

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВПО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Ученого совета факультета заочного обучения

проф. Подоприхин М.Н. \_\_\_\_\_

(подпись)

2015 г.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

### Технология СБИС

(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки (специальности): 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника  
(код, наименование)

Профиль подготовки (специализация): Микроэлектроника и твердотельная электроника  
(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения заочная Срок обучения ускоренный

Кафедра полупроводниковой электроники и нанoeлектроники  
(наименование кафедры-разработчика УМКД)

УМКД разработал: Меньшикова Т.Г., к.ф.-м.н.  
(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии ФЗО  
(наименование факультета)

Протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

Председатель методической комиссии \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О)

Воронеж 2015 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 (ФГБОУ ВПО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»  
 Председатель Ученого совета фа-  
 культета заочного обучения

проф. Подоприхин М.Н. \_\_\_\_\_  
 (подпись)  
 \_\_\_\_\_  
 2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Технология СБИС

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

**Закреплена за кафедрой:** полупроводниковой электроники и наноэлектроники

**Направление подготовки (специальности):** 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
 (код, наименование)

**Профиль:** Микроэлектроника и твердотельная электроника  
 (название профиля по УП)

**Часов по УП: 108; Часов по РПД: 108;**

**Часов по УП (без учета часов на экзамены):99; Часов по РПД: 99;**

**Часов на самостоятельную работу по УП: 87 (81%);**

**Часов на самостоятельную работу по РПД: 87 (81%)**

**Общая трудоемкость в ЗЕТ: 3;**

**Виды контроля в семестрах (на курсах):** Экзамены – 9; Зачеты - 0; Курсовые проекты - 0; Курсовые работы - 0.

**Форма обучения:** заочная;

**Срок обучения:** ускоренный.

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид заня- тий	№ семестров, число учебных недель в семестрах																	
	1 / 18		2 / 18		3 / 18		4 / 18		5 / 18		6 / 18		7 / 18		8 / 12		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции													4	4			4	4
Лабораторные													4	4			4	4
Практические													4	4			4	4
Ауд. занятия													12	12			12	12
Сам. работа													87	87			87	87
<b>Итого</b>													99	99			99	99

**Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника». Утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 12 марта 2015 г. №218.**

Составитель программы \_\_\_\_\_ к.ф.-м.н., Меньшикова Т.Г.  
(подпись, ученая степень, ФИО)

**Рецензент (ы):** \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 “Электроника и нанoeлектроника”, профиль “Микроэлектроника и твердотельная электроника”.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2015 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ \_\_\_\_\_ С.И. Рембеза

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	<b>Цель изучения дисциплины:</b> Целью изучения дисциплины является изучение основных тенденций, ограничений и перспектив развития сверхбольших интегральных схем (СБИС), современных технологических процессов их производства, перспективных направлений развития элементной базы и практическое освоение технологии изготовления СБИС.
1.2	<b>Для достижения цели ставятся задачи:</b>
1.2.1	обучение методам и технологиям формирования структур основных активных и пассивных элементов ИМС.
1.2.2	изучение особенностей полупроводниковых приборов и пассивных элементов в интегральном исполнении.
1.2.3	формирование навыков по исследованию характеристик схмотехнических элементов, определению параметров, характеризующих их работу, анализу полученных результатов, и составлению отчетов.
1.2.4	анализ современных конструкций кремниевых СБИС и технологий их изготовления.
1.2.5	изучение особенностей конструктивно- технологической реализации МОП, КМОП и БиКМОП СБИС.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1	код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.19
<b>2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося</b>	
Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при изучении курсов:	
Б1.Б.12	Метрология, стандартизация и технические измерения;
Б1.Б.14	Материалы электронной техники;
Б1.Б.15	Физика конденсированного состояния;
Б1.Б.16	Физические основы электроники
Б1.Б.19	Основы технологии электронной компонентной базы
Б1.В.ОД.8	Физическая химия материалов и процессов электронной техники;
Б1.В.ОД.12	Технология материалов электронной техники.
<b>2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее</b>	
Б1.В.ОД.7	Математическое моделирование технологических процессов и интегральных схем
Б1.В.ОД.18	Проектирование БИС
Б1.В.ДВ.8.2	Технология интегральных схем на соединениях АШВУ
Б1.В.ДВ.9.2	Проектирование ПЛИС

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
ОПК-9	способностью использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности

ПК-5	готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
ПК-8	способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники
ПК-20	готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства микроэлектронных приборов и устройств твердотельной электроники

### В результате освоения дисциплины обучающийся должен

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	основные методы расчета базовых технологических параметров (ОПК-7, ОПК-9);
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	свободно ориентироваться в технологии производства БИС и СБИС (ОПК-7);
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	навыками технологии изготовления СБИС (ПК-5, ПК-8, ПК-20).

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ П./п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Технологический аспект изготовления подложек для СБИС	7	20-21	1			21	22
2	Технологические процессы подготовки полупроводниковых подложек для СБИС. Технология получения защитных пленок.	7	20-21	1	2		22	25
3	Технология получения эпитаксиальных структур. Литографические способы в производстве СБИС	7	20-21	1	2	4	23	30
4	Особенности технологии изготовления трехмерных ИС (ТМ ИС). Технология СБИС на арсениде галлия.	7	20-21	1			21	22
Итого				4	4	4	87	99

### 4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
<b>1.</b>	<b>Технологический аспект изготовления подложек для</b>	<b>1</b>	

<b>СБИС</b>			
20-21	Краткая историческая справка о развитии полупроводникового приборостроения в России и за рубежом. Современное состояние производства СБИС. Основные тенденции повышения плотности интеграции ИМС. Совершенствование подложек для СБИС.	1	
<b>2. Технологические процессы подготовки полупроводниковых подложек для СБИС. Технология получения защитных пленок.</b>		<b>1</b>	-
20-21	Ионно-плазменная обработка подложек. Плазмохимическая обработка. Контроль качества поверхности. Дефекты, возникающие при термическом окислении кремния. Использование нитрида кремния и оксидов металлов. Контроль качества защитных пленок.	1	
<b>3. Технология получения эпитаксиальных структур. Литографические способы в производстве СБИС</b>		<b>1</b>	-
20-21	Тенденции развития эпитаксиальной технологии. Технология получения полупроводниковых сверхрешеток. Рентгенолитография. Электролитография. Проблемы применения ионных пучков для литографирования поверхности технологических слоев.	1	
<b>4. Особенности технологии изготовления трехмерных ИС (ТМ ИС). Технология СБИС на арсениде галлия.</b>		<b>1</b>	
20-21	ТМ ИС с функционально связанными слоями. ТМ ИС с функционально и структурно связанными слоями. Технологический процесс изготовления ТМ ИС. Приборы на GaAs для быстродействующих СБИС. Технология изготовления ПТШ с самосовмещенным затвором на GaAs для СБИС.	1	
<b>Итого часов</b>		<b>4</b>	

#### 4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
<b>2. Технологические процессы подготовки полупроводниковых подложек для СБИС. Технология получения защитных пленок.</b>		<b>2</b>		Отчет
20-21	Моделирование процесса ионно-лучевого травления	1		
20-21	Расчет толщины пленки SiO <sub>2</sub> , полученной способом термического окисления в потоке водяного пара, сухом кислороде, во влажном кислороде в зависимости от времени окисления.	1		
<b>3. Технология получения эпитаксиальных структур. Литографические способы в производстве СБИС</b>		<b>2</b>		Отчет
20-21	Расчет параметров роста эпитаксиальной	1		

	пленки.			
20-21	Моделирование рентгеновской и электронной литографии. Учет рассеяния при расчете процессов электронной литографии методом Монте-Карло.	1		
<b>Итого часов</b>		<b>4</b>		

### 4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
		<b>4</b>		
<b>3. Технология получения эпитаксиальных структур. Литографические способы в производстве СБИС</b>				
20-21	Наращивание эпитаксиальных слоев твердых растворов соединений $A^3B^5$ методом изотермического смешивания растворов – расплавов	2		отчет
20-21	Проекционная оптическая фотолитография	2		отчет
<b>Итого часов</b>		<b>4</b>		

### 4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
	Подготовка к выполнению лаб. работы, работа с конспектом лекций, с учебником		10
	Подготовка к выполнению лаб. работы, работа с конспектом лекций, с учебником		10
	Подготовка к выполнению лаб. работы, работа с конспектом лекций, с учебником		10
	Подготовка к выполнению лаб. работы, работа с конспектом лекций, с учебником	Отчет на консультацию	10
	Подготовка к выполнению лаб. работы, работа с конспектом лекций, с учебником		10
	Подготовка к выполнению лаб. работы, работа с конспектом лекций, с учебником		10
	Подготовка к выполнению лаб. работы, работа с конспектом лекций, с учебником		10
	Подготовка к выполнению лаб. работы, работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к экзамену	Отчет на консультацию	17
<b>Итого</b>			<b>87</b>

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	<b>В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:</b>
--	---

5.1	<b>Лекции:</b> информационные лекции
5.2	<b>Лабораторные работы:</b> – выполнение лабораторных работ; – защита выполненных работ;
5.3	<b>Практические занятия:</b> – выполнение практических заданий; – выполнение контрольных работ;
5.4	<b>самостоятельная работа студентов:</b> – изучение теоретического материала, – подготовка к практическим занятиям, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, подготовка отчетов, – подготовка к текущему контролю успеваемости, к экзамену
5.5	<b>консультации</b> по всем вопросам учебной программы.

**6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ,  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И  
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
СТУДЕНТОВ**

<b>6.1</b>	<b>Контрольные вопросы и задания</b>
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: отчет и защита выполненных лабораторных работ;
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения входного, текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд включает примерные вопросы к экзаменам. Фонд оценочных средств представлен в учебно – методическом комплексе дисциплины.
<b>6.2</b>	<b>Темы письменных работ</b>
6.2.1	Контрольная работа по теме «Диффузионное легирование. Расчет режимов термической диффузии»



## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>7.1 Рекомендуемая литература</b>				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
<b>7.1.1 Основная литература</b>				
1	Щука А.А.	Электроника : учеб. пособие / под ред. А.С.Сигова. - СПб. : БХВ-Петербург.	2005, Печатный	
2	Е. В. Бордаков, В. И. Пантелеев	Проектирование топологии и технологии интегральных микросхем : учеб. пособие. Ч.1 - Воронеж : ВГТУ.	2005, Печатный	
3	Пасынков В.В.	Полупроводниковые приборы : Учебник / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 7-е изд., испр. - СПб. : Лань.	2003	
4	Е. В. Бордаков, В. И. Пантелеев	Проектирование топологии и технологии интегральных микросхем : учеб. пособие. Ч.2 - Воронеж : ВГТУ.	2005, Печатный	
5	Лозовский В.Н.	Нанотехнологии в электронике- СПб. : Лань.	2008 Магнитный носитель	
<b>7.1.2. Дополнительная литература</b>				
1	Пантелеев В.И.	Физика и технология полупроводниковых гетеропереходных структур : учеб. пособие / В. И. Пантелеев, Е. В. Бордаков. - Воронеж : Изд-во ВГТУ.	2000 Печатный	
2	Под ред.К.А.Джексона,В.Шретера	Энциклопедия технологии полупроводниковых материалов : Пер. с англ.Э.П.Домашевский. Т.1 : Электронная структура и свойства полупроводников / - Воронеж : Изд-во"Водолей".	2004 Печатный	
3	Пантелеев В.И.	Полупроводниковые приборы на основе соединений А3 В5: Учеб. пособие - Воронеж : ВГТУ.	2002 Печатный	

<b>7.1.3. Методические разработки</b>				
1	В. И. Пантеле-ев, Е. В. Бор-даков. -.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Тех-нология СБИС" для студен-тов специальности 210104 "Микроэлектроника и твер-дотельная электроника" оч-ной формы Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный техниче-ский университет» 2007	2007 Печатный	
<b>7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы</b>				
1	<a href="http://perst.issp.ras.ru">http://perst.issp.ras.ru</a> — информационный бюллетень «Перспективные технологии» <a href="http://www.nanodigest.ru">http://www.nanodigest.ru</a> — интернет-журнал о нанотехнологиях <a href="http://www.nano-info.ru">http://www.nano-info.ru</a> — сайт о современных достижениях в области микро- и нанотехнологий <a href="http://www.kit.ru">http://www.kit.ru</a> — журнал «Компоненты и технологии». <a href="http://www.strf.ru">http://www.strf.ru</a> — журнал «Электроника: наука, технология, бизнес».			

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

<b>8.1</b>	<b>Специализированная лекционная аудитория</b> , оснащенная оборудова-нием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
<b>8.2</b>	Учебные лаборатории: 213/4, 214/4 ,212/4
<b>8.3</b>	Натурные лекционные демонстрации: демонстрации изделий электрони-ки и микро-электроники: дискретных приборов, интегральных микро-схем; образцов полупро-водниковых материалов, подложек микросхем, фотошаблонов и др.
<b>8.4</b>	Плакаты и наглядные пособия из фонда кафедры ППЭНЭ

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой  
«Технология СБИС»**

<b>№ п/п</b>	<b>Авторы, со-ставители</b>	<b>Заглавие</b>	<b>Годы изда-ния. Вид издания</b>	<b>Обеспечен-ность</b>
<b>1 Основная литература</b>				
1	Щука А.А.	Электроника : учеб. пособие / под ред. А.С.Сигова. - СПб. : БХВ-Петербург.	2005, Печатный	0,5
2	Е. В. Бордаков, В. И. Пантеле-ев	Проектирование топологи-гии и технологии инте-гральных микросхем : учеб. пособие. Ч.1 - Воронеж : ВГТУ.	2005, Печатный	1,0
3	Пасынков В.В.	Полупроводниковые при-боры : Учебник / В. В. Па-сынков, Л. К. Чиркин. - 7-е изд., испр. - СПб. : Лань.	2009 Магнитный носитель	0,5
4	Е. В. Бордаков, В. И. Пантеле-ев	Проектирование топологии и технологии интегральных микросхем : учеб. пособие. Ч.2 - Воронеж : ВГТУ.	2005, Печатный	1,0
5	Лозовский В.Н.	Нанотехнологии в электро-нике- СПб. : Лань.	2008 Магнитный носитель	
<b>2. Дополнительная литература</b>				
1	Пантелеев В.И.	Физика и технология по-лупроводниковых гетеропе-реходных структур : учеб. пособие / В. И. Пантелеев, Е. В. Бордаков. - Воронеж : Изд-во ВГТУ.	2000 Печатный	0,25
2	Под ред.К.А.Джек-сона,В.Шретера	Энциклопедия технологