

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ

ИНСТИТУТ МОНОКРИСТАЛЛОВ

На правах рукописи

Воловичев Игорь Николаевич

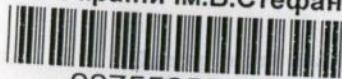
ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОЦЕССЫ В
НЕТРАДИЦИОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ И
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУРАХ

01.04.10 - физика полупроводников и диэлектриков

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Харьков - 1995



рукописью.
в ИРЭ НАН Украины.

Научные руководители: доктор физико-математических наук,
профессор Ю.Г. Гуревич;

доктор физико-математических наук,
профессор В.М. Кошкин

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
И.И. Ясковец;

доктор физико-математических наук,
В.Д. Рыжиков

Ведущая организация:

Черновицкий Государственный Университет, г.Черновцы

Защита состоится "20" марта 1996 г. в 14⁰⁰ часов на
заседании Специализированного совета Д02.11.02 Института Мо-
нокристаллов НАН Украины.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Инсти-
тута Монокристаллов НАН Украины.

Автореферат разослан "25" апреля 1996 г.

Ученый секретарь
Специализированного совета
канд. техн. наук

Л.В.Атрощенко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Исследование нелинейных кинетических явлений занимает одно из центральных мест в физике полупроводников. Все многообразие кинетических эффектов можно разделить на две группы. Первую составляют эффекты, обусловленные свойствами полупроводниковых материалов и проявляющиеся в однородном образце. Наиболее ярким представителем этой группы эффектов является появление на вольт-амперной характеристике (ВАХ) однородного образца участков с отрицательной дифференциальной проводимостью (ОДП).

Несмотря на значительное число работ, посвященных изучению ВАХ с ОДП, такие важные, в том числе и с точки зрения практики, вопросы, как влияние высокочастотного (ВЧ) электромагнитного поля на участки статической ОДП, роль температурных флуктуаций и кинетика переключения в ограниченных средах с перегретой S-ОДП, до настоящего времени изучены не были.

Кинетические явления второй группы обусловлены неоднородностью полупроводника или наличием контакта двух сред. Эффекты этой группы лежат в основе работы большинства современных твердотельных электронных приборов. В настоящее время весьма актуальным является изучение кинетических свойств контактов новых полупроводниковых материалов с особыми свойствами, позволяющими решить ту или иную технологическую задачу. Одной из таких проблем является обеспечение необходимой радиационной стойкости электронных приборов. Низкая радиационная стойкость используемых полупроводниковых материалов и процессы радиационностимулированной диффузии в сложных структурах обуславливают чрезвычайно низкий ресурс работы современных твердотельных элементов в сильных радиационных полях. В то же время существует класс полупроводниковых материалов со стехиометрическими вакансиями (СВ), обладающих исключительно высокой радиационной стойкостью (более 10^{18} частиц/см² для соединений ряда In_2Te_3 по сравнению с менее 10^{14} частиц/см² для чистого германия). Однако, полупроводники с СВ всегда сохраняют собственный характер проводимости, что делает невозможным их применение в традиционных электронных устройствах, функционирование ко-

торых основано на свойствах контактов примесных полупроводников. Тем не менее, довольно значительное различие физических параметров указанных материалов и неисследованные ранее особенности токопереноса в тонкослойных гетероструктурах собственных полупроводников открывают, как показано в данной работе, возможность создания на основе соединений с СВ элементной базы радиационноустойчивой электроники.

Целью диссертационной работы является: теоретическое исследование процессов переноса в однородных средах с перегретой ОДП; изучение контактных явлений в гетероструктурах нелегируемых собственных полупроводниковых соединений ряда In_2Te_3 . В силу причин, указанных выше, это направление исследований актуально и для теории, и для практики.

Основные результаты получены впервые и составляют научную новизну работы.

- Показано, что разогрев электронной подсистемы ВЧ полем приводит к сужению области существования перегретой статической S-ОДП и превращению статической N-образной ВАХ во взаимно-многозначную.
- Обнаружен новый механизм переключения в массивных образцах с S-ОДП, характеризующийся возникновением волны переключения.
- Впервые исследован гетероконтакт собственных полупроводников. Показано, что приконтактные слои объемного заряда по разные стороны от плоскости гетероперехода (ГП) обогащены носителями противоположных знаков.
- Рассчитаны ВАХ тонкопленочных гетероструктур собственных полупроводников типа In_2Te_3 . Показано, что они характеризуются ярко выраженной нелинейностью и асимметрией.
- Предсказан транзисторный эффект в многослойных тонкопленочных структурах собственных полупроводников и установлен теоретический предел коэффициента передачи тока.

Личный вклад соискателя. В работах [1,3] диссертантом проведено численное исследование динамических решений уравнения теплового баланса, обнаружен новый механизм переключения в средах с S-ОДП, сформулированы необходимые и достаточные условия переключения и определены временные характеристики переходного процесса. В статье [2] автор диссертации исследовал гетеропереход собственных полупроводников в состо-

янии термодинамического равновесия и определил его ВАХ. В работах [4,6] диссертантом исследована возможность построения радиационнотстойкой электроники на основе собственных полупроводников типа In_2Te_3 . В работах [7,9] автором диссертации исследована неравновесная термоэлектронная эмиссия в линейном приближении кинетического уравнения. В работах [5,8] диссертантом предложены и теоретически исследованы радиационнотстойкие тонкопленочные гетероструктуры собственных полупроводников. В работе [10] автором диссертации изучено формирование статической ОДП в тонких пластинах при произвольной величине ВЧ поля.

Научная и практическая значимость. Развитая теория может быть использована в теоретических и экспериментальных исследованиях процессов переноса в ограниченных полупроводниках и полупроводниковых структурах. Кроме того, полученные результаты могут найти применение при создании высокотехнологичных радиационнотстойких компонентов твердотельной микроэлектроники.

Апробация работы. Основные материалы диссертации докладывались на III Всесоюзной школе-семинаре "Взаимодействие электромагнитных волн с твердым телом" (Саратов, 1991г.), XV Всесоюзном Пекаровском Советании по физике полупроводников (Донецк, 1992г.), IV Международной конференции по физике и технологии тонких пленок (Ивано-Франковск, Украина, 1993г.), Международной конференции SAM-94 Physics Meeting (Канкун, Мексика, 1994г.), Международной конференции CLACSA-8 (Канкун, Мексика, 1994г.), Первой Международной конференции по фотовольтаическим преобразователям энергии (Гавайи, США, 1994г.), IX Симпозиуме по свехбыстрым процессам в полупроводниках (Вильнюс, Литва, 1995г.) и на XV Всемериканской конференции (Мехико, Мексика, 1995г.).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 10 печатных работ, список которых приведен в конце автореферата.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Она содержит 134 страницы машинописного текста, включая 14 рисунков, 1 таблицу и список литературы из 101 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит обоснование темы диссертационной работы и ее актуальности, в нем отражены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, дано краткое содержание работы. Здесь же сформулированы основные положения и выводы, выносимые на защиту.

В первой главе исследуется формирование ВАХ с ОДП, обусловленной перегревными механизмами, в присутствии греющего ВЧ поля.

Рассмотрим полупроводниковую пластину, ориентированную так, что постоянное электрическое поле приложено вдоль оси OY , а вдоль оси OZ со стороны отрицательного полупространства падает плоская ВЧ электромагнитная волна. Для упрощения расчетов будем считать задачу одномерной. Стационарное состояние разогретого электронного газа в этих условиях описывается одномерным уравнением теплового баланса:

$$\bar{\sigma}(T_e)\tilde{E}^2 + \bar{\sigma}(T_e)E^2 = i\tilde{\nu}(T_e)(T_e - T_0) - \frac{d}{dz} \left[\alpha_e(T_e) \frac{dT_e}{dz} \right] \quad (1)$$

где T_e и T_0 - температура электронного газа и кристаллической решетки соответственно, \tilde{E} и E - напряженность соответственно ВЧ и статического электрических полей; $\bar{\sigma}(T_e)$, $\tilde{\sigma}(T_e)$ - статическая и ВЧ проводимости, $\alpha_e(T_e)$, $\tilde{\nu}(T_e)$ - коэффициент теплопроводности электронного газа и частота релаксации энергии соответственно. Постоянный электрический ток равен $j = \bar{\sigma}(T_e)E$.

В качестве граничных условий к уравнению баланса (1) выберем адиабатические.

В случае слабого дополнительного разогрева ВЧ полем (амплитуда волны мала по сравнению с напряженностью статического поля) решение уравнения (1) может быть легко получено методом последовательных приближений. В случае нормального скин-эффекта, а также аномального скин-эффекта при толщине образца существенно меньшей длины затухания волны, температура электронов оказывается не зависящей от координаты, причем на растущих ветвях S-образной ВАХ электронный газ разогревается ВЧ полем, а на падающей - охлаждается. Однородный характер изменения температуры позволяет проанализировать решение уравнения теплового баланса (1) и в случае произвольной величины разогрева. Нетрудно показать, что до-

полнительный разогрев ВЧ полем приводит к сужению области существования статической S-ОДП (см. рис. 1). Воздействие ВЧ электромагнитной волны на статическую ВАХ с N-ОДП оказывается более существенным, т.к. приводит к изменению топологии ВАХ. Зависимость постоянного тока через образец от приложенного напряжения при наличии ВЧ поля оказывается взаимно-многозначной (рис. 2). Этот результат является принципиально новым, т.к. в отсутствие ВЧ поля при всех известных механизмах релаксации энергии и импульса носителей тока ВАХ такой формы наблюдаться не может.

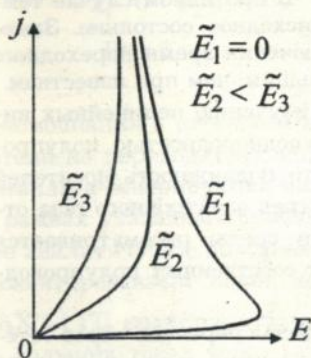


Рис. 1

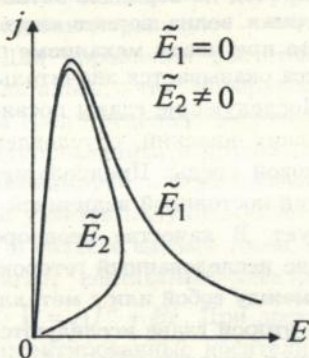


Рис. 2

В первой главе также исследовано влияние температурных флуктуаций конечной величины на процесс переключения в средах с перегретой S-ОДП в отсутствие ВЧ поля. Динамические решения уравнения теплового баланса, описывающие эволюцию температурных флуктуаций, получены численными методами. Обнаружен новый механизм переключения с одной устойчивой ветви ВАХ на другую в режиме фиксированного электрического поля, связанный с возникновением температурной волны переключения. Реализация того или иного механизма переключения обусловлена соотношением, которое определяется электронной теплопроводностью и размерами образца. В тонких полупроводниковых слоях, при выполнении условия:

$$L^2 < \pi^2 \alpha_e(\bar{T}_{e2}) / \frac{\partial}{\partial T_e} [\sigma(\bar{T}_{e2}) E^2 - p\bar{v}(\bar{T}_{e2})(\bar{T}_{e2} - T_0)] \quad (2)$$

реализуется известный механизм переключения, т.е. переключение осуществляется однородно во всем образце. Для переключе-

ния на верхнюю ветвь ВАХ в этом случае критическая флуктуация должна приводить к возникновению однородного неравновесного распределения, имеющего температуру большую температуры неустойчивого однородного решения уравнения теплового баланса (1). В массивных средах, при нарушении критерия (2), процесс переключения протекает однородно только в том случае, если возмущенное температурное распределение в каждой точке образца имеет температуру выше температуры неустойчивого однородного решения уравнения теплового баланса. Иначе реализуется механизм переключения, связанный с образованием температурной волны. Если при этом величина электрического поля превосходит некоторое характерное значение, осуществляется переход на верхнюю ветвь ВАХ. В противном случае температурная волна вернет систему в исходное состояние. Заметим, что при новом механизме переключения время переходного процесса оказывается значительно большим, чем при известном.

Последующие главы посвящены изучению нелинейных кинетических явлений, обусловленных неоднородностью полупроводниковой среды. Предполагается, что подвижность носителей является постоянной величиной и разогрев электронного газа отсутствует. В качестве неоднородности среды рассматривается ранее не исследованный гетероконтакт собственных полупроводников между собой или с металлом.

Во второй главе исследуются процессы переноса через гетеропереход протяженных собственных полупроводников ($i-i$ ГП). Зонная диаграмма одного из вариантов $i-i$ ГП приведена на рис. 3.

Для определения кинетических свойств $i-i$ ГП необходимо предварительно найти распределения концентрации носителей и электрического поля в состоянии термодинамического равновесия. В данной работе рассмотрены два предельных случая - отсутствие поверхностных состояний в плоскости ГП и предельно высокая их концентрация (приближение модели Бардина). В обоих случаях $i-i$ ГП в равновесии представляет собой контакт двух обогащенных носителями слоев объемного заряда. В отсутствии в плоскости $i-i$ ГП поверхностных состояний контактирующие слои объемного заряда обогащены носителями разного знака, тогда как в приближении модели Бардина преобладающие носители могут быть одного знака.

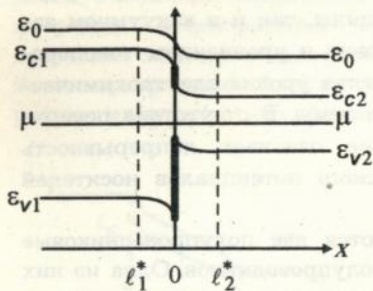


Рис. 3

Нами показано, что механизмом токопереноса через i - i ГП является инжекция преобладающих носителей из приконтактных слоев объемного заряда в квазинейтральную область. Для определения ВАХ i - i ГП мы использовали метод региональных приближений, рассмотрев участок с высоким уровнем инжекции и квазинейтральную область. Для упрощения расчетов полагалось, что поверхностная

рекомбинация в плоскости раздела сред предельно велика и носители не переходят из одного полупроводника в другой (или в металл), а генерируются или рекомбинируют в этих плоскостях. В рамках указанных приближений удастся получить качественное аналитическое описание ВАХ. В области слабых токов, когда инжектированный пакет не достигает контактных электродов, ВАХ i - i ГП является сублинейной: $V = AI^2 + BI$. При достаточно больших токах через i - i ГП инжектированные носители достигают металлических электродов и ВАХ становится суперлинейной (квадратичной): $I = CV^2$. В приведенных формулах V - приложенное напряжение, I - ток в цепи; A , B , C - коэффициенты, определяемые параметрами полупроводников.

В третьей главе исследуются тонкопленочные структуры собственных полупроводников с характерными размерами порядка радиуса экранирования Дебая, находящиеся в состоянии термодинамического равновесия. Поскольку в достаточно тонких структурах слой объемного заряда может захватывать весь полупроводник, становится непригодной общепринятая методика расчета контактного потенциала, использующая факт неизменности концентрации носителей тока и отсутствия встроенного электрического поля вдали от границы раздела сред. Кроме того, в многослойных структурах оказывается недостаточным условие электронейтральности всей структуры. В связи с этим в данной главе разработана методика расчета контактного потенциала, позволяющая с единых, физически ясных позиций полу-

читать координатные зависимости концентраций носителей и потенциала электрического поля как в многослойных твердотельных структурах произвольной толщины, так и в вакуумном зазоре. Недостающие граничные условия к уравнениям токопереноса получены из требования равенства уровня электрохимического потенциала в каждой точке системы. В отсутствие поверхностных состояний это требование означает непрерывность уровней электрического и химического потенциалов носителей тока на границе раздела сред.

В данной главе рассматриваются две полупроводниковые структуры на основе собственных полупроводников. Одна из них представляет собой полупроводниковую пластину толщиной порядка радиуса экранирования Дебая, помещенную между двумя металлическими электродами (MiM структура). Ее зонная диаграмма приведена на рис. 4. Термодинамические работы выхода полупроводника и металлов выбранные следующим образом $\chi_{m1} > \chi_s > \chi_{m2}$, причем $|\chi_{m1} - \chi_s|, |\chi_{m2} - \chi_s| \gg T$, где $\chi_s, \chi_{m1, m2}$ - термодинамические работы выхода полупроводника и металлов соответственно, T - температура (в энергетических единицах). Указанное соотношение параметров контактирующих веществ приводит к формированию резко неоднородного распределения носителей по толщине полупроводника. Область вблизи левого контакта оказывается обедненной, а вблизи правого - обогащенной электронами. В центральной части полупроводника концентрация носителей слабо отличается от их концентрации в собственном массивном полупроводнике. Вместе с тем, в этой области имеется значительное встроенное электрическое поле. Такое сочетание свойств является весьма перспективным для использования указанной структуры в качестве фотопреобразователя, поскольку наличие области высокого удельного сопротивления может быть причиной формирования высокой фото-ЭДС (см. ниже).

Другой рассматриваемой в данной главе полупроводниковой структурой является тонкопленочный $i-i$ ГП. Зонная диаграмма рассматриваемого варианта $i-i$ ГП приведена на рис. 5. Предполагается, что работы выхода металла и полупроводников удовлетворяют условию: $\chi_m - \chi_{s2} \approx \chi_{s1} - \chi_m \approx \epsilon \phi_k / 2$, $\epsilon \phi_k \equiv (\chi_{s2} - \chi_{s1})$. Пусть размеры контактирующих полупроводников удовлетворяют неравенству: $1 \ll \pi^2 r_D^2 / \ell_{n,p}^2 \ll \exp(\epsilon \phi_k / 2T)$, где r_D - радиус Дебая, $\ell_{n,p}$ -

толщины полупроводников. Нами показано, что при таких параметрах весь объем полупроводников оказывается охваченным слоем объемного заряда, причем концентрация носителей неоднородна - в центральной части концентрация преобладающих носителей заметно меньше, чем вблизи плоскостей раздела, но в то же время много больше соответствующего значения в однородном массивном полупроводнике.

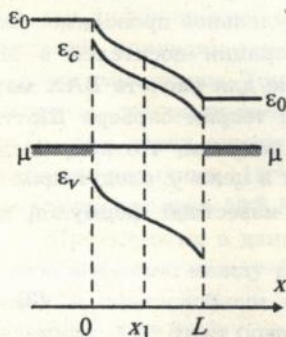


Рис. 4

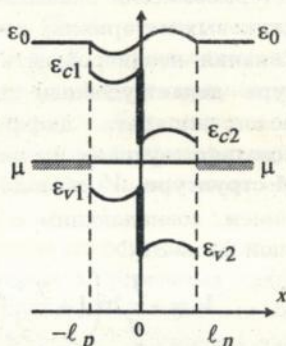


Рис. 5

В четвертой главе диссертации изучены нелинейные явления переноса в тонкопленочных структурах собственных полупроводников типа In_2Te_3 с характерными размерами порядка дебаевского радиуса экранирования. Вычислены ВАХ MiM структуры и тонкопленочного i-i ГП. Как указано выше, в рассматриваемой MiM структуре возможно формирование значительной фото-ЭДС. В связи с этим нами определена ВАХ MiM структуры при наличии освещения.

Вычисление ВАХ рассматриваемой структуры требует задания граничных условий, корректно учитывающих как факт наличия неравновесных носителей вблизи контактных электродов, так и малую концентрацию "неосновных" носителей (т.е. носителей с меньшей концентрацией). В связи с этим, для разрешения указанной проблемы был изучен процесс неравновесной термоэлектронной эмиссии, являющейся, наряду с туннельным транспортом, основным механизмом токопереноса через границу раздела твердых тел. Для большей общности предполагалось также наличие в образце температурного градиента. Установле-

но, что в тонкослойных структурах с размерами порядка 1 мкм (характерное значение радиуса экранирования в полупроводниках типа In_2Te_3) легко реализуемый градиент температуры 1 К/мкм приводит к существенному изменению термоэмиссионного потока. При этом термоэмиссионный поток с холодной поверхности полупроводника увеличивается, а с нагретой - уменьшается. Влияние температурного градиента на процесс неравновесной термоэмиссии оказывается более существенным в полупроводниковых материалах с высокой удельной проводимостью.

Сильная неоднородность концентрации носителей в МiМ структуре делает удобным применение для расчета ВАХ математического аппарата диффузионной теории барьера Шоттки. После соответствующих вычислений получим, что напряжение на МiМ структуре V связано с током в цепи j следующим соотношением, совпадающим с хорошо известной формулой для барьерной фото-ЭДС:

$$V = -\frac{T}{e} \ln \left(1 + \frac{j + j_i}{j_s} \right), \quad (3)$$

где $j_i \equiv \beta I_0$, β - квантовый выход (количество электронно-дырочных пар, образующихся при поглощении одного кванта), I_0 - интенсивность излучения на левой границе полупроводника. j_s - ток насыщения, определяемый параметрами контактирующих материалов. Таким образом, формирующаяся в МiМ структурах фото-ЭДС может достигать значений, не меньших, чем в традиционных.

Рассмотрим кинетические свойства тонкопленочного i-i ГП. Особенности токопереноса в данном случае обусловлены следующими обстоятельствами. В силу малой протяженности полупроводников объемная рекомбинация неэффективна. Из-за резкого различия термодинамических работ выхода оба полупроводника в равновесии оказываются охваченными областью объемного заряда, изменение которого при протекании тока оказывается незначительным. В результате электронная и дырочная подсистемы оказываются независимыми. Значительная величина потенциальных барьеров в плоскости i-i ГП в отсутствие поверхностной рекомбинации обуславливает накопление зарядов на ГП. Под воздействием приложенного внешнего напряжения формируется такое распределение электронов и дырок, что выз-

ванный неравновесным встроенным электрическим полем дрейфовый ток практически компенсируется диффузией носителей. В результате токоперенос в каждой из подсистем (электронной и дырочной в левом и правом полупроводниках) происходит в условиях, близких к диффузионно-дрейфовому равновесию. Этот факт позволяет использовать для вычисления ВАХ тонкослойного $i-i$ ГП метод последовательных приближений, где малым параметром выступает отношение протекающего тока к дрейфовой или диффузионной компоненте. После соответствующих вычислений, приходим к выводу, что ВАХ тонкопленочного $i-i$ ГП резко асимметрична. Ток через него достигает насыщения как в запорном, так и прямом направлениях. Для материалов типа In_2Te_3 ток через структуру в пропускном направлении может достигать величины 10^{-3} А/см², тогда как в запорном ограничен значением порядка 10^{-8} А/см².

Проведенные в данной работе исследования выявили некоторую аналогию между $p-n$ переходом в примесных полупроводниках и тонкослойным гетеропереходом собственных полупроводников. Этот факт позволяет предложить многослойную тонкопленочную структуру на основе собственных полупроводников, в которой имеет место эффект усиления. Нами определена наиболее важная характеристика указанной структуры как твердотельного усилителя - коэффициент передачи тока. Показано, что необходимо различать два предельных случая - когда токоперенос контролируется поверхностными механизмами и когда транспорт тока определяется непосредственно объемными процессами. В последнем случае имеет место теоретический предел достижимой величины коэффициента передачи тока, обусловленный близостью системы к состоянию диффузионно-дрейфового равновесия и пространственной асимметрией структуры.

Таким образом, на основе теоретического анализа впервые показана возможность создания радиационностойких твердотельных устройств электроники на основе собственных полупроводников со стехиометрическими вакансиями.

В заключении диссертации сформулированы основные результаты работы и следующие из них выводы.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ,
ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. При наличии статической перегретой ОДП дополнительный разогрев электронного газа ВЧ электрическим полем приводит к сужению области существования ОДП S-типа и превращению N-образной ВАХ во взаимно-многозначную.

2. В массивных образцах с перегретой S-ОДП в режиме фиксированного электрического поля имеет место второй конкурирующий механизм переключения, связанный с возникновением температурной волны. Возможность переключения по тому или иному механизму определяется эффективностью электрон-ной теплопроводности и параметрами критической флуктуации.

3. В отсутствие поверхностных состояний ГП собственных полупроводников представляет собой контакт двух обогащенных носителями противоположных знаков слоев объемного заряда, инжекция из которых определяет вид ВАХ (сублинейная в области малых токов и квадратичная при больших токах через $i-i$ ГП).

4. Неравновесность электронной подсистемы, вызванная наличием температурного градиента, приводит к изменению термоэмиссионного потока из полупроводника - его увеличению с холодной стороны и уменьшению с нагретой.

5. Вольт-амперные характеристики структур собственных полупроводников с размерами порядка радиуса экранирования Дебая в условиях малой эффективности объемной рекомбинации обладают сильной нелинейностью и асимметрией, обычно свойственными структурам на основе примесных полупроводников.

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Воловичев И.Н., Гуревич Ю.Г. Кинетика переключения тока в полупроводниках с S-образной ВАХ.//УФЖ.-1991.-т.36, № 8.-с. 1211-1214.

2. Gurevich Yu.G., Koshkin V.M., Volovichev I.N. The heterocontact of two intrinsic semiconductors and radiation stable electronics.//Solid State Electronics.-1995.-v.38, № 1.-p. 235-242.

3. Воловичев И.Н., Гуревич Ю.Г. Новый механизм переключения в системах с S-ОДП.//В кн.: Взаимодействие электромагнитных волн с твердым телом. Труды III Всесоюзной школы-семинара, 1991г.-Саратов:Изд.СГУ, 1991.-с. 127.

4. Воловичев И.Н., Гуревич Ю.Г., Кошкин В.М. Гетероконтакт собственных радиационноустойчивых полупроводников.// Материалы XV Пекаровского Собрания по теории полупроводников.-Донецк, 1992.-с. 28.

5. Воловичев И.Н., Гуревич Ю.Г., Кошкин В.М. Радиационноустойчивые тонкопленочные приборы на основе гетероконтакта двух собственных полупроводников.//Материалы IV Международной конференции по физике и технологии тонких пленок.-Ивано-Франковск, Украина, 1993.-ч.1.-с. 117.

6. Gurevich Yu.G., Koshkin V.M., Volovichev I.N. The prognostic possibility of radiation stable electronics and heterocontact between two intrinsic semiconductors.//Proc. of CAM-94 Physics Meeting.-Cancun, Mexico, 1994.-p. 149.

7. Carillo J.L., Gurevich Yu.G., Meriuts A.V., Meza-Montes L., Rodriguez M.A., Volovichev I.N. Non-equilibrium photo and thermal electron emission in absence of temperature and chemical potential concepts.//Proc. of CLACSA-8.-Cancun, Mexico, 1994. - p. FILMS-89.

8. Gurevich Yu.G., Koshkin V.M., Volovichev I.N. Photo-EMF formation with intrinsic semiconductor participation.//Abstracts of 1st World Conference on photovoltaic energy conversion.-Waikoloa, Hawaii, USA, 1994.-p. 47.

9. Gurevich Yu.G., Rodriguez M.A., Carrillo J.L., Meza-Montes L., Volovichev I.N. Contact Phenomena in Low Dimensional Systems with Hot Electrons and Phonons.//Abstracts of the 9th Vilnius Symposium on Ultrafast Phenomena in Semiconductors, Vilnius, Lithuania, 1995,-p. 5.

10. Gurevich Yu.G., Volovichev I.N. Unusual heating of the electrons by HF and DC electric fields in semiconductors with negative differential resistance (NDR).// Sociedad Mexicana de Ciencia de Superficies y de Vacío, A.C., XV Congreso Nacional, Mexico, Mexico, 1995.- p. 51.

Volovichev I.N. "Transport phenomena in untraditional semiconductors and semiconductor structures".

The thesis for obtaining the Candidate degree of science, physics and mathematics, speciality 01.04.10 – physics of semiconductors and dielectrics, Institute for Single Crystals of National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkov, 1995.

Ten published scientific papers containing theoretical investigations of non-linear transport phenomena in untraditional semiconductors and semiconductor structures are presented. The new mechanism of switching in media with negative differential conductivity of S-type and temperature wave appearance are predicted. For the first time voltage-current characteristics of intrinsic semiconductor heterostructures have been calculated and ascertained to be non-linear and asymmetrical.

Keywords: negative differential conductivity, screening length, stoichiometric vacancy.

Воловичев І.М. "Транспортні явища у нетрадиційних напівпровідниках та напівпровідникових структурах"

Дисертація на здобуття вченого ступеню кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників та діелектриків, Інститут Монокристалів НАН України, Харків, 1995.

Захищається 10 наукових робіт, що містять теоретичні дослідження нелінійних явищ переносу у нетрадиційних напівпровідниках та напівпровідникових структурах. Передбачено новий механізм перемикання у середовищах з негативною диференціальною провідністю S-типу з виникненням температурної хвилі перемикання. Вперше розраховані вольт-амперні характеристики гетероструктур власних напівпровідників та встановлена їх нелінійність та асиметрія.

Ключові слова: негативна диференціальна провідність, радіус екранування, стехіометрична вакансія.

Научное издание
ВОЛОВИЧЕВ ИГОРЬ НИКОЛАЕВИЧ

ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОЦЕССЫ В НЕТРАДИЦИОННЫХ
ПОЛУПРОВОДНИКАХ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
СТРУКТУРАХ

Подписано в печать 9.01.1996. Формат 60x84/16.

Бумага офс. Печать офс. Уч.-печ. л. 1,0.

Тираж 100 экз. Зак. 7. Бесплатно.

Ротапринт ИРЭ НАН Украины, 310085, Харьков-85,

ул. Акад. Проскуры, 12.