

**УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

На правах рукописи
УДК. 621.385-621.396

НАСЫРХОДЖАЕВ ФАРРУХ РАХМАТХОДЖАЕВИЧ

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УЗЛЫ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА
ОСНОВЕ ФОТО- И ИНЖЕКЦИОННО-ВОЛЬТАИЧЕСКОГО ЭФФЕКТОВ**

05.12.04 - Системы и устройства радиотехники, радионавигации,
радиолокации и телевидения

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Ташкент - 2010

Работа выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

Научный руководитель

доктор физико-математических наук,
профессор Арипов Хайрулла Кабилович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор Халиков Абдулхак Абдулхайрович

кандидат технических наук,
доцент Чен Александр Леонидович

Ведущая организа

A 12461

ий

A
H329

Насырходжаев Ф.Р.

Функционалн. узлы...

2010

514

Защита состо
заседании специал
университете инфор
ул. А. Тимура 108, е-

зв на
тском
кент,

С диссертаци
Ташкентского унив

теке

Автореферат

Таърихчилар:

Маъ'ул шайхлар: N.K. QOSIM

dotsent.

S.DAVLATI

SH. FURD

dotsent.

Ученый секретарь
специализированно

Мазкур о'quv qo'llanma o'zbe
yulqlariga suyangani holda uyarit
o'ziga xos jihatlari, janrlar tal
ko'rsatishga alohida e'tibor qaratil
O'quv qo'llanma ma'daniyat va
yulqlarining talabalari uchun mo'la
ijamizdagi folklor-etnografik jamo
kur fanga qiziquvchilarga ham tavsi

АУ ДЕТ.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность работы. Полупроводниковые приборы и функциональные узлы радиотехнических устройств находятся в процессе постоянной модернизации. При этом важно сохранять единство научного подхода к проектированию полупроводниковых устройств. В частности, актуальным является использование новых подходов и методик проектирования, основанных на обнаружении сходства или аналогии физических процессов протекающих в электронных и оптоэлектронных приборах. В этом случае появляется возможность, на основе обнаруженной аналогии, генерировать целое множество новых схемотехнических решений.

Фото-вольтаический эффект в полупроводниковых р-п переходах хорошо исследован, и на его основе созданы различные типы оптоэлектронных элементов. Одной из важнейших особенностей р-п перехода в режиме генерации фотоЭДС является то, что он может выступать как практически идеальный источник тока. Такой источник тока в электронике является важным элементом функциональных узлов радиотехнических устройств, которые обладают свойствами стабильности и устойчивости к внешним воздействиям. Возможность работы биполярного транзистора в инжекционно-вольтаическом режиме, в котором коллекторный переход будет выступать, как идеальный источник тока является новым подходом в схемотехнике электронных и оптоэлектронных устройств.

Одним из недостатков фотодиода является отсутствие внутреннего усиления. Фототранзистор обладает усилением, но имеет ограничения по формированию заданной полосы спектральной чувствительности и из-за тонкой базы имеет низкий квантовый выход. Таким образом, существует сложность оптимизации параметров оптоэлектронных схем приемных узлов радиотехнических устройств, так как имеются противоречивые требования к конструкции, как оптоэлектронных элементов, так и всего приемного узла радиотехнических устройств. Преодоление этой проблемы также является актуальной задачей

Большой научный интерес представляют также исследования некоторых аспектов работы диодов, транзисторов и других приборов как нелинейных элементов. При этом целью является изучение механизмов проявления неустойчивости работы полупроводниковых электронных и оптоэлектронных элементов из-за возрастания температуры или величины питающего напряжения.

Степень изученности проблемы. В работах Ж.И. Алферова, В.И. Андреева, Х.К. Арипова, В.Д. Румянцева всесторонне исследован фото-вольтаический эффект в фотопреобразователях концентрированного солнечного излучения. Также в предыдущих работах достаточно хорошо исследованы аспекты работы диодов, транзисторов и других полупроводниковых приборов как нелинейных элементов. Теоретически предсказан и экспериментально обнаружен инжекционно-вольтаический эффект в биполярных транзисторных и тиристорных структурах. Однако,

область совместного использования инжекционно-вольтаического эффекта и фото-вольтаического эффекта во взаимосвязи для развития схемотехники термостабильных и стабильных к колебаниям напряжения питания электронных и оптоэлектронных узлов телекоммуникационного оборудования практически не исследована.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. Работа выполнена на кафедре «Электроники» Ташкентского университета информационных технологий, согласно плану приоритетных научно-технических направлений УзАСИ в рамках НИР №4-05 «Разработка и исследование базовых цифровых схем на основе инжекционно-вольтаических элементов», НИР № 1-06 «Разработка мощных усилителей на основе инжекционно-вольтаических транзисторов» и инновационной НИР №ИДА-6 «Создание базовых элементов аналоговых и цифровых схем телекоммуникационных устройств на основе инжекционно-вольтаического и фото-вольтаического эффектов», выполненной по заданию Координационного Комитета по развитию науки и технологий при Кабинете Министров РУз. и УзАСИ.

Цель исследования: разработка и исследование аналоговых и цифровых функциональных узлов радиотехнических устройств на основе фото- и инжекционно-вольтаического эффектов с целью повышения их устойчивости и эффективности функционирования.

Задачи исследования:

- исследовать и разработать принципы совместного использования фото- и инжекционно-вольтаического эффектов при построении схем узлов радиотехнических устройств, с целью повышения их устойчивости и эффективности функционирования;

- создать и экспериментально исследовать фотопреобразователи с усилением на основе гетерогенных, гомогенных полупроводниковых приборов и каскодных схем;

- разработать метод синтеза базовых схем фотопреобразователей с усилением;

- разработать и исследовать базовые цифровые низковольтные схемы «И-НЕ», «ИЛИ-НЕ» на комплементарных биполярных транзисторах.

Объект и предмет исследования: Объектом исследования являются функциональные узлы радиотехнических устройств. Предметом исследования являются фотопреобразователи с усилением и низковольтные цифровые базовые схемы на основе фото- и инжекционно-вольтаического эффектов.

Методы исследования: методы теории линейных и нелинейных электрических цепей, многопараметрическое, в том числе компьютерное моделирование нелинейных электронных схем на БТ, численное решение нелинейных уравнений, метод средних и наименьших квадратов, измерение электрофизических характеристик, вольтамперных характеристик (ВАХ), нагрузочных характеристик.

Гипотеза исследования: возможности использования фото- и инжекционно-вольтаических эффектов с целью создания аналоговых и цифровых базовых схем, с повышенной устойчивостью и эффективностью функционирования.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Совместное использование фото- и инжекционно-вольтаического эффектов существенно повышает устойчивость фотоприемного узла при высоких напряжениях питания, повышенных рабочих токах;
2. Гетерогенный, гомогенный и каскадный фотопреобразователи с усилением на основе фото и инжекционно-вольтаических эффектов и результаты их исследования;
3. Методика расчета схем фотопреобразователей с усилением на основе фото- и инжекционно-вольтаических эффектов;
4. Базовые цифровые элементы И-НЕ, ИЛИ-НЕ и многоходовая И-НЕ на основе инжекционно-вольтаического эффекта.

Научная новизна:

1. Установлена аналогия инжекционно-вольтаического эффекта в биполярных транзисторах с фото-вольтаическим эффектом в солнечных элементах;
2. На основе совместного использования фото-вольтаического и инжекционно-вольтаического эффектов создана новая элементная база радиотехнических устройств: гетерогенный, гомогенный и каскадный фотопреобразователи с усилением, с уникальным диапазоном устойчивой работы;
3. На основе разработанной методики расчета базовых схем исследованы ВАХ фотопреобразователей с усилением;
4. Проведена компьютерная симуляция инвертора на комплементарных биполярных транзисторах и базовых схем на его основе.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Полученные в работе теоретические и экспериментальные результаты по совместному использованию фото- и инжекционно-вольтаического эффектов представляют интерес при создании фотоприемного узла радиотехнических устройств с улучшенной стабильностью. Предложенные схемы фотоприемных узлов с усилением предназначены для беспроводных оптических систем, приемников оптического излучения и регенераторов при передаче информации по волоконно-оптическим линиям, схем дистанционного управления, оптического датчика, оптореле и другого электронного оборудования.

Предложенный инвертор на комплементарных БТ представляет интерес при создании низковольтных цифровых схем и является базовой ячейкой для синтеза логических элементов с произвольным набором входов и выходов и других цифровых устройств.

Реализация результатов. Разработанный фотопреобразователь с усилением использован при создании усилителя мощности звуковых частот повышенной надежности. Предложенная многоходовая схема И-НЕ на

основе инжекционно-вольтаического эффекта использована при создании энергонезависимых устройств для охранной сигнализации и кодовых замков систем контроля доступа. Разработанные дидактические основы используются при проведении лабораторных занятий по разделу «Элементная база на основе фото- и инжекционно-вольтаических эффектов» курса «Электроника и схемотехника».

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены: на международной конференции «Техника и технологии связи» (Новосибирск, 2003г.); на международной конференции «Инфокоммуникационные и вычислительные технологии в науке, технике и образовании» (Ташкент, 2004г.); на международной конференции «Состояния и перспективы развития связи и информационных технологий Узбекистана» (Ташкент, 2005г.); на республиканской конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы физики» (Ташкент, 2003г.); на республиканской конференции «Фотоэлектрические явления в полупроводниках» (Ташкент, 2004г.); на республиканской конференции «Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасидаги фан, таълим ва ишлаб чиқариш ҳамда уларни интеграциялаш» (Ташкент, 2005г.); на международной конференции «Роль и значение телекоммуникаций и информационных технологий в современном обществе» (Ташкент, 2005г.); на международной конференции «2nd IEEE/IFIP International Conference In Central Asia on Internet The Next Generation of Mobile, Wireless and Optical Communications Networks» (Ташкент, 2006г.); на международной конференции «3rd IEEE/IFIP International Conference in Central Asia on Internet The Next Generation of Mobile, Wireless and Optical Communications Networks» (Ташкент, 2007г.); на международной конференции «2008 International Conference on Electronics, Information, and Communication» (Ташкент, 2008г.).

Опубликованность результатов. По результатам выполненных исследований опубликовано 17 печатных работ. Из них 4 статьи в научных журналах, в тезисах 8 международных и 4 республиканских конференций. По результатам работы имеется 1 патент на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитируемой литературы и приложения. Общий объем диссертации 149 страниц, который содержит 106 страниц основного текста, 57 рисунков, 19 таблиц, список литературы из 110 наименований и приложение в виде отдельной книги из 111 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность работы и научная новизна проведенных исследований, сформулированы ее цель и задача, приведены основные положения, выдвигаемые на защиту.

В первой главе приведен критический обзор литературных данных по элементной базе и схемотехнических решений, используемых при создании аналоговых и цифровых функциональных узлов радиотехнических устройств.

Отмечено, что схемы с инжекционным питанием имеют ряд основных проблемных вопросов, еще не нашедших конкретного инженерного решения. К их числу относится вопрос о поиске новых полупроводниковых материалов, вопрос о целесообразности температурной стабилизации интегральных схем с инжекционным питанием и другие.

В литературном обзоре элементной базы фотопреобразователей (ФП) и оптоэлектронных устройств, реализованных на их основе, показано, что одним из недостатков фотодиода является отсутствие усиления фототока, что ограничивает его способность создавать высокую электрическую мощность в нагрузке, а тонкая база фототранзистора приводит к низкому квантовому выходу при поглощении света, имеет низкое напряжение вторичного пробоя и высокую температурную нестабильность.

С целью повышения устойчивости и эффективности функционирования была предложено применение нетрадиционных схемных решений. Для этого было предложено исследование аналогии фотовольтаического эффекта в солнечных элементах и инжекционно-вольтаического эффекта в биполярных транзисторах (БТ), которая является обоснованным научным подходом для создания новой сильноточной и низковольтной (порядка контактной разности потенциалов) элементной базы аналоговых и цифровых устройств электроники.

В конце главы сделаны основные выводы и сформулированы задачи исследования.

Во второй главе проанализированы условия возникновения инжекционно-вольтаического эффекта (ИВЭ) в БТ, а также сделан его сравнительный анализ с фото-вольтаическим эффектом (ФВЭ) в солнечных элементах. ИВЭ - явление генерации разности потенциалов на коллекторном переходе БТ под действием тока близкорасположенного инжектирующего эмиттерного перехода. С другой стороны, ФВЭ состоит в генерации фотовольтаического напряжения на р-п переходе под действием потока фотонов. Проведенный анализ условий возникновения и протекания ФВЭ и ИВЭ, указывает на их физическую аналогию (общность механизмов), что позволяет реализовать новые электронные и оптоэлектронные приборы.

Для ИВЭ и ФВЭ характерно существование двух различных участков ВАХ: первая - с динамическим сопротивлением близким к нулю (режим идеального источника напряжения) и вторая - с динамическим сопротивлением близким к бесконечности (режим идеального источника тока), что позволяет реализовать ФП с усилением.

Электрическая схема включения предложенного узла ФП с усилением приводится на рис 1. Фотоприемный узел выполнен на основе дискретных структур (фотодиод и биполярный транзистор). Широкозонный фотодиод и узкозонный транзистор обозначены соответственно VD и VT, где $P_{и}$ - мощность оптического излучения, падающего на фотодиод; $U_{КЭ}$ - напряжение внешнего источника, приложенное между коллектором и эмиттером фотоприемного узла.

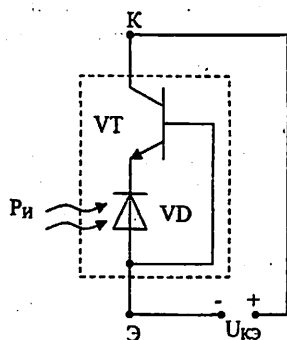


Рис. 1. Схема фотоприемного узла.

Приводится описание метода расчета фотоприемного узла. Показано, что использование полупроводниковых материалов с разной шириной запрещенных зон позволяет расширить диапазон допустимых напряжений коллектор-эмиттер. Использование дискретного широкозонного фотодиода дает возможность раздельного управления спектральной чувствительностью фотоприемного узла (например, в длинноволновой области спектра) и его усилением.

ВАХ фотоприемного узла приведены на рис. 2. Нагрузочная ВАХ широкозонного фотодиода в фото-вольтаическом (ФВ) режиме $I_{\Phi} = f(U_{\Phi})$ при заданном значении $P_{и}$ (1); входная ВАХ узкозонного БТ $I_{Э} = f(U_{ЭБ})$ при заданном значении $U_{КЭ}$ и температуры T_1 (2, 3) и T_2 (2', 3'); а также рабочие точки фотоприемного узла при различных $U_{КЭ}$ и температурах (4, 5, и 4', 5').

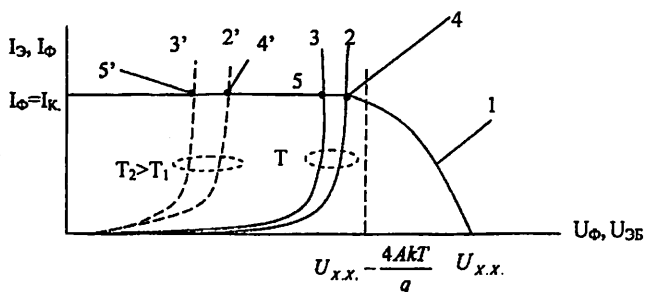


Рис. 2. ВАХ фотоприемного узла.

Из рисунка видно, что входная ВАХ БТ лежит в пределах горизонтального участка режима генератора тока выходной ВАХ фотодиода. При увеличении напряжения коллектор-эмиттер и рабочей температуры, входная характеристика транзистора фотоприемного узла смещается из точек 4 и 5 в точки 4' и 5', при этом величина инжектируемого тока в базу БТ не изменяется.

Экспериментальные выходные характеристики фотоприемного узла при заданных и постоянных значениях P_H приведены на рис. 3. Параметры БТ КТ-315 Г: $I_{Э0} = 1,72 \cdot 10^{-9}$ мА, $b_Э = 31,56 \text{ В}^{-1}$, $\chi = 0,619 \text{ В}^{-2}$, $\mu = 0,329 \text{ В}^{-1}$, $\beta = 106$ при паспортной максимальной рассеиваемой мощности $P_{К} = 150$ мВт; фотодиода ГФЭ: $\eta = 20\%$, $S = 0,5 \text{ см}^2$, $T = 300\text{К}$, $I_0 = 10^{-20}$ мА, $A = 1$, $kT = 0,025$ эВ, мощность излучения P_H : 1-50 мВт/см², 2-100 мВт/см², 3-200 мВт/см², 4-300 мВт/см², 5-400 мВт/см². Максимальная рассеиваемая мощность составного фотоприемного узла $P_{К \text{ макс}} = 450$ мВт.

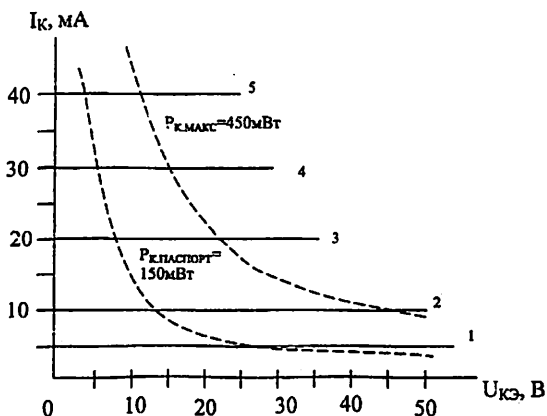


Рис. 3. Экспериментальные выходные характеристики фотоприемного узла.

Таким образом, создан фотоприемный узел, использующий широкозонный фотодиод в фото-вольтаическом режиме как источник тока с очень высоким дифференциальным сопротивлением, который позволяет стабилизировать режим работы БТ, а также разработан метод определения его параметров.

В третьей главе показаны возможности использования ФВЭ и ИВЭ для существенного улучшения стабильности параметров и расширения диапазона допустимой рассеиваемой мощности БТ, что является актуальным для совершенствования функциональных узлов радиотехники.

Предложены и исследованы три типа ФП с усилением на основе ФВЭ и ИВЭ: гетерогенный, гомогенный и каскадный.

Предложенный гетерогенный ФП с усилением имеет высокий коэффициент преобразования мощности оптического сигнала в электрическую мощность в нагрузке.

Электрическая схема гетерогенного ФП с усилением, выполненного на основе дискретных структур приведена на рис 4. Диод выполнен на основе широкозонного полупроводникового материала - GaAs, БТ VT1 на основе менее широкозонного полупроводникового материала - кремния, а БТ VT2 на основе узкозонного полупроводникового материала - германия.

Показано, что предложенный гетерогенный ФП с усилением имеет широкий диапазон устойчивой работы по мощности отдаваемой в нагрузку, напряжению коллектор-эмиттер и температуре, за счет стабилизации режима работы первого БТ в ФВ режиме работы фотодиода и, соответственно, стабилизации режима работы второго БТ в ИВ режиме работы первого БТ. Фоточувствительность ФП с усилением существенно увеличена, т.к. использован второй БТ, дополнительно усиливающий напряжение.

На основе многопараметрических моделей БТ и фотодиода произведен расчет выходных характеристик ФП с усилением при заданных и постоянных значениях $P_{и}$.

Параметры кремниевого БТ КТ-315 Г (VT1): $I_{з0} = 1,72 \cdot 10^{-9}$ мА, $b_3 = 31,56$ В⁻¹, $\chi = 0,619$ В⁻², $\mu = 0,329$ В⁻¹, $\beta = 106$; германиевого БТ МП 38 А (VT2): $I_{з0} = 8,77 \cdot 10^{-3}$ мА, $b_3 = 36,20$ В⁻¹, $c = 2,36 \cdot 10^{-2}$ мА⁻¹, $g = 1,47 \cdot 10^{-3}$ мСм, $\beta = 70$ и арсенид-галлиевого гетерофотоэлемента (VD): $\eta = 20\%$, $S = 0,5$ см², $T = 300$ К, $I_0 = 10^{-20}$ мА, $A = 1$, $kT = 0,025$ эВ. Мощность излучения $P_{и}$: 1-0,5 мВт/см²; 2-1 мВт/см²; 3-2 мВт/см²; 4-3 мВт/см²; 5-4 мВт/см². Максимальная рассеиваемая мощность ФП с усилением $P_{к, макс} = 450$ мВт.

Основной особенностью гетерогенных фотоприемных узлов является необходимость использования БТ и фотодиода из разных полупроводниковых материалов, что усложняет технологию изготовления соответствующей интегрально – оптической схемы.

Для повышения технологичности изготовления предложен гомогенный ФП с усилением, все элементы которого изготовлены из одинакового полупроводникового материала (рис. 5, а).

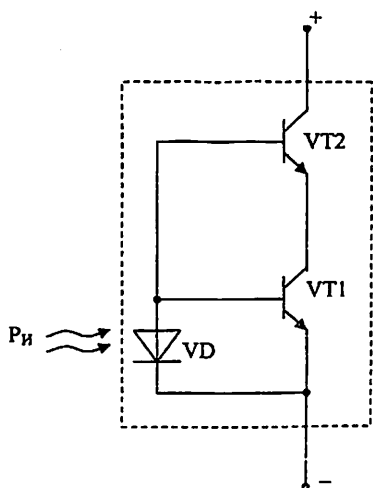


Рис. 4. Схема гетерогенного ФП с усилением.

Из-за использования двух последовательно включенных фотодиодов VD1 и VD2, их суммарная выходная ВАХ растягивается и входная ВАХ транзистора VT1 укладывается на участке режима генератора тока суммарной выходной ВАХ двух фотодиодов. Гомогенный ФП с усилением имеет увеличенную рассеиваемую мощность, расширенный диапазон допустимых напряжений коллектор-эмиттер и рабочих температур.

На основе многопараметрических моделей БТ и фотодиода произведен расчет выходных характеристик ФП с усилением при заданных и постоянных значениях $P_{и}$.

Для увеличения коэффициента преобразования мощности оптического сигнала в электрическую, предложен каскадный ФП с усилением, который выполнен из однотипных полупроводниковых приборов (рис. 5, б).

Из-за использования двух последовательно включенных фотодиодов VD1 и VD2, их суммарная выходная ВАХ растягивается, что позволяет входной ВАХ транзистора VT1 уложиться на участке режима генератора тока суммарной выходной ВАХ двух фотодиодов. Кроме того, использование фотодиода VD3, сдвигает входную ВАХ транзистора VT2 влево, что позволяет ей уложиться на участке режима генератора тока выходной ВАХ транзистора VT1. При этом ток базы $I_{Б1}$ транзистора VT1 и ток эмиттера $I_{Э2}$ транзистора VT2 стабилизируются, т.е. не зависят от изменения напряжения коллектор-эмиттер и температуры.

Каскадный ФП с усилением имеет широкий диапазон устойчивой работы по рассеиваемой мощности, напряжению коллектор-эмиттер и температуре, а также высокую фоточувствительность, при использовании одинакового полупроводникового материала.

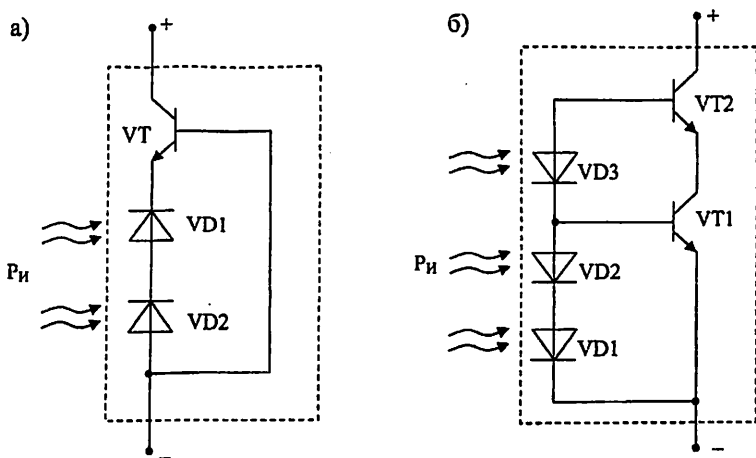


Рис. 5. Схемы гомогенного (а) и каскадного (б) ФП с усилением.

На основе многопараметрических моделей БТ и фотодиода произведен расчет выходных характеристик ФП с усилением при заданных и постоянных значениях $P_{и}$.

Параметры кремниевых БТ КТ-315 Г (VT): $I_{э0} = 1,72 \cdot 10^{-9}$ мА, $b_3 = 31,56$ В $^{-1}$, $\chi = 0,619$ В $^{-2}$, $\mu = 0,329$ В $^{-1}$, $\beta = 106$; и кремниевых фотоэлементов КФЭ (VD1 и VD2): $\eta = 12\%$, $S = 0,5$ см 2 , $T = 300$ К, $I_0 = 1,12 \cdot 10^{-8}$ мА, $A = 1$, $kT = 0,025$ эВ.

Мощность излучения $P_{и}$ для гомогенного ФП с усилением: 1-50 мВт/см 2 , 2-100 мВт/см 2 , 3-200 мВт/см 2 , 4-300 мВт/см 2 ;

Мощность излучения $P_{и}$ для каскодного ФП с усилением: 1-0,5 мВт/см 2 ; 2-1 мВт/см 2 ; 3-2 мВт/см 2 ; 4-3 мВт/см 2 ; 5-4 мВт/см 2 .

Максимальная рассеиваемая мощность исследованных ФП с усилением $P_{к. макс} = 450$ мВт.

Таким образом, предложены ФП с усилением, которые имеют возможность отдельного управления спектральной чувствительностью фотоприемного узла (например, в длинноволновой области спектра) и его усилением. А также, они имеют широкий диапазон устойчивой работы по рассеиваемой мощности, напряжению коллектор-эмиттер и температуре. Разработанные гомогенный и каскодный ФП с усилением упрощают технологию изготовления устройства.

За счет стабилизирующего действия ФВЭ и ИВЭ, исследованные ФП с усилением устойчиво работают при пятикратных значениях напряжения коллектор-эмиттер и трехкратных значениях рассеиваемой на коллекторе мощности, по сравнению с параметрами отдельно взятого транзистора.

В четвертой главе приведены результаты исследования цифровых функциональных узлов радиотехнических устройств на основе ИВЭ, работающих при низких напряжениях питания (порядка контактной разности потенциалов, что составляет $\sim 0,7$ В в случае кремния).

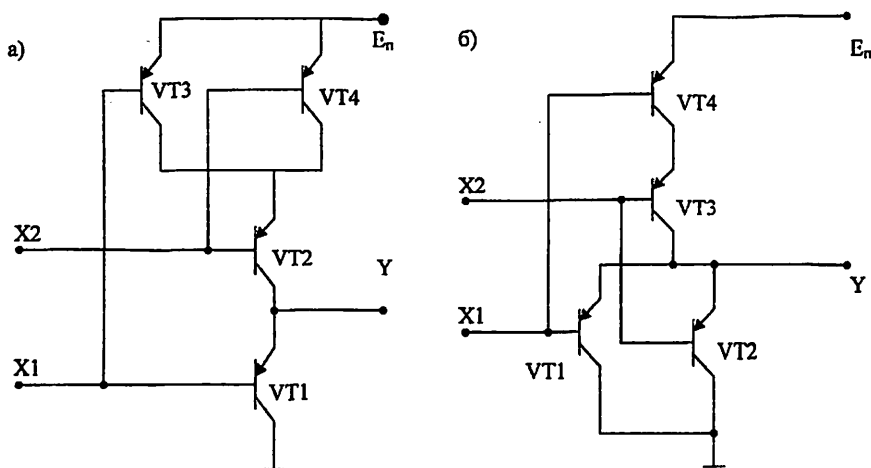


Рис. 6. Логические элементы на КБТ: 2И-НЕ (а) и 2ИЛИ-НЕ (б).

Теоретически и экспериментально исследованы базовые цифровые схемы, в частности элементы 2И-НЕ и 2ИЛИ-НЕ (рис. 6 а и б), многоходовый логический элемент ИИ – НЕ на основе инвертора выполненного на комплементарных биполярных транзисторах (КБТ), работающие при низких напряжениях питания, питаемого от солнечного элемента.

В результате исследования был разработана методика и алгоритм машинного расчета основных параметров передаточной характеристики базовых цифровых схем.

Показано, что инвертор на КБТ является базовым элементом для создания низковольтных цифровых схем, используемых в функциональных узлах радиотехнических устройств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Показано, что совместное использование фото и инжекционно-вольтаического эффектов позволяет создавать базовые элементы аналоговых и цифровых функциональных узлов радиотехнических устройств.

2. Гетерогенный фотопреобразователь с усилением, с повышенной устойчивостью к действию дестабилизирующих факторов, позволяет отдельно управлять спектральной чувствительностью фотоприемного узла и его усилением.

3. Гомогенный фотопреобразователь с усилением, все элементы которого выполнены из одинакового полупроводникового материала, позволяет при сохранении свойств гетерогенного преобразователя повысить технологичность при его промышленном изготовлении.

4. Каскодный фотопреобразователь с усилением имеет высокую фоточувствительность и повышенную максимальную рассеиваемую мощность.

5. Установлено, что фотопреобразователи с усилением устойчиво работают при пятикратных значениях напряжения коллектор-эмиттер и трехкратных значениях рассеиваемой на коллекторе мощности, по сравнению с параметрами отдельно взятого транзистора.

6. На основе многопараметрических моделей биполярных транзисторов и фотодиода произведен расчет выходных характеристик и основных параметров, предложенных гомогенных, гетерогенных и каскодных схем фотопреобразователей с усилением и передаточной характеристики инвертора на комплементарных биполярных транзисторах.

7. Предложенный инвертор на комплементарных биполярных транзисторах является базовым элементом для синтеза цифровых схем, работающих при рекордно низких значениях напряжения питания (порядка контактной разности потенциалов).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Насырходжаев Ф.Р. Исследование инвертора на основе инжекционно-вольтаического эффекта // *Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетики*, Ташкент, 2004, №6, С.61-66.
2. Насырходжаев Ф.Р. Исследование фотопреобразователя с усилением // *Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетики*, Ташкент, 2006, №1, С.21-24.
3. Арипов Х.К., Алимова Н.Б., Насырходжаев Ф.Р. Анализ цифровых элементов на МДП-транзисторах и синтез их аналогов на биполярных транзисторах // *Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетики*, Ташкент, 2006, №1, С.12-18.
4. Х.К. Арипов, Ф.Р. Насырходжаев, Е.В. Обедков, Х.Х. Бустанов, Оптоэлектронные приборы устойчивые к перегрузкам на основе фото- и инжекционно-вольтаических эффектов // журнал «Вестник ТУИТ», Ташкент, 2007, №1, С.88-92.
5. Агабекова З.Е., Арипов Х.Х., Бустанов Х.Х., Касимов С.С., Насырходжаев Ф.Р., Обедков Е.В. Фотопреобразователь с усилением, патент № IAP 03365 от 12.04.2007 г.
6. Насырходжаев Ф.Р. Элементная база на основе инжекционно-вольтаического эффекта // *Сборник трудов 5-й международной технической конференции «Техника и технологии связи»*, Новосибирск, 2003, С. 144-146.
7. Насырходжаев Ф.Р. Моделирование цифровых схем на основе инжекционно-вольтаического эффекта // *Сборник трудов международной технической конференции «Инфокоммуникационные и вычислительные технологии в науке, технике и образовании»*, Ташкент, 2004, С. 85-88.
8. Арипов Х.К., Насырходжаев Ф.Р. Устройства телекоммуникационных систем на основе нового инжекционно-вольтаического эффекта // *Сборник трудов международной научно-технической конференции «Состояния и перспективы развития связи и информационных технологий Узбекистана»*, Ташкент, 2005, С. 18-21.
9. Насырходжаев Ф.Р., Умарова Н.Р., Садыков Ш.М. Фотопреобразователь оптического излучения на основе фото- и инжекционно-вольтаического эффектов // *Сборник трудов международной научно-технической конференции «Роль и значение телекоммуникаций и информационных технологий в современном обществе»*, Ташкент, 2005, I том, С. 50-53.
10. Арипов Х.К., Бустанов Х.Х., Атаханов Ш.Н., Насырходжаев Ф.Р. Генератор на основе инжекционно-вольтаического эффекта // *Сборник трудов научной конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы физики»*, НПО «Физика-Солнце» АН РУз им. С.А.Азимова, Ташкент, 2003, С. 282-284.
11. Арипов Х.К., Бустанов Х.Х., Насырходжаев Ф.Р. Полупроводниковые приборы на основе инжекционно-вольтаического эффекта // *Сборник трудов научной конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы физики»*, НПО «Физика-Солнце» АН РУз им. С.А.Азимова, Ташкент, 2003 г., С. 260-262.

12. Арипов Х.К., Бустанов Х.Х., Обьедков Е.В., Насырходжаев Ф.Р. Инжекционно-вольтаический фототранзистор // Сборник трудов научной конференции «Фотоэлектрические явления в полупроводниках», НПО «Физика-Солнце» АН РУз им. С.А.Азимова, Ташкент, 2004, С. 188-189.

13. Насырходжаев Ф.Р. Элементарная база на основе нового инжекционно-вольтаического эффекта // Сборник трудов республиканской научно-технической конференции «Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасидаги фан, таълим ва ишлаб чиқариш ҳамда уларни интеграциялаш», Ташкент, 2005, С. 71-74.

14. U.Kh. Aripova, Kh.Kh. Bustanov, F.R. Nasirkhodjaev, E. Obedkov. Stable Optoelectronic Devices Based on Injection-Voltaic and Photo-Voltaic Effects, 2nd IEEE/IFIP International Conference in Central Asia on Internet, Tashkent, 2006, P. 1-4.

15. Kh.K. Aripov, Kh.Kh. Bustanov, F.R. Nasirkhodjaev, E.V. Ob'edkov. New Injection-Voltaic Effect Elementary Basis, 2nd IEEE/IFIP International Conference in Central Asia on Internet, Tashkent, 2006, P. 1-4,

16. Kh.K. Aripov, Kh.Kh. Bustanov, F.R. Nasirkhodjaev, E.V. Ob'edkov. Design of functional nodes for telecommunication devices based on Photo- Voltaic and Injection-Voltaic Effects, 3rd IEEE/IFIP International Conference in Central Asia on Internet, Tashkent, 2007, P. 1-4.

17 Kh.K. Aripov, Kh.Kh. Bustanov, I. Faziljanov, G. Jalilov, E.V. Ob'edkov, F.R. Nasirkhodjaev. Stable emitter followers based on injection-voltaic transistors for power amplifier, International Conference on Electronics, Information, and Communication, Tashkent, 2008, P.597-599.

РЕЗЮМЕ

диссертации Насырходжаева Фарруха Рахматходжаевича на тему: «Функциональные узлы радиотехнических устройств на основе фото- и инжекционно-вольтаического эффектов» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Системы и устройства радиотехники, радионавигации, радиолокации и телевидения

Ключевые слова: Гетерогенный фотопреобразователь, гомогенный фотопреобразователь, каскодный фотопреобразователь с усилением, низковольтные цифровые схемы И-НЕ, ИЛИ-НЕ на инжекционно-вольтаических транзисторах, помехоустойчивость.

Объекты исследования: Функциональные узлы радиотехнических устройств.

Цель работы: Разработка и исследование аналоговых и цифровых функциональных узлов радиотехнических устройств на основе фото- и инжекционно-вольтаического эффектов.

Методы исследования: Методы теории линейных и нелинейных электрических цепей, многопараметрическое, в том числе компьютерное моделирование нелинейных электронных схем на БТ, численное решение нелинейных уравнений, измерение электрофизических характеристик, вольтамперных характеристик (ВАХ), нагрузочных характеристик.

Полученные результаты и их новизна: Впервые предложены схемы «ИЛИ-НЕ» и «И-НЕ» на инжекционно-вольтаических транзисторах, разработаны оптоэлектронные схемы с усилением, имеющие повышенную устойчивость к работе при высоких напряжениях питания и повышенных рабочих токах. Предложены фотопреобразователи с усилением, позволяющие раздельно управлять спектральной чувствительностью и коэффициенту усиления, имеющие широкий диапазон устойчивой работы по мощности, отдаваемой в нагрузку, напряжению коллектор-эмиттер и температуре.

Практическая значимость: Разработанные схемы фотопреобразователей с усилением эффективно решают проблему создания оптоэлектронных узлов с повышенной устойчивостью к действию дестабилизирующих факторов. Разработанные базовые цифровые схемы на основе инжекционно-вольтаического эффекта позволяют создавать низковольтную элементную базу цифровой электроники.

Степень внедрения и экономическая эффективность: Разработанные функциональные узлы внедрены в АК «Узбектелеком». Теоретические и практические результаты внедрены в учебный процесс ТУИТ, проведены НИР №4-05, № 1-06 и №ИДА-6 по договору с УзАСИ.

Область применения: Предложенные фотопреобразователи с усилением и низковольтные цифровые схемы предназначены для использования при создании функциональных узлов радиотехнических и телекоммуникационных устройств.

Техника фанлари номзоди илмий даражасига талабгор Насирходжаев Фаррух Рахматходжаевичнинг 05.12.04 - Радиотехника, радионавигация, радиолокация ва телевидение тизимлари ва қурилмалари ихтисослиги бўйича «Фото- ва инъекцион-вольтаик эффектлар асосида радиотехник қурилмалар функционал тугунлари» мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕСИ

Таянч сўзлар: Гетероген фотоўзгартиргич, гомоген фотоўзгартиргич, каскод кучайтиргичли фотоўзгартиргич, инъекцион-вольтаик транзисторлар асосидаги кичик кучланиш қийматларида ишлайдиган ХАМ-ЭМАС, ЁКИ-ЭМАС рақамли схемалари, халақитбардошлик.

Тадқиқот объектлари: Радиотехник қурилмалар функционал тугунлари.

Ишнинг мақсади: Фото- ва инъекцион-вольтаик эффектларни қўллаган ҳолда радиотехник қурилмалар функционал тугунларини ишлаб чиқиш ва тадқиқ этиш.

Тадқиқот методлари: Чизикли ва ночизикли занжирлар назарияси, БТ асосидаги электрон схемаларни кўппараметрик, жумладан, компьютерда моделлаштириш, ночизикли тенгламаларни санок ечими, электрофизик, вольтампер, юклама характеристикаларни ўлчаш.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: Илк бор инъекцион-вольтаик транзисторлар асосидаги «ЁКИ-ЭМАС» ва «ХАМ-ЭМАС» схемалари таклиф этилган, юқори истеъмол кучланиш қийматларида ҳамда катта ток қийматларида ишлашга чидамли кучайтурувчи оптоэлектрон схемалар ишлаб чиқилган. Спектрал сезгирлик ҳамда кучайтириш коэффициентини алоҳида бошқариш имкониятига эга бўлган кучайтиргичли фотоўзгартиргичлар таклиф қилинган бўлиб, улар юкланишга бериладиган қувват, коллектор-эмиттер кучланиши ва температуранинг кенг ўзгариш диапазонида барқарор ишлайдилар.

Амалий аҳамияти: Ишлаб чиқилган кучайтиргичли фотоўзгартиргичлар барқарорлик бузилишига олиб келадиган омилларга юқори бардошликка эга бўлган оптоэлектрон тугунларни яратиш муаммосини муваффақиятли ечими ҳисобланади. Инъекцион-вольтаик эффектлар асосида ишлаб чиқилган негиз рақамли схемалар кичик кучланиш қийматларида ишлайдиган рақамли электроника элемент базасини яратиш имконини беради.

Татбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: Ишлаб чиқилган функционал тугунлар «Ўзбектелеком» АКсида тадбиқ этилган. Ишнинг назарий ва амалий натижалари ТАТУ нинг ўқув жараёнида ҳамда ЎзААА билан тузилган №4-05, №1-06 ҳамда №ИДА-6 хўжалик шартномаларини бажаришда қўлланилган.

Қўлланиш соҳаси: Таклиф этилган кучайтиргичли фотоўзгартиргичлар ва кичик кучланиш қийматларида ишлайдиган рақамли схемалар радиотехник ва телекоммуникация қурилмаларининг функционал тугунларини яратишда қўллашга мўлжалланган.

REZUME

Thesis of Nasirkhodjaev Farrukh on the scientific degree competition of the doctor of philosophy in technical on speciality 05.12.04 – Systems and devices of a radio engineering, a radio navigation, a radio location and a television subject «Functional junctions of radio technical devices based on photo- and injection-voltaic effects»

Key words: Heterogeneous photo-converter, homogeneous photo-converter, cascode photo-converter with amplification, low-voltage AND-NO, OR-NO digital circuits based on injection-voltaic transistors, noise immunity.

Subjects of research: Functional junctions of radio technical devices.

Purpose of work: Research and development of analogue and digital functional junctions of radio technical devices based on photo and injection-voltaic effects.

Methods of research: methods of linear and non-linear chain theory, multi parametric, including computer simulation of nonlinear electronic circuits based on bipolar transistors, numerical solution of nonlinear equations, measurement of electro physical characteristics, voltage-current characteristics, and load characteristics methods were used.

The results obtained and their novelty: For the first time AND-NO, OR-NO circuits based on injection-voltaic transistors are elaborated. Optoelectronic circuits with amplification were developed which have enhanced stability at work with high values of supply voltage and high working current. Photo-converters with amplification, which have possibility of separated control of spectral sensitivity, and amplification, as well as wide range of steady work on power given back to resistance, on voltage of collector-emitter and temperature were offered.

Practical value: Designed circuits of photo-converters with amplification effectively solve problem related to development of optoelectronic junctions with enhanced stability against influence of destabilizing factors. Designed basic digital circuits based on injection-voltaic effects allow developing low-voltage elementary basis of digital electronics.

Degree of embed and economic effectivity: Developed functional junctions are introduced in JSC «Uzbektelekom». Theoretical and practical results are used in scholastic process TUIT, research scientific work №4-05, №1-06 and innovative research scientific work №6 carried out under the treaty with UzACI.

Field of application: Offered photo-converters with amplification and low-voltage digital circuits can be applied for development of the functional junctions of radio technical and telecommunication devices.

Подписано к печати 31.05.2010 г. Формат 60x84 1/16.
Объем 1 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 202.

Отпечатано в типографии ТГТУ. г.Ташкент,
ул.Талабалар 54. тел: 246-63-84.