

**Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации**

**МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

**MOSCOW POWER ENGINEERING INSTITUTE
(TECHNICAL UNIVERSITY)**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по организации выполнения и проведения защиты
выпускной работы на степень бакалавра по всем
направлениям подготовки в МЭИ**

Москва

Издательство МЭИ

1998

УДК 621.3.001.63(072) М545

Утверждено учебным управлением МЭИ

Составители: профессор В.И. Извеков, доценты И.М. Короневский, Н.И. Сентюрихин — разд.1, доценты И.Б. Варлашов, И.А. Каретников, В.Н. Корнетов, И.М. Короневский, В.А. Макаров, А.Н. Огнев, А.К. Соловьев, Н.А. Чарыков, профессор А. С. Шнитников — разд.2

Редакторы: профессор А.И.Попов, профессор А.М. Гуляев

Методические указания содержат общие рекомендации по организации выполнения и защиты выпускной работы на степень бакалавра (раздел 1). В качестве конкретного примера применения рекомендаций в разделе 2 приводятся методические указания по выполнению выпускной работы на степень бакалавра техники и технологии по направлению «электроника и микроэлектроника».

Предназначено для студентов и преподавателей—консультантов и научных руководителей выпускных работ на степень бакалавра.

Учебное издание

Методические указания по организации выполнения и проведения защиты выпускной работы на степень бакалавра по всем направлениям подготовки в МЭИ.

Составители: Извеков В.И., Сентюрихин Н.И.

Корректор В.В. Сомова ЛР № 020528 от 05.06.98

Подписано в печать 20.07.98 Формат 60x84/16. Печать офсетная.

Печ. л. 0.5

Тираж 1000

Заказ 177

Издательство МЭИ, 111250, Москва, Красноказарменная, д. 14 Типография ЦНИИ "Электроника", 117415, Москва, просп. Вернадского, д.39

©Московский энергетический институт, 1998

1. Методические указания по организации выполнения и проведения защиты выпускной работы на степень бакалавра

Введение

Выпускная работа на степень бакалавра должна продемонстрировать умение соискателя анализировать актуальные научные проблемы, решать конкретные задачи и дать достаточно полное представление об усвоении соискателем основ изученных дисциплин.

Задание на выпускную работу бакалавра должно быть адаптировано к действующим учебным планам и уровню подготовки студентов на этапах ее выполнения и выдается студенту до начала 8-го семестра.

Одаренным студентам, собирающимся поступать в магистратуру, задание на бакалаврскую работу целесообразно выдавать в начале 7-го семестра.

Решение конкретных задач задания рекомендуется осуществлять в процессе выполнения курсовых работ и проектов 7-го и 8-го семестров.

Рекомендации по организации выполнения и защиты выпускной работы составлены на основании приказа по МЭИ № 217 от 09.12.94, разъяснения к приказу от 14.03.96 и Положения об итоговой аттестации выпускников высших учебных заведений РФ, утвержденного 25.05.94.

1.1. Требования к содержанию выпускной работы на степень бакалавра

Государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный ГК РФ по высшему образованию 30.12.93, содержит следующие требования к выпускной работе на степень бакалавра.

- Выпускные квалификационные работы выполняются в форме дипломной работы или дипломного проекта. Студенту предоставляется право выбора темы выпускной квалификационной работы вплоть до предложения своей тематики с необходимым обоснованием целесообразности ее разработки. При подготовке выпускной квалификационной работы каждому студенту назначается руководитель и консультанты.

Соискатель должен подготовить к заседанию ГАК пояснительную записку, которая содержит совокупность исходных положений и результатов, выдвигаемых автором для защиты, имеющую внутреннее единство, свидетельствующую о способности автора решать техническую задачу, используя теоретические знания и практические навыки.

