

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра микро- и наноэлектроники

***ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИС***

Методические указания по дисциплине  
«Маршрутная технология интегральных и больших гибридных  
интегральных схем, датчики и сенсорные устройства»  
(раздел «Маршрутная технология интегральных схем»)  
для студентов специальности I-41 01 02  
«Микро- и наноэлектронные технологии и системы»  
заочной формы обучения

Минск 2007

УДК 621.382.8 (075.8)

ББК 32.844.11 я 73

Т 38

Составители:

А. Г. Черных, С. В. Ригольд

Т 38 **Технология** изготовления элементов ИС : метод. указания по дисц. «Маршрутная технология интегральных и больших гибридных интегральных схем, датчики и сенсорные устройства» (раздел «Маршрутная технология интегральных схем») для студ. спец. I-41 01 02 «Микро- и нанoeлектронные технологии и системы» заоч. формы обуч. / сост. А. Г. Черных, С. В. Ригольд. – Минск : БГУИР, 2007.– 23 с.

Методические указания содержат программу по изучению дисциплины «Маршрутная технология интегральных и больших гибридных интегральных схем, датчики и сенсорные устройства» (раздел «Маршрутная технология интегральных схем»), а также требования к выполнению и оформлению курсовой работы. Приведены вопросы для самоконтроля и рекомендуемая литература по темам дисциплины.

УДК 621.382.8(075.8)

ББК 32.844.11 я 73

© Черных А. Г., Ригольд С. В., составление, 2007

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие указания.....	4
2 Содержание дисциплины по темам .....	5
3 Вопросы для самоконтроля.....	9
4 Задание по курсовой работе.....	11
5 Указания по выполнению и оформлению курсовой работы.....	13
Литература .....	16
Приложение 1 Форма задания на курсовую работу .....	17
Приложение 2 Структура элемента ИС.....	19

Библиотека БГУИР

## 1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Современная технология интегральных схем (ИС) базируется на новейших достижениях в области физики, химии, материаловедения, автоматизации и управления. В первой части дисциплины «Маршрутная технология интегральных схем и больших гибридных интегральных схем, датчики и сенсорные устройства» рассматриваются основные технологические процессы и их интеграция в технологических маршрутах изготовления ИС.

Важно помнить, что все этапы технологического процесса изготовления ИС тесно связаны между собой. Например, каждый этап термической обработки (окисление, гетерирование, эпитаксиальное наращивание и т.д.) в технологическом цикле приводит к перераспределению примесей в вертикальном и горизонтальном положениях. Поэтому для того чтобы получить желаемый профиль распределения примеси при изготовлении ИС, необходимо принимать во внимание все этапы термической обработки, которые могут воздействовать на примеси.

Таким образом, при разработке маршрутной технологии изготовления ИС необходимо соблюдать определённые закономерности выполнения базовых технологических процессов. Задачи изучения курса состоят в освоении принципов высокоэффективного проектирования элементов ИС, формировании базовых технологических процессов и маршрутов изготовления биполярных, КМОП, БиКМОП и других элементов ИС, выборе методов контроля и анализа этих элементов.

Программа дисциплины соответствует учебному плану в объеме 32 лекционных часов (таблица 1). С целью получения более глубоких знаний предусматривается выполнение лабораторных работ и курсовой работы.

Таблица 1 – Программа дисциплины

№ п/п	Наименование темы	Кол-во лекционных часов
1	2	3
	Введение	2
1	Блок технологических процессов создания изоляции элементов ИС	
1.1	Процессы изоляции биполярных элементов ИС	2
1.2	Процессы изоляции МОП-элементов ИС	2
2	Блок технологических процессов создания активной структуры элементов ИС	
2.1	Структура биполярных элементов ИС	2
2.2	Структура МОП-элементов ИС	2
3	Блок металлизации элементов ИС	

1	2	3
3.1	Однослойная, многослойная и многоуровневая металлизации на основе пленок алюминия	4
3.2	Металлизации элементов ИС на основе пленок меди	2
4	Блок сборки ИС	
4.1	Процессы сборки кристаллов в корпус	2
4.2	Герметизации кристаллов ИС	2
5	Методы контроля и анализа элементов ИС	
5.1	Экспрессные методы контроля кремниевых пластин по маршруту изготовления ИС	2
5.2	Методы анализа структуры элементов ИС	4
6	Типовые технологические маршруты изготовления кристаллов ИС	
6.1	Конструктивно-технологические особенности создания элементов ИС	4
6.2	Перспективы развития маршрутной технологии	2

## 2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины следует вести последовательно по темам. После ознакомления с темой и ее содержанием (таблица 2) необходимо подобрать литературу и законспектировать основные положения. Рекомендуемая литература указана в конце каждой темы. При возникновении вопросов следует обратиться на кафедру (устно или письменно).

Таблица 2 – Содержание тем

Название темы	Содержание
1	2
Введение	Общие закономерности проектирования технологических маршрутов изготовления ИС. Взаимосвязь этапов технологического процесса. Себестоимость технологических процессов. Блочный характер технологического маршрута изготовления ИС (блоки: изоляции, активной структуры, металлизации, сборки, испытаний). Основные задачи и содержание составных частей дисциплины. [1, кн. 2, с. 181–187]

1	2
1 Блок технологических процессов создания изоляции элементов ИС	
Тема 1.1 Процессы изоляции биполярных элементов ИС	Особенности формирования «скрытых слоёв». Электрические методы изоляции, основные этапы формирования элементов. Методы полной диэлектрической изоляции, этапы формирования. Комбинированные методы изоляции. Метод локального окисления. Дефекты структуры элементов ИС, пути их устранения. «Щелевая изоляция» элементов ИС. Преимущества, недостатки и применение методов в конкретных изделиях. [1, кн. 2, с. 188–192]
Тема 1.2 Процессы изоляции МОП-элементов ИС	Изоляция «охранными кольцами». КНД, КНИ, КНС – основные структуры полной диэлектрической изоляции. Этапы формирования элементов. Причины, сдерживающие широкое применение методов. Методы локального окисления LOKOS, LOPOS. Этапы формирования. [1, кн. 2, с. 206–230]
2 Блок технологических процессов создания активной структуры элементов ИС	
Тема 2.1 Структура биполярных элементов ИС	«Пристеночные» методы формирования элементов. Методы самосовмещения и самоформирования транзисторных структур ИС. Самосовмещенные структуры транзистора (SST), способы реализации. Формирование супертонких базовых и эмиттерных слоев. Технологические процессы реализации различных схмотехнических элементов (ЭСЛ, ТТЛ, ТТЛШ). Особенности создания транзисторной структуры с диодом Шоттки. [1, кн. 2, с. 193–205]
Тема 2.2 Структура МОП-элементов ИС	Технологические процессы производства n-МОП ИС. Этапы формирования элементов. Особенности проведения технологических процессов подзатворного окисления и нанесения материала затвора при формировании n-МОП-структур. ИС на КМОП-структурах. Основные этапы формирования. Методы создания n-, p-карманов. Технологический процесс с двумя «карманами». Тиристорный эффект (защелкивание) в КМОП-структурах. Конструкторско-технологические методы управления пороговым напряжением в КМОП-транзисторах. Низкопороговые КМОП ИС. [1, кн. 2, с. 231–248]

Продолжение таблицы 2

1	2
3 Блок металлизации элементов ИС	
<p>Тема 3.1 Однослойная, многослойная и многоуровневая металлизации на основе пленок алюминия</p>	<p>Роль и проблемы металлизации элементов ИС. Алюминиевая однослойная металлизация. Методы формирования, свойства, преимущества и недостатки алюминиевой металлизации. Пленки поликристаллического кремния (ППК). Методы получения, свойства и сфера применения ППК. Металлизация тугоплавкими металлами. Особенности многоуровневой металлизации. Силициды металлов для затворов и межкомпонентных соединений в МОП ИС. Отказы, вызванные металлизацией. Методы планаризации кристаллов. Тенденция развития металлизации. [6, с. 76–98]</p>
<p>Тема 3.2 Металлизации элементов ИС на основе пленок меди</p>	<p>Конструктивно-технологические особенности создания межсоединений ИС на основе пленок меди. Методы получения пленок меди. Селективный метод осаждения меди. [6, с. 99–108]</p>
4 Блок сборки	
<p>Тема 4.1 Процессы сборки кристаллов в корпус</p>	<p>Основные этапы блока сборки кристаллов ИС. Разделение пластины на кристаллы: скрайбирование, сортировка, контроль. Монтаж кристаллов эвтектикой и компаундным клеем. Способы соединений проволокой: термокомпрессия и ультразвуковая сварка. Металлургическое взаимодействие золота с алюминием. Автоматизированное соединение на ленточных носителях. Технологический процесс сборки методом перевернутого кристалла. [1, кн. 2, с. 328–351]</p>
<p>Тема 4.2 Герметизации кристаллов ИС</p>	<p>Типы корпусов и технология их производства. Керамические корпуса. Корпуса на основе тугоплавкой керамики и герметизации стеклом. Производство прессованных пластмассовых корпусов. Герметизация. Бескорпусная герметизация. Защита корпуса от <math>\gamma</math>-частиц. Вопросы, связанные с применением корпусов: тепловые характеристики герметизированных приборов, соединение корпусов печатным монтажом. [1, кн. 2, с. 352–370]</p>

Продолжение таблицы 2

1	2
<b>5 Методы контроля и анализа элементов ИС</b>	
<p>Тема 5.1 Экспрессные методы контроля кремниевых пластин по маршруту изготовления ИС</p>	<p>Контрольные точки в технологическом маршруте изготовления биполярных и МОП-элементов ИС. Методы пооперационного контроля кремниевых пластин. Тестовые структуры (ТС) как инструмент оценки качества ИС. Методы проверки ТС на пластине. [6, с. 135–143]</p>
<p>Тема 5.2 Методы анализа структуры элементов ИС</p>	<p>Электрофизические и тепловые методы анализа элементов ИС. Оптические методы анализа полупроводниковых структур: интерференционный, спектральный, микроскопический, поляризованный. Методы растровой электронной микроскопии: методы отраженных электронов, вторичной электронной эмиссии, ОЖЕ-спектроскопии. Методы электронной микроскопии: дифракционный, Кикучи-линий, метод реплик. [6, с. 144–166]</p>
<b>6 Типовые технологические маршруты изготовления кристаллов ИС</b>	
<p>Тема 6.1 Конструктивные особенности создания элементов ИС</p>	<p>Процессы формирования ТТЛШ-элементов. КБВП-элементы, основные этапы их изготовления. Технологические маршруты изготовления СВЧ ИС. Технологические методы формирования запоминающих устройств на основе n-МОП-элементов. Конструктивно-технологические особенности создания ИС на КМОП- и БиКМОП-элементах. Основные этапы их формирования. [6, с. 167–175]</p>
<p>Тема 6.2 Перспективы развития маршрутной технологии</p>	<p>Изменения элементной базы при проектировании микроэлектронных устройств. Новые методы формирования маршрутов изготовления ИС. [6, с. 177–236]</p>

### 3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Вопросы составлены по конструктивно-технологическим особенностям формирования структуры элементов ИС.

#### 3.1 TTLШ-элементы ИС

1 Назовите конструкторско-технологические методы повышения быстродействия биполярных ИС.

2 Объясните назначение диодов на основе барьеров Шоттки в биполярных транзисторах.

3 Назовите основные этапы технологического маршрута формирования биполярного транзистора с диодом Шоттки.

4 Нарисуйте профиль легирования биполярного транзистора. Объясните необходимость проведения двухстадийного процесса ионного легирования при получении базовой области.

5 Объясните назначение различных тестовых структур в биполярных ИС.

6 В чем заключаются технологические особенности изготовления скрытого p+-слоя?

7 Объясните принципы создания основных промышленных методов изоляции в биполярных ИС.

8 С какой целью используется многослойная металлизация? Объясните на конкретном примере функциональное назначение различных слоев металлизации в биполярных ИС.

#### 3.2 Элементы ИС на n-МОП-структурах

1 Схематически изобразите варианты конструкций ячейки ДОЗУ. Объясните принципы их работы.

2 В чем заключаются особенности технологии изготовления полупроводниковых ЗУ?

3 Назовите основные этапы технологического маршрута формирования ДОЗУ большой емкости.

4 Какое назначение имеет каждый слой поликремния в технологии ДОЗУ? Сформулируйте технологические требования к этим слоям.

5 Объясните технологические особенности процессов планаризации ДОЗУ. С помощью каких тестовых структур можно проверить качество планаризации?

6 Изобразите конструкцию тестовых структур, с помощью которых можно оценить качество контактов в слоях поликремния и металлизации.

#### 3.3 Элементы ИС на КМОП-структурах

1 Назовите основные этапы технологического маршрута формирования КМОП-структур.

2 Каким образом с помощью тестовых структур можно обеспечить воспроизводимость технологического процесса?

3 С помощью каких технологических процессов можно управлять пороговым напряжением n- и p-канальных транзисторов при их формировании?

4 С какой целью при создании КМОП ИС используется эпитаксиальная структура?

5 Какие эффекты могут возникнуть при уменьшении размеров элементов в КМОП-структуре?

### 3.4 Элементы для СВЧ ИС

1 Из каких этапов состоит технологический маршрут изготовления ИС на GaAs?

2 Дайте сравнительную характеристику технологии изготовления ИС на Si и GaAs.

3 Назовите причины, сдерживающие широкое развитие GaAs-технологии.

4 Перечислите основные особенности конструкции ПТШ на GaAs.

5 Объясните необходимость применения мезотехнологии при создании ПТШ на GaAs.

6 Какие параметры тестовых структур могут указывать на изменения процессов в технологических блоках создания ОК и БШ?

### 3.5 Элементы ИС на БиКМОП-структурах

1 Назовите основные конструкторско-технологические особенности изготовления БиКМОП ИС.

2 Укажите главные области применения ИС, изготовленных по БиКМОП-технологии.

3 Назовите основные этапы технологического процесса формирования БиКМОП ИС.

4 Объясните необходимость и особенности проведения тестового контроля в БиКМОП-технологии.

5 Объясните назначение различных структур тестового модуля БиКМОП ИС.

### 3.6 Запоминающий элемент ЭСППЗУ

1 Объясните механизм программирования ячейки ЭСППЗУ.

2 Назовите назначение всех элементов двухтранзисторной ячейки ЭСППЗУ.

3 Назовите основные этапы технологического процесса формирования двухтранзисторной ячейки ЭСППЗУ.

4 Объясните конструктивно-технологические особенности изготовления транзистора с плавающим затвором.

#### 4 ЗАДАНИЕ ПО КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Тематика курсовой работы разработана в соответствии с учебным планом курса «Маршрутная технология интегральных схем и больших гибридных интегральных схем, датчики и сенсорные устройства» и предусматривает выполнение работы с учетом специализации студентов.

Тема формируется в зависимости от предлагаемого варианта (таблица 3). Общее название – «Разработка маршрутной технологии \_\_\_\_\_ ИС на \_\_\_\_\_ элементах». В пропущенные места следует вписывать блок маршрута и тип элемента.

Таблица 3 – Варианты тем курсовой работы для различных блоков

Блок	Структура								
	КМОП	КМОП (на сапфире)	КМОП (КНИ)	БиКМОП	БиКМОП (БТ на SiGe)	n-МОП	ТТЛШ	СВЧ (GaAs)	СВЧ (SiGe)
Изоляции	1,2,3	-	4	5,6	7,8	9,10	11,12,13	-	-
Активной структуры	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Металлизации	23,24,25,26,27	28,29	30,31	32,33,34,35,36	37,38	39,40,41,42	43,44	45	46
Сборки микросхем	47	48	49	50	51	52	53	54	55

Таблица 4 – Варианты тем курсовой работы для блока изоляции

Изоляция	Структура					
	КМОП	КМОП (КНИ)	БиКМОП	БиКМОП (БТ на SiGe)	n-МОП	ТТЛШ
Локальный окисел	1	4	5	7	9	11
«Щелевая»	2	-	6	8	10	12
Разделительная диффузия	-	-	-	-	-	13
Охранные кольца	3	-	-	-	-	-

Таблица 5 – Варианты тем курсовой работы для блока металлизации

Металлизация	Структура								
	КМОП	КМОП (на сапфире)	КМОП (КНИ)	БиКМОП	БиКМОП (БТ на SiGe)	n- МОП	ТТЛШ	СВЧ (GaAs)	СВЧ (SiGe)
Al-SiO <sub>2</sub> -Al	23	28	30	32	37	39	43	45	46
Al-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Al	24	29	31	33	-	-	44	-	-
Cu (Х.М.П.)	25	-	-	34	-	40	-	-	-
Cu-SiO <sub>2</sub> -Cu (Cu- селектив.)	26	-	-	35	-	41	-	-	-
Cu-SiO <sub>2</sub> -Cu (Х.М.П.)	27	-	-	36	38	42	-	-	-

Например, для варианта 17 – «Разработка маршрутной технологии блока активной структуры ИС на КБиП-элементах». В вариантах с 1 по 13 предлагаются различные типы изоляции (таблица 4), а в вариантах с 23 по 46 – различные типы металлизации (таблица 5), которые записываются в исходные данные задания.

Темы курсовых работ в зависимости от объема решаемых задач могут быть индивидуальными, рассчитанными на выполнение одним студентом, или комплексными. Для выполнения последних привлекается несколько студентов, каждому из которых отводится самостоятельная часть из общей работы. Предпочтительными являются комплексные темы, позволяющие наиболее полно решить задачу, причем работа приобретает законченный характер. В качестве примера комплексной работы можно привести темы по разработке маршрутной технологии в одном из направлений (КМОП, БиКМОП и т.д.) для всех технологических блоков: изоляции, активной структуры, металлизации, сборки, где могут быть задействованы сразу четыре студента.

По каждой теме курсовой работы назначается руководитель из числа преподавателей кафедры. При участии студента составляется задание, которое содержит: тему работы; исходные данные; состав; сроки исполнения этапов и всей работы в целом. Задание составляется на специальном бланке, форма которого приведена в приложении 1.

Исходные данные включают основные наиболее существенные и количественные требования к объекту выполнения работы или вопросы, подлежащие научным исследованиям. Для курсовых работ, тематика которых определена по одному из вариантов, исходные данные формируются в процессе консультации с руководителем работы. Календарный график работы составляется руководителем при участии студента. Изменения в задании в обоснованных случаях вносятся только с разрешения заведующего кафедрой.

Задание на курсовую работу выдается в начале семестра. Студенту предоставляется право выбрать тему курсовой работы из предлагаемого преподавателем перечня.

## 5 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Приступить к выполнению курсовой работы студент должен сразу же после получения задания, не дожидаясь, пока рассматриваемый вопрос будет изучен в лекционном курсе. Для качественного и своевременного выполнения курсовой работы рекомендуется поступать следующим образом:

- ознакомиться с предложенной преподавателем темой;
- самостоятельно изучить предложенный вопрос по одному-двум современным источникам литературы;
- подготовить предварительный план намеченной работы и обсудить его с руководителем;
- начать изучать поставленный вопрос по специальной литературе;
- составить с учетом изученной специальной литературы эскизный технологический маршрут изготовления ИС и выделить соответствующий блок технологических процессов;
- разработать полный технологический маршрут блока технологических процессов и приступить к его описанию;
- в соответствии с заданием определить геометрические размеры структуры ИС;
- определить основные режимы технологических процессов блока;
- на основе описания технологического блока смоделировать дефекты технологических процессов, выбрать методику их обнаружения;
- приступить к оформлению пояснительной записки и графической части курсового проекта.

Особая роль при выполнении курсовой работы отводится работе студента с литературой. Важно использовать не только классические приемы и методы изготовления ИС, но и самые современные, которые могут приводиться в периодической литературе. В разделе ЛИТЕРАТУРА дан перечень рекомендуемой литературы, периодических изданий, а также тех нормативных документов, с которыми студент должен ознакомиться, приступая к выполнению курсовой работы.

Содержание курсовой работы должно соответствовать заданию и может включать:

- техническое задание;
- рабочую технологическую (или конструкторско-технологическую) документацию;
- фактический и иллюстрационный материал (плакаты, образцы, другие документы);
- лабораторные образцы изделий или их макеты.

Общий объем текстовых материалов не должен превышать 40 страниц рукописного текста, графических – три-четыре чертежа форматов, предусмотренных стандартом института СТП 12-32-84 «Учебно-методическая, научно-исследовательская, редакционно-издательская документация и

студенческие работы. Правила оформления графических материалов» или требования, установленные ГОСТ 2.605-68 «ЕСКД. Плакаты учебно-технические».

Для курсовых работ по разработке и изготовлению макетов и лабораторных образцов допускается оформлять только пояснительную записку (объем 10–15 страниц рукописного текста) с включением в нее в качестве приложений необходимых структурных, принципиальных или аналогичных им по смыслу схем.

Документация курсовых работ, тематика которых определена одним из вариантов (таблица 3), должна содержать:

- 1) расчетно-пояснительную записку;
- 2) графический материал.

Расчетно-пояснительная записка в общем случае может состоять из следующих разделов:

- введение;
- конструкторский – определение геометрических размеров структуры ИС, разработка маршрутной карты блока;
- технологический – пооперационное описание технологии изготовления блока (с указанием методов, оборудования, материалов и режимов изготовления структуры ИС);
- контрольно-аналитический – программа анализа предполагаемых дефектов технологических процессов блока (с применением одного или нескольких методов контроля);
- выводы;
- список использованных литературных источников.

Графический материал может включать два плаката (формата А2, А3), на которых изображены:

- эскизный маршрут изготовления ИС и пооперационный технологический маршрут изготовления блока;
- конструкторский чертеж структуры элемента ИС и топология фрагмента (электрического элемента) ИС.

Варианты расположения графического материала представлены в приложении 2.

Выполнение курсовой работы проходит под контролем руководителя который следит за:

- 1) правильностью принимаемых решений;
- 2) соблюдением плановых сроков выполнения отдельных этапов;
- 3) наличием всех материалов, составляющих работу.

Готовность курсовой работы определяется руководителем и подтверждается его подписью на расчетно-пояснительной записке и графическом материале. Для объектов проектирования, выполняемых в натуре (макеты, лабораторные образцы), составляется акт приемки, подписываемый

руководителем. Курсовая работа считается готовой, если выполнены все пункты, предусмотренные заданием.

Все материалы курсовой работы после установления её готовности представляются комиссии, назначаемой кафедрой, и защищаются студентом по всем разделам, предусмотренным заданием. По результатам выполнения работы и защиты выставляется оценка с учетом:

- 1) объема и качества выполнения работы, оригинальности и самостоятельности решений;
- 2) знаний по вопросам, связанным с формированием физической структуры ИС;
- 3) умения излагать результаты работы, обосновывать и защищать принятые решения и отвечать на заданные вопросы.

Библиотека БГУИР

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

- 1 Зи, С. Технология СБИС : В 2 т. Т. 1–2 / С. Зи. – М. : Мир, 1986.
- 2 Степаненко, И. П. Основы микроэлектроники / И. П. Степаненко. – М. : Лаборатория базовых знаний, 2000. – 488 с.
- 3 Моро, У. Микролитография : В 2 ч. / У. Моро; пер. с англ. – М. : Мир, 1990.
- 4 Черных, А. Г. Лабораторный практикум «Технологические маршруты изготовления ИС» / А. Г. Черных, С. В. Ригольд. – Минск : БГУИР, 2006. – 35 с.
- 5 Черных, А. Г. Методические указания «Маршрутная технология ИС» / А. Г. Черных. – Минск : БГУИР, 2003. – 18 с.
- 6 Черных, А. Г. Электронный учебно-методический комплекс «Маршрутная технология интегральных и больших гибридных интегральных схем». Раздел 2. «Маршрутная технология интегральных схем» для студ. спец. I-41 01 02 всех форм обуч., БГУИР – 2006.
- 7 Электроника ультрабольших интегральных схем / Д. Ферри [и др.]. – М. : Мир, 1991. – 327 с.

### Дополнительная

- 8 Шур, М. Современные приборы на основе арсенида галлия / М. Шур; пер. с англ. – М. : Мир, 1991. – 632 с.
- 9 Плазменная технология в производстве СБИС / под ред. Н. Айспрука, Д. Брауна; пер. с англ. – М. : Мир, 1987. – 470 с.
- 10 Stephen A. Campbell. The Science and Engineering of Microelectronic Fabrication. – Oxford University Press, 2001.
- 11 Marc J. Madou. Fundamental of Microfabrication. The Science of Miniaturization. Second Edition. – CRC PRESS, 2001.

## Форма задания по курсовой работе

БГУИР

(название вуза)

Факультет заочного, вечернего и дистанционного обучения

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой (подпись) / В. Е. Борисенко

« 19 » сентября 2007 г.

ЗАДАНИЕ  
по курсовой работеСтуденту Петровичу А. П.**1 Тема работы:** Разработать маршрутную технологию блока активной структуры ИС на КБиП-элементах (вариант №17)**2 Сроки сдачи студентом законченной работы:** 10.12.07 г.**3 Исходные данные к проекту:**Тип изоляции – локальный окиселУдельная плотность элементов (транзисторов на  $1\text{мм}^2$ ) – 400Величина напряжения питания ИС – 5 ВШирина базы (мкм) – 0,4–0,6Исходная пластина – КЭФ 4,5Металлизация – Al-SiO<sub>2</sub>-AlЭлектрический элемент – логический**4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень вопросов, подлежащих разработке):**4.1 Введение4.2 Конструкторский раздел4.2.1 Определение геометрических размеров структуры ИС4.2.2 Разработка маршрутной карты блока активной структуры ИС4.3 Технологический раздел – пооперационное описаниетехнологий изготовления блока активной структуры; определениережимов изготовления

4.4 Контрольно-аналитический раздел – разработка программы анализа предполагаемых дефектов технологических процессов

4.5 Выводы

**5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и графиков):**

5.1 Эскизный маршрут изготовления ИС

5.2 Пооперационный технологический маршрут изготовления блока активной структуры КМОП ИС

5.3 Конструкторский чертеж структуры элемента ИС, технология, топология эл. элемента

**6 Консультанты по работе (с указанием разделов работы):**

6.1 По базовым технологическим процессам – Иванов П. П.

**7 Дата выдачи задания:**

18 сентября 2007 г.

**8 Календарный график выполнения курсовой работы на весь период (с указанием сроков выполнения и трудоёмкости отдельных этапов):**

8.1 Составление литературного обзора – 8.10.07 г.

8.2 Разработка эскизного маршрута изготовления ИС и пооперационного технологического маршрута блока (1-я опроцентовка, 25–30 %) – 20.10.07 г.

8.3 Расчет структуры и определение основных режимов изготовления блока (2-я опроцентовка, 60 %) – 10.11.07 г

8.4 Анализ дефектов структуры элементов ИС, оформление документации курсовой работы (3-я опроцентовка, 100 %) – 24.11.07 г.

8.5 Защита проекта – 14.12.07 г.

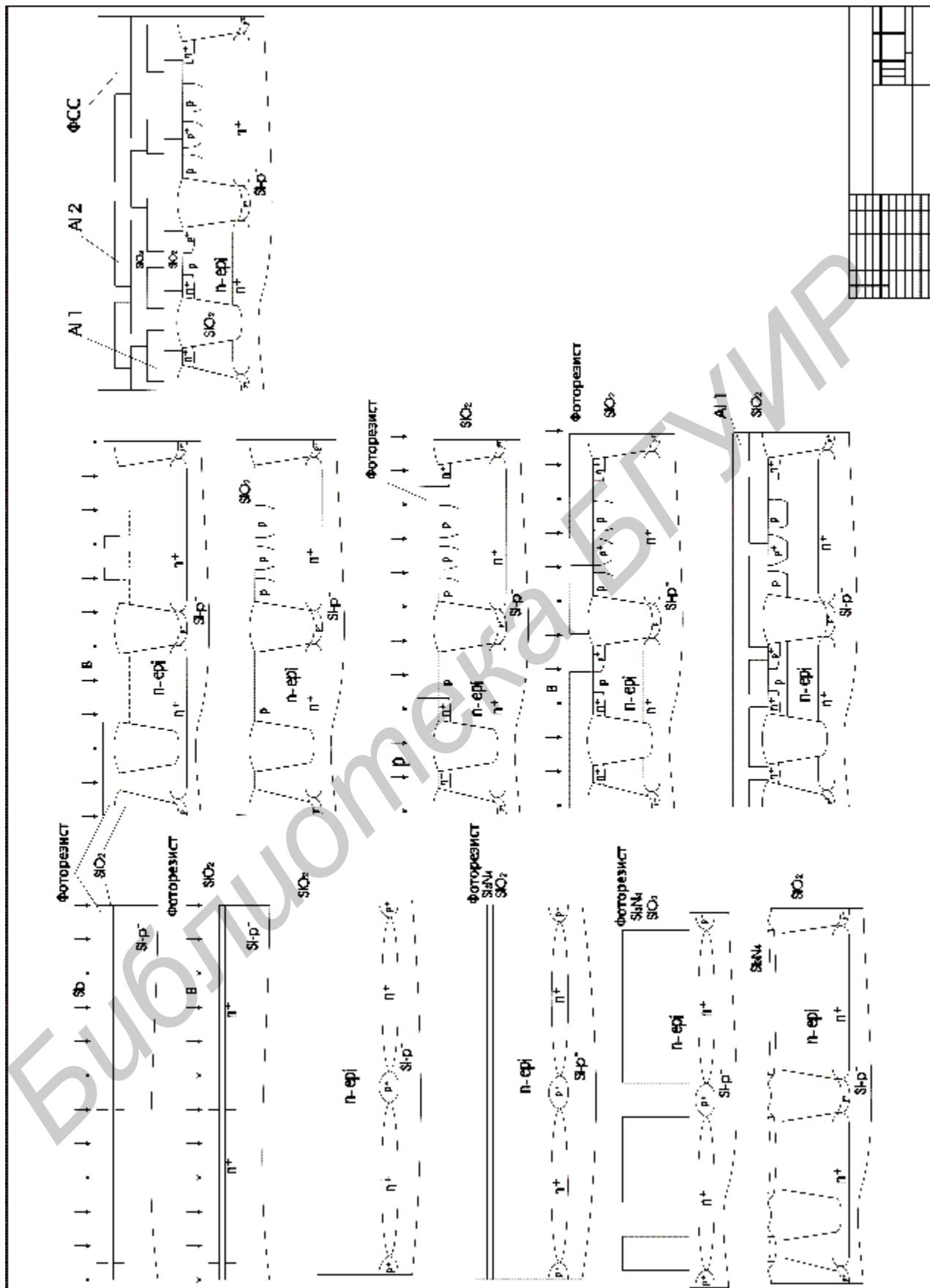
Руководитель \_\_\_\_\_ /Сидоров К. Л./ (подпись)

Задание принял к  
выполнению

18 сентября 2007 г. /Петрович А. П./

\_\_\_\_\_  
(дата и подпись студента)





### Техмаршрут изготовления ячеек памяти ЭСПЗУ





Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИС

Методические указания по дисциплине  
«Маршрутная технология интегральных и больших гибридных  
интегральных схем, датчики и сенсорные устройства»  
(раздел «Маршрутная технология интегральных схем»)  
для студентов специальности I-41 01 02  
«Микро- и нанoeлектронные технологии и системы»  
заочной формы обучения

Составители:

**Черных** Александр Георгиевич,  
**Ригольд** Сергей Валентинович

Редактор Е. Н. Батурчик

Корректор М. В. Тезина

---

Подписано в печать  
Гарнитура «Таймс».  
Уч.-изд. л. 1,3.

Формат 60×84 1/16.  
Печать ризографическая.  
Тираж 50 экз.

Бумага офсетная.  
Усл. печ. л.  
Заказ 138.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.  
220013, Минск, П. Бровки, 6