.21, в.2, с.379.
152. Токарев Е.Ф., Маев Р.Г. Влияние поперечной температурно-электрической неоднородности на низкочастотные осцилляции тока в CdSe ФТП, 1973, т.7, в.4, с. 848-851.
153. Гражулис В.А., Кведер В.В., Мухина В.Ю., Осипьян Ю.А. Эффект электронной неустойчивости, обусловленной дислокациями в кремнии.- ФТТ, 1980, т.22, в.2 с.512-522.
154. Астрова Е.В. Воронков В.Б., Лебедев А.А. и др. Явления долговременной релаксации остаточной проводимости в фотоприемниках на основе Si<Zn>. Изв. Вузов. Матер. Электрон. Техники. 1999. №1. С.16-20.
155. Шейнкман М.К., Шик А.Я. Долговременные релаксации и остаточная проводимость в полупроводниках. ФТП 1976, т.10, в.2, с.209-233.

156. Бондар В.Н. Владимиров В.В., Кононенко Н.И. Щедрин А.И. Влияние одноосного сжатия и растяжения кристаллов на критерий возбуждения винтовой неустойчивости в электронно-дырочной плазме кремния и германия. ФТТ, 1975, т.9, в.2, с. 445-448.
157. Zdebski A.P., Olikh Iu.A., Savchuk A.U. Saturation and oscillation of current in semiconductors subjected uniaxial deformation., Phys.Stat,Sol.(a) 1985, v.87, p.209-212
158. Бондар В.Н. Владимиров В.В., Доскоч В.П., Чабан Е.А., Щедрин А.И. Влияние междолинного перераспределения электронов на частоту осциллятора в кремнии и германии ЖЭТФ, 1975, т.69, в.6, с. 2187-2189.
159. Бахадырхонов М.К., Аскарлов Ш.И., Зикриллаев Н.Ф. Влияние магнитного поля на температурно -электронную неустойчивость в кремнии легированном марганцем.- ФТП, 1986, т.20, в.3, с.423-426.
160. Бахадырхонов М.К., Турсунов А.А., Аскарлов Ш.И., Зикриллаев Н.Ф. Абдураимов А.А., Илиев Х.М. Влияние упругого сжатия направления [100] на параметры ТЭН в кремнии, легированном марганцем. ФТП 1986, т.20, в.9, с.1561-1564.
161. Мешкалев В.Е., Любченко А.В., Шейнкман М.К. Неравновесные процессы в полупроводниках. Киев, 1981, с.264.
162. Бахадырхонов М.К., Аскарлов Ш.И., Зикриллаев Н.Ф., Юлдашев Г.Ф. Джумакулов Д. Влияние серы на растворимость марганца в кремнии Тезисы докладов У Всесоюзном конференции по физико-химическим основам легирования полупроводниковых материалов. Москва, 1982, с. 168.
163. Каражханов С.Ж. Свойства точно компенсированных полупроводников. ФТП, 2000г, т. 34, в.8, с. 909-915.
164. Бахадырхонов М.К. Аскарлов Ш.И., Мастеров В.Ф. Исследования методом ЭПР между примесной взаимодействием марганца и серы. ФТП, 1982, т.16, в.7, ст.1326-1328.

165. Засавицкий Е.А., Канцер В.Г., Миглей Д.Ф., Плитникас А.Ю., Сидоренко А.С. Токовая неустойчивость в нитевидных кристаллах теллурида свинца р-типа ФТП 1986,т.20,в.7,с.1332-1334.
166. Гигиберия П.Г., Мирианашвили Ш.М., Нанобашвили Д.И. Неустойчивость тока в высококоомных образцах р-InSb в непрерывном режиме. - ФТП 1971,т.5,в.7,с.1468-1470.
167. Кошерников П.Г. Фотоэлектрическая явления в структурах на высококоомных полупроводниковых кристаллах с тонкими слоем диэлектрика на границе полупроводник – металл. 1995. Т.11. с.2092.
168. Колобаев В.В. Возникновение генерационно-рекомбинационной неустойчивости в тонкопленочных структурах. 1999, 33,т. в.4, с.423-424
169. Лампер М., Марк П. Инжекционные токи в твёрдых телах. Москва 1973,с.416.
170. Жданова Н.Г. Каган М.С., Сурис Р.А. Фукс Б.И. Влияния монополярной инжекции на высокочастотную проводимость компенсированных полупроводниках,- ФТП,1979,т.13, в.7, с.1314-1318.
171. Муравски Б.С. исследование аномальных характеристик точечных контактов с поверхностью германия и кремния ФТП,1962,т.4,в.9,с.2485-2486.
172. Прохьпенко В.Г. Повышение точности и стабильности ВАХ полупроводниковых источников отрицательного сопротивления. Микроэлектроника 1998,27.в.5.ст370-375.
173. Володин Н.М., Смертенко П.С., Федоренко Л.Л., Ханова А.В. Особенности ВАХ длинных полупроводниковых структур на сверхвысоких уровня двойной инжекции. ФТП.1998.т.32.№12. с.1476-1481
174. Фукс Б.И. Инжекционные свойства контактов в высококоомных полупроводниках. ФТП 1981,т.15,в.9,с.1679-1700.
175. Булярский С.В., Серёжнин Ю.Н., Ионычев В.К. Определение параметров глубоких энергических уровней в кремнии на основе анализа

- рекомбинационного тока р-п перехода. Изв.вузов Электроника. 1999, №1-2, с. 41-46.
176. Шаховцова С.И. Вольтамперные характеристики генерирующих монокристаллов CdS и CdSe. ФТТ, 1964, т.6, в.8, с. 2541-2543.
177. Акинов Б.А., Богоявленский и др. Термостимулированные токи и неустойчивости фотоотклика в сплавах на основе Рв Те(In) при низких температурах. ФТП.1999, 33в.1, с.9.
178. Stein H.I. Electrical studies of neutron-irradiated n-type Si: defect structure and annealing. Phys. Rev., 1967, v.163, №3, p.801-808.
179. Niedernostheide T, Q. Hirshiger Q., Novar V. Oscillations of current filaments in n-GaAs caused by a magnetic field. Phys Rev. B-1998. т58. в.8. с 4454-4458.
180. Кашкин В.Б. Спектральные плотности высших порядков однородного и изотропного импульсного случайного поля. Радиотехника и электроника. 1999, т.44, в.9, с.1093-1097.
181. А.Н. Павлов, Н.Б. Янсон, В.С. Анищенко. Реконструкция динамических систем. Радиотехника и электроника. 1999. т.44, в. 9, с.1075-1092.
182. Привезенцев В.В. Исследование неустойчивости типа РВ в компенсированном кремнии под влиянием внешних воздействий. Канд. Диссертация, Москва, 1975.
183. Бахадырхонов М.К., Турсунов А.А., Зикриллаев Н.Ф., Аскарлов Ш.И., Бугева А.Ф. Твердотельный генератор инфранизких частот. Авторская свидетельство №1342347. 1987г.
184. Аскарлов Ш.И., Зикриллаев Н.Ф. Твердотельные генератор инфранизких частот.-Тезисы докладов конференции молодых ученых и специалистов «Научные основы и конструирование приборов для научных исследований и автоматизации эксперимента». Тошкент, 1988, с.38.

185. Астрова Е.В., Воронков В.Б. и др. Влияния термообработки на фотоэлектрические свойства фотопрёмника на основе Si<Zn>., ФТП 1999, т. 33, в.3.ст362-366.
186. Юнусов М.С., Муминов Р.А., Нуркузиев Р. и др. Фотопрёмники на основе кремния легированного осмием ФТП. 1999, т.33, в.12,с.1465-1467.
187. Ушеренко А.А., Юрченко А.В. Планарная неоднородность fotocувствительности фотоэлектрических преобразователей. Электрон, промицленность. 1998.в.1-2, с.108-110
188. Завадский Ю.И., Карпова И.В. Твердотельный полупроводниковый оптронный полупроводниковый прибор. - ФТП.1977,т.11в.8,с.1830-1833.
189. Сердюк В.В., Старистон,И.А. Влияние внешних условий на осцилляции фототока в монокристаллах CdSe - ФТП, 1983,т.17,в.3,с.409-412.
190. Корнилов Б.В. Новый оптоэлектронные устройства на основе кремния, компенсированного цинком.- ФТП.1969,т.3в.2,с.319-321.
191. Завадский Ю.И., Корнилов Б.В. Воздействие света на автоколебания тока в кремнии, легированном цинком. - ФТП, 1970,т.4,в.11,с.2115-212.
192. Викулина Л.Ф. Оптороны управляемые светом и магнитным полем приборы и техника эксперимента. 1999 г. №6. С.100-103.
193. Замонова Э.Н. Эффективные фотопамяти в высокоомных fotocувствительных монокристаллах GdS. Cu.1995. т.8,1468.
194. Банис Т.Я., Паршелюнас И.В., Пожела Ю.К. Абсолютно отрицательное сопротивление арсенида галлия при воздействии на него сильным СВЧ полем.- ФТП,1971, т.5,в.10,с.1990-1994.
195. Сенкевич Е.Л. Федоренко А.М. Зависимость порога неустойчивости типа РВ от внешней нагрузки и граничных условий. - ФТП, 1977,т.19,в.3,с.902-904.

196. Akinago H, Deboeer J, Borghs G и др. Отрицательное магнитосопротивление в GaAs с магнитными нанокластерами MnAs.// Appl Phys Lett. –1998,72, № 25, с.3368-3370.
197. Niedernostheide T,Q. Hirshiger Q., Novar V. Oscillations of current filaments in n-GaAs caused by a magnetic field. Phys Rev. B-1998.т58.в.8.с 4454-4458.
198. Thio Tinere, Solen S.A. Gigant magnetoresistance enhancement in inhomogeneous semiconductors. Appl. Phys Lett.1998,72,№ 26, с.3497-3499.
199. Минков Г.М., Негашев С.А. Новый подход к анализу отрицательного магнитосопротивления в 2Д структурах. ФТП.1999. т.33, в.5, с.929.
200. Henrighes A.B., Obukhov S.A. и др. Гигантское отрицательное магнитосопротивление в немагнитных полупроводниках. Письма в ЖТЭФ –1999. Т.69.№5-6.С.358-382.
201. Буданцев М.В., Кван З.Д., Погосов А.Г. Отрицательное продольное магнитосопротивление Б-легированных слоев GaFs. ФТП. 1992, т.26 в.9, с.1565-1568.
202. Перель В.И., Ясиевич И.Н. Влияние магнитного поля на термоантивироанную туннельную ионизацию примесных центров в полупроводниках. ЖТЭФ –1998. Т.68.№9-10.С.763-767.
203. Пармонкулов И.П. кандидатская диссертация, Исследование особенности рекомбинационных волн в кремнии, компенсированном марганцем, Ташкент. 1991г.
204. Зикриллаев Н.Ф. Исследование низкочастотных автоколебаний тока в кремний, легированном марганцем. Москва 1989г.
205. Аризикулов Э. Низкочастотные автоколебаний тока в сильнокомпенсированном кремния, легированном цинком. Ташкент 1991.
206. Саъдуллаев А. Б. Влияние концентрации электроактивных атомов марганца на гальваномагнитные и фотоэлектрические свойства кремния в условия сильной компенсации. Ташкент. 2000.

207. Аюпов К.С. Исследование особенностей инжекционных явлений в структурах p^+-p-p^+ и p^+-n-p^+ на базе сильнокомпенсированного кремния. Ташкент 1998.
208. Курбонова У.Х. Автоколебательные процессы в компенсированном кремнии, легированного серой. Ташкент 1998г.
209. Корнилов Б.В., Привезенцев В.В. Возбуждение медленных рекомбинационных волн в магнитном поле. - ФТП, 1975, т.9, в.1, с.64-66.
210. Корнилов Б.В., Привезенцев В.В. Влияние магнитного поля не гистерезис пороговых характеристик медленных рекомбинационных волн в компенсированном цинком кремнии ФТП, 1975, т.9, в.6, с.1219, 1221
211. Кобус А., Тушенский Е. Датчики Холла и магниторезисторы. «Энергия», Москва 1971.
212. Фкимов А.Г., Барабаненков М.Ю. и др. Управляемый резистор с функциями полевого транзистора полевого Холла. Приборы и техника эксперимента. 1998. №5. С.123-126.
213. Богун П.В., Карпова И.В., Корнилов Б.В., Привезенцев В.В. Плазмамагнистор-новый полупроводниковый многоцветильный прибор.- ФТП.1981, т.15 в.2, с.422-424.
214. Викулина Л.Ф. Измеритель направления магнитного поля. Приборы и техника эксперимента. 2000 г. №4. С.133-136.
215. Ромашин Н.Л., Омура Й., Матсумото Х. Двухпучковая неустойчивость с учетом магнитного взаимодействия. Радиотехника и электроника 1999. т.44, в 3, с.371- 376.
216. Бондарь В.М., Сидоренко Э.А., Яковлев В.А. Термометр на основе осцилляторного эффекта.- ПТЭ, 1982 №2, с. 229-230.
217. Завдский Ю.И., Корнилов Б.В. Термоосцилляторный функциональный датчик температуры. ФТП.1969, т.3 в.10, с.1441-1446.
218. Менушенков А.П., Протасов Е.А. Спектральные осцилляции поглощения деформированного $n\text{-InSb}$ в квантующем магнитном поле. - ФТП, 1979, т.13, в.7, с.1319-1323.

219. Поляков А.Л. Деформация полупроводников и полупроводниковых приборов. Москва, 1979,с.167.
220. Бондар В.М., Владимиров В.В., Доскоч В.П., Шедрен А.И. Тензодатчик на основе лостиллисторного эффекта. ПТЭ, 1981, №3, с.244-246.
221. Ваганов Ш.И. Интегральные тензопреобразователи. Москва. 1983,с.137.
222. Бондар В,М., Чулипенко В.М. Обнаружение генерации излучения дырочного германия в далеком ИК – диапазоне при скрещенных направлениях одноосного давления и электрического поля. Украинск.Физ.журнал.1999 , т 44, в3, с.318-319.
223. Исмоилов А.А. и др. Влияние на электропроводность и эффекта Холла селенида индия. ФТП. 1992, т.26, в.11, с.1995.
224. Паксеев В.Е. автореферат, Регулярная и стохастическая динамика температурно- электрической неустойчивости в фотопроводящих кристаллах CdS, Москва 1987г.
225. Баходирхонов М.К., Абдураимов А., Хамидов А, Илиев Х.М., Зикриллаев Х.Ф. Универсальная установка для исследования тензосвойства полупроводниковых материалов ПТЭ, 1988, в.4, ст. 174-176.