Выпускная работа на степень бакалавра является законченной работой, содержащей решение задачи по соответствующему направлению. Она должна также содержать обоснование выбора темы, актуальность поставленной задачи, обзор опубликованной литературы по выбранной теме, обоснование путей решения задачи, изложение полученных результатов, их анализ, выводы, список использованной литературы и оглавление.

Выпускная работа должна показать умение автора кратко, лаконично и аргументированно излагать материал. Ее оформление должно соответствовать правилам оформления научных публикаций.

В соответствии со стандартом выпускная работа должна иметь следующую структуру,

- Титульный лист.
- Аннотация.

- Введение.
- Две – четыре главы с изложением основных результатов работы.
- Заключение.
- Список литературы.
- Приложения.
- Оглавление.

Титульный лист пояснительной записки к выпускной работе оформляется на специальных бланках, разработанных учебным управлением МЭИ.

Аннотация, объемом до 0,5 стр., включает в себя краткую информацию о содержании работы. Рекомендуется на этой же странице дать текст аннотации на одном из европейских языков (английском, французском или немецком); иностранным гражданам – на родном.

Аннотацию располагают на стр. 2.

Введение. Во введении должна быть отражена актуальность темы, определены методы решения поставленной задачи и точно сформулирована цель исследований. Объем введения составляет обычно 2 – 4 страницы.

Основные результаты работы (две – четыре главы).

В главах излагаются результаты решения задач и приводятся требуемые математические расчеты, проводится их анализ.

Каждая глава должна заканчиваться выводами, где в краткой форме излагаются результаты данного этапа работы и конкретизируются задачи и методы их решения в последующих главах.

Заключение. В заключении формулируются главные выводы, показывающие достигнутый уровень решения проблемы. Объем заключения составляет обычно 1 – 2 страницы.

Список литературы. В список, с указанием библиографических данных, включается литература по усмотрению автора. Если в пояснительной записке сделаны ссылки на научно-техническую информацию, позволяющую принять конкретное решение, включение первоисточника в список является обязательным.

Приложения. В приложения включаются материалы (таблицы, результаты экспериментов, расчетов, схемы, распечатки программ), подтверждающие выводы и рекомендации работы.

1.2. Оформление пояснительной записки

Пояснительная записка печатается на принтере (гарнитура типа Times, размер шрифта – не менее 14 пунктов) или на пишущей машинке. Допускается оформление записки в рукописном варианте. Текст печатается на листах писчей бумаги форматом А4 (210x297 мм) через 1,5 – 2 интервала. Для разворотных таблиц и рисунков допускается формат А3 (297x420 мм). Заголовки таблиц, названия схем допускается печатать через один интервал.

Текст печатается на одной стороне листа и имеет поля следующих размеров:

- верхние и нижние – 25 мм;

- правые – 10 мм;
- левые – 25 мм.

Абзацный отступ равен 5 знакам. Заголовки разделов и подразделов отделяются от текста сверху и снизу тремя интервалами. Текст печатается строчными буквами. Заглавными буквами печатаются аббревиатуры, а также названия глав, слова — «Введение» и «Заключение». Знаки, символы, обозначения, а также математические формулы могут быть набраны на ПЭВМ или вписаны от руки тушью (чернилами, пастой) черного цвета. Вписываемые знаки должны иметь размер не менее машинописного шрифта, надстрочные и подстрочные индексы, показатели степени и т.п. могут быть меньших размеров, но не менее 2 мм по высоте.

В тексте должна быть соблюдена *соподчиненность глав, параграфов и пунктов*. Нумерация глав и параграфов выполняется арабскими цифрами, которые отделяются от названий точкой. Знак § не ставится. Номер параграфа состоит из цифры, обозначающей номер главы и цифры, обозначающей его порядковый номер в составе главы, отделенных друг от друга точкой. Если параграфы состоят из нумерованных пунктов, нумерация последних состоит из трех разделенных точками цифр.

Каждая глава начинается с новой страницы.

Страницы нумеруются от титульного листа и до последнего, цифра 1 на титульном листе не ставится. Нумерация страниц выполняется арабскими цифрами сверху посередине над строкой.

Приложения нумеруются арабскими цифрами (без значка №) и имеют названия. Задание, оформленное на специальном бланке МЭИ подшивается последним документом в разделе «Приложения», с конкретными наименованиями содержания.

Ориентировочный объем пояснительной записки составляет в среднем 40 страниц (без приложений).

Пояснительная записка должна быть переплетена или заключена в папку для дипломных работ.

1.3. Подготовка к защите

Выпускная работа на степень бакалавра считается допущенной к защите после получения на титульном листе подписей научного руководителя, заведующего кафедрой и при наличии письменной рецензии рецензента и отзыва научного руководителя.

Рецензент назначается из числа преподавателей или научных сотрудников выпускающей кафедры.

Расписание защит доводится до сведения студентов за три недели до даты заседания ГАК.

Полностью оформленную пояснительную записку автор сдает руководителю за 7—9 дней до защиты.

Не позднее чем за 5 рабочих дней до защиты автор передает пояснительную записку рецензенту.

Рецензия и пояснительная записка должны быть представлены на подпись заведующему кафедрой для допуска к защите не позднее чем за 2 дня до заседания ГАК.

Рецензия должна отражать содержание пояснительной записки в развернутом виде и иметь объем в 1–2 стр. машинописного текста. В соответствии с действующими в РФ стандартами для многоуровневого высшего образования в рецензии и отзыве научного руководителя должна обязательно быть указана оценка работы по пятибалльной шкале.

В случае неудовлетворительного состояния подготовки соискателя к защите руководитель письменно сообщает об этом заведующему кафедрой как минимум за 2 дня до заседания ГАК.

Объем графического материала, выносимого на защиту, должен составлять не менее 2–4 листов (плакатов, чертежей, графиков, схем, формул, таблиц). Чертежи представляются на листах ватмана стандартного формата, они должны соответствовать ГОСТ и могут быть выполнены как вручную, в туши или карандаше, так и с помощью компьютерной графики. Защищающийся имеет также право пользоваться эпидиаскопом или другими техническими средствами. Таблицы и графики могут быть представлены членам ГАК в виде копий стандартных страниц пояснительной записки.

1.4. Организация защиты

Защита состоит из следующих этапов.

- Сообщение секретаря комиссии о теме работы, руководителе, рецензенте и авторе работы (Ф.И.О., группа).
- Доклад автора о содержании работы и основных выводов (отводится до 10 минут).
- Вопросы членов ГАК, присутствующих на защите преподавателей, и ответы на вопросы (отводится до 10 минут).
- Представление рецензии и ответы на поставленные в ней вопросы.
- Представление отзыва научного руководителя.

Защита работы проводится в присутствии всех желающих. Рекомендуется присутствие на защите научного руководителя.

Решение по докладу и результатам защиты работы члены ГАК выносят на закрытом заседании с указанием оценки по пятибалльной шкале и принятием рекомендации, если это целесообразно, в магистратуру. В закрытом заседании ГАК могут, по их просьбе, участвовать научный руководитель и рецензент. В случае равного деления мнений об оценке защиты среди членов ГАК окончательное решение принимается председателем комиссии.

После окончания закрытого заседания председатель ГАК сообщает студентам решение комиссии, включая оценки за работу, и зачитывает рекомендации в магистратуру (если таковые имеются).

Экземпляр выпускной работы хранится на выпускающей кафедре в течение трех лет.

Список литературы к разделу 1

1. ГОСТ 7.1—84. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления.
2. ГОСТ 7.9—95. Реферат и аннотация. Общие требования.
3. ГОСТ 7.5—98. Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов.

4.Извеков В.И., Сентюрихин Н.И. Методические указания по организации выполнения и проведения защиты магистерской диссертации. М.: Издательство МЭИ, 1998.- 8 с.

2. Методические указания по выполнению выпускной работы на степень бакалавра техники и технологии по направлению «Электроника и микроэлектроника»

2.1. Общие положения

Выпускная работа на степень бакалавра техники и технологии по направлению «Электроника и микроэлектроника» может быть посвящена разработке специализированной цифровой интегральной схемы (ИС).

Соискатель степени бакалавра должен продемонстрировать достаточно полное понимание задач, решаемых в процессе проектирования, методов их решения и взаимосвязи изучаемых дисциплин на конкретном примере разработки цифровой ИС.

Проектирование интегральной схемы предполагает решение комплекса задач, связанных с разработкой логической (структурной) схемы, анализом схмотехнических решений, расчетом параметров отдельных полупроводниковых структур, разработкой топологической схемы. В условиях реального производства проектирование ведется на основе технического задания (ТЗ), определяемого заказчиком, которое конкретизирует функциональное назначение разрабатываемой схемы, уровни входных и выходных потенциалов, параметры нагрузки, требования к быстродействию схемы, потребляемой мощности и конструктивному оформлению, определяющему возможность ее эксплуатации в тех или иных условиях.

Разработка схемы всегда ориентирована на конкретную технологию, имеющуюся на предприятии-производителе, опыт производства ИС одного или нескольких конструктивно-технологических типов, например таких, как транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ), эмиттерно-связанная логика (ЭСЛ), логика на основе полевых транзисторов тех или иных типов.

Предприятие-производитель обычно формулирует ряд дополнительных требований к проекту ИС, определяя допустимые типы базовых элементов или логики, способы изоляции элементов. Основная часть этих требований формулируется в документе, называемом «Конструктивно-технологические ограничения (КТО)». Таким образом, проект ИС должен отвечать требованиям не только ТЗ, но и КТО.

Конечным этапом проекта является разработка топологического чертежа ИС, представляющего собой набор наложенных друг на друга рисунков фотошаблонов, используемых при изготовлении интегральной схемы.

Как и любая инженерная задача, разработка ИС практически никогда не имеет однозначного решения. Выбор наилучшего (или не худшего) варианта предполагает наличие критериев оптимизации. В качестве таких критериев могут выступать надежность схемы, ее энергопотребление, массогабаритные параметры.

В процессе выполнения выпускной работы соискатель степени бакалавра реализует описанные процедуры разработки ИС в два этапа.

Первый этап включает решение частных задач в виде курсовых проектов и работ:

по физике полупроводниковых приборов и технологии полупроводниковых приборов и ИС (7- и семестр);

по элементам микроэлектронных систем, базовым элементам микросхем, физике элементов ИС (8- и семестр).

На втором этапе проводится согласование результатов решения частных задач между собой и с заданием на выпускную работу, которое выдается в начале 7-го семестра и оформление работы.

2.2 Задание на выпускную работу и порядок ее выполнения

Задание на выпускную работу бакалавра представляет собой вариант реальной разработки ИС, адаптированной к действующим учебным планам и уровню подготовки студентов на этапе выполнения работы.

Конечной целью проектирования является разработка и обоснование топологии кристалла, технологического маршрута его изготовления, конструктивно-технологических ограничений и расчет параметров разработанной ИС. Задание содержит следующие основные позиции:

- описание функционального назначения ИС (например, «четырёхразрядный сумматор с комбинированным переносом»);
- конструктивно-технологический тип схемы или базис (ТТЛ, ЭСЛ);
- способ изоляции элементов (p - n -переходом, щелевая);
- глубины залегания p - n -переходов и удельные объемные и поверхностные сопротивления отдельных слоев структуры.

Такой набор задаваемых параметров, с одной стороны, значительно сужает количество просматриваемых вариантов, а с другой — позволяет проводить поэтапную и в значительной степени автономную проработку отдельных частных задач, являющихся составными частями общей задачи по разработке ИС.

В 7-м семестре решаются следующие основные задачи:

- 1) Разрабатывается технологический маршрут изготовления ИС и обосновываются режимы основных технологических операций.
- 2) Разрабатываются КТО на размеры элементов ИС (соответствующие расчеты должны выполняться на примере наиболее сложного в топологическом отношении транзистора, входящего в состав типового базового элемента).
- 3) Рассчитываются основные схемотехнические параметры элементарного транзистора минимальных размеров, такие, как пробивные напряжения p - n -переходов, зависимости их емкостей от смещения, зависимости коэффициента передачи тока от тока эмиттера в схеме с общим эмиттером, коэффициент передачи тока в инверсном режиме работы, статические ВАХ и частотные свойства транзисторной структуры.

Общей частью обеих работ 7-го семестра является расчет профилей распределения примесей в транзисторной структуре по заданным удельным или поверхностным сопротивлениям слоев и глубинам залегания p - n -переходов, а также обоснование КТО. Выполнение соответствующих расчетов рекомендуется завершить к концу 6-й учебной недели. Все остальные пункты заданий могут выполняться параллельно.

Ввиду достаточно большого объема работ по оформлению документов на ПЭВМ необходимо завершить выполнение всех расчетов не позже, чем на 12-й неделе семестра.

В 8-м семестре работы ведутся по следующим направлениям:

- 1) Разработка логической схемы ИС.
- 2) Разработка принципиальных электрических схем базовых элементов.
- 3) Расчет режимов работы транзисторов, номиналов резисторов и паразитных элементов.
- 4) Разработка топологии базовых элементов.
- 5) Расчет параметров модели Гуммеля—Пуна для биполярных транзисторов.
- 6) Моделирование с помощью программы PSPICE статических и динамических характеристик базовых элементов.
- 7) Разработка общей топологической схемы кристалла.

Взаимосвязанность решений, принимаемых при выборе логической схемы разрабатываемой ИС, конструкции и топологии базовых элементов, при разработке общей топологии кристалла, в принципе предполагает итерационную процедуру выполнения работ по большинству из указанных направлений. Поскольку конструктивно-технологический тип схемы определен заданием, а КТО разработаны в предыдущем семестре, то выполнение всего комплекса работ 8-го семестра целесообразно начинать с синтеза логической схемы устройства (п. 1) и разработки эскизных вариантов топологии кристалла и базовых элементов. Эту работу следует завершить к концу 4-й недели. Параллельно с оформлением этой части задания в качестве курсовой работы по дисциплине «Элементы микроэлектронных систем» целесообразно начать проработку вопросов по пунктам 2—4.

К концу 8-й недели должна быть также полностью закончена работа по пунктам 5 и 6. Разделы, относящиеся к расчету геометрических размеров отдельных компонентов базовых элементов (п.3), разработке топологии базовых элементов (п.4) и расчету параметров модели Гуммеля—Пуна (п.5), оформляются в качестве курсового проекта по дисциплине «Физика элементов ИС». Защита этого проекта производится на 9-й неделе. На 11-й неделе к защите должен быть подготовлен курсовой проект по дисциплине «Базовые элементы микросхем», включающий принципиальные электрические схемы базовых элементов (п.2), результаты моделирования их статических и динамических характеристик (п.6), а также вопросы разработки общей топологии кристалла (п.7).

Курсовые проекты и курсовая работа 8-го семестра содержат основную часть материала, на базе которого готовится выпускная работа. В ходе ее выполнения (с учетом результатов курсового проектирования) должны быть дополнительно проработаны вопросы совершенствования топологии базовых элементов и общей топологии кристалла, определены направления дальнейшей работы по улучшению схемотехнических параметров разработанной ИС.

2.3. Требования к оформлению выпускной работы

Пояснительная записка оформляется средствами вычислительной техники на стандартных листах бумаги формата А4. Текст печатается на одной стороне листа, слева оставляются поля 25 мм для переплета, сверху и снизу—25 мм, справа—10мм.

Текст пояснительной записки по стилю изложения должен быть близок к учебному пособию. Сокращения часто повторяющихся терминов должны быть расшифрованы при их первом употреблении. Это относится и ко всем обозначениям в математических формулах. Иные сокращения, кроме общепринятых, а также небольшого числа (двух—трех) специально оговоренных, не допускаются.

Расчетную формулу принято рассматривать как составную часть предложения, которое ее поясняет. Формула обычно занимает отдельную строку, номер формулы ставится в конце строки. Знаки препинания ставятся сразу после формулы. В одной фразе может быть приведена группа формул, разделяемых знаками препинания или союзами.

Рисунки (включая графики, схемы) могут быть выполнены на отдельных листах или включены в текст. Каждый рисунок необходимо снабдить номером и подрисуночной подписью, которые располагаются снизу. Пояснительные надписи и расшифровка параметров могут быть размещены в подписи или на свободном поле рисунка. Графики должны иметь на осях обозначения величин с размерностью и несколько цифр, определяющих масштаб. В тексте должны присутствовать ссылка на рисунок и его обсуждение. Рисунок приводится после первой ссылки на него.

Конструктивные чертежи должны оформляться в соответствии с действующими стандартами. В пояснительной записке к выпускной работе бакалавра к числу таких рисунков относятся принципиальные электрические схемы и чертежи топологии кристалла.

Таблицы должны иметь номер и название; на таблицу должна быть ссылка в тексте.

Разделы основной части пояснительной записки нумеруются арабскими цифрами. При необходимости крупные разделы можно разделять на более мелкие с использованием двойной нумерации.

Нумерация рисунков, формул и таблиц может быть сквозной по всему тексту, но чаще используется двойная нумерация внутри главы, причем первая цифра совпадает с номером главы.

Для всех привлекаемых данных, формул должны указываться источник информации. Литературные ссылки нумеруются по мере упоминания в тексте. Список литературы, использованной при выполнении выпускной работы и подготовке пояснительной записки (имеющий название «Список литературы»), оформляется согласно действующему стандарту (в качестве образца см. Приложение 3).

Пояснительная записка должна быть переплетена в жесткую обложку, прочно прошита и подписана автором. При выполнении выпускной работы с помощью текстового редактора WORD FOR WINDOWS рекомендуется использовать шрифт типа Times размером 14 пт с межстрочным интервалом 1,5.

В Приложении 2 даны образцы оформления текста, формул, рисунка, включенного в текст, а также рисунка, включенного в приложение к записке. В качестве примера оформления таблицы можно использовать табл. 1, приведенную в Приложении 1.

Пример оформления таблицы

Таблица 1

Параметры слоев структуры

№	Функции слоя	Толщина, мкм	Тип проводимости, удельное поверхностное сопротивление, Ом/? (или удельное объемное сопротивление, Ом-см)
1	полложка	350 ± 30	n , (10+3)
2	скрытый слой	$2.5 \approx 0.5$	n^+ , 50 + 12
3	эпитаксиальный	3.5 ± 0.4	n , 1+0.3
4	глубокий	$4.0 \approx 0.5$	n^+ , 20+5
5	база пассивная	1.5 ± 0.3	p^+ , 150 + 30
6	база активная	0.9 ± 0.15	n , 500 + 500
7	эмиттер	0.5 ± 0.15	n^+ , 20+5
8	металлизация	0.7 ± 0.1	
9	изолирующий	0.6 ± 0.1	

Примеры оформления фрагментов текста

Приводятся примеры оформления заголовков параграфов, набора текста, формул, пояснений к ним, представлены также образцы иллюстративного материала.

4.1. Параметры модели Гуммеля—Пуна

К основным параметрам модели относятся, в частности, емкости p - n -переходов. Рассмотрим эмиттерный переход, с целью упрощения расчета будем использовать аппроксимацию ступенчатого перехода.

Контактную разность потенциалов при комнатной температуре найдем из соотношения [1]

$$U_k = UT \ln \{ N_b N_e / n_i^2 \} \quad (4.10)$$

где $U_T = 0,026$ эВ - температурный потенциал; N_b — концентрация легирующей примеси в базе; N_e — концентрация легирующей примеси в эмиттере; n_i — собственная концентрация носителей заряда в кремнии.

С учетом того, что $N_e \gg N_b$, для определения толщины области пространственного заряда (ОПЗ) эмиттерного перехода d_e используем упрощенную формулу

$$d_e = (2 \varepsilon \varepsilon_0 U_k / q N_b)^{1/2}, \quad (4.11)$$

где $\varepsilon = 11,8$ — относительная диэлектрическая проницаемость кремния; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-14}$ Ф/см — электрическая постоянная; $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл — заряд электрона.

Обозначив через S_e площадь p - n -перехода, с использованием формулы (3.11) рассчитаем емкость эмиттерного перехода C_e :

$$C_e = S_e \sqrt{2\epsilon\epsilon_0 U_k / N_b} . \quad (4.12)$$

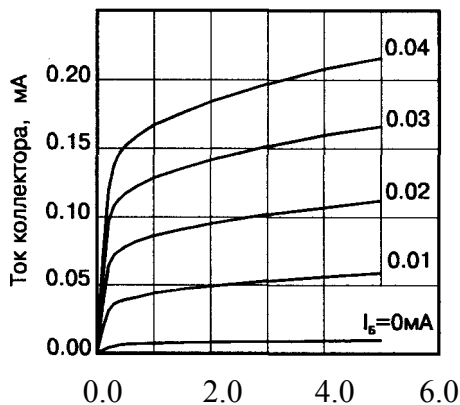
Рассмотрим другие параметры модели Гуммеля - Пуна....

4.2. Расчет вольт-амперных характеристик транзистора

Для анализа вольт-амперных характеристик транзистора использована программа PSPICE.

На рис. 4.1 приведены выходные ВАХ транзистора в схеме с общим эмиттером при токах базы от 0 до 0,04 мА.

Из представленных на рис.4.2 и 4.3 данных следует, что транзистор обладает довольно низким выходным сопротивлением и небольшим коэффициентом передачи тока.



Напряжение коллектор - эмиттер, В

Рис. 4.1. Выходные ВАХ *n-p-n* транзистора

Значение коэффициента передачи тока, близкое к 5, можно считать вполне приемлемым, поскольку в схемах И²Л. большого усиления не требуется, нужно лишь, чтобы это значение несколько превышало 1. Вряд ли будет принципиальной и величина выходного сопротивления, так как транзистор будет работать при напряжениях на коллекторе менее 1 В, а перепад напряжений, скорее всего, не будет превышать 0,2—0,3 В.

В целом можно ожидать, что рассматривавшийся транзистор минимальных размеров будет в состоянии успешно функционировать в составе И²-Л ИС. Окончательное заключение может быть сделано лишь после расчета схемотехнических параметров всей ИС.

контактные площадки коллекторы области баз, металлизация разделит.
инжектор области

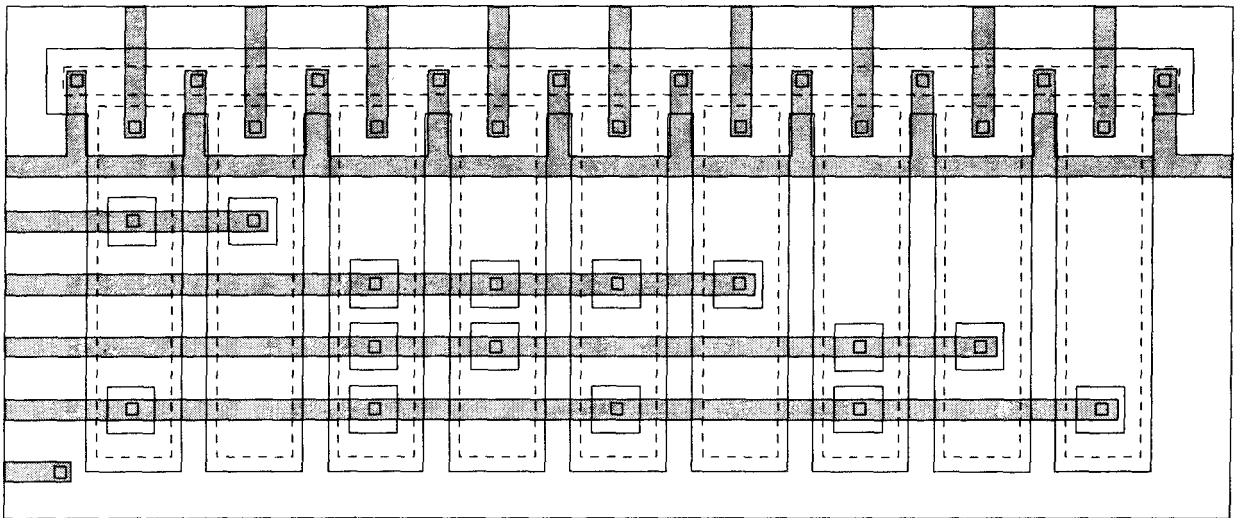


Рис. П2. Топологическая схема модуля М2

Приложение 3

Пример библиографического списка

(Включены источники, рекомендуемые для изучения в процессе подготовки выпускной работы.)

Список литературы

1. **Зи С.** Физика полупроводниковых приборов. Т.1, 2. М.: Мир, 1984.
2. **Маллер Р., Кейминс Т.** Элементы интегральных схем. М.: Мир, 1989.
3. **Бубенников А.И.** Моделирование интегральных микро-технологий, приборов и схем. М.: Высшая школа, 1989.
4. **Автоматизация проектирования БИС.** Кн.5/ В.Я. Кремлев. Физико-топологическое моделирование структур элементов БИС. М.: Высшая школа, 1990.
5. **Преснухин Л.И., Воробьев Н.В., Шишкевич А.А.** Расчет элементов цифровых устройств. М.: Высшая школа, 1989.
6. **Гусев В.Г., Гусев М.Ю.** Электроника. М.: Высшая школа, 1990.
7. **Алексенко А.Г., Шагурин И.И.** Микросхемотехника. М.: Радио и связь, 1982, 1990.
8. **Валиев К.А., Орликовский А.А.** Полупроводниковые интегральные схемы памяти на биполярных транзисторах. М.: Сов. Радио, 1979.
9. **Полупроводниковые запоминающие устройства /** Под ред. А.Ю. Гордонова. М.: Радио и связь, 1981.
10. **Микро мощные И.С./** К.А. Валиев, В.Н. Дягилев, В.И. Лебедев А.В. Лубашевский. М.: Сов. Радио, 1976.
11. **Микроэлектронные схемы цифровых устройств//** Букреев И. Н., Мансуров Б.М., Горячев В.И. М.: Сов. Радио, 1975.

12. **Проектирование** микроэлектронных цифровых устройств//О.А. Пяткин, П.И. Овсищев, И.М. Лазер и др. М.: Сов. Радио, 1977.
13. **Цифровая** и вычислительная техника/ Э.В. Евреинов, Ю.Т. Бутыльский, И.А. Манзелев и др. Под ред. Э.В. Евреинова. М.: Сов. Радио, 1991.
14. **Черняев В.Н.** Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров. М.: Радио и связь, 1987.
15. **Технология** СБИС / Под ред. С. Зи. Т. 1, 2. М.: Мир, 1986.
16. **Бубенников А.Н., Садовников А.Д.** Физико-технологическое проектирование биполярных элементов кремниевых БИС. М.: Радио и связь, 1991.
17. **Коледов Л.А.** Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок. М.: Радио и связь, 1989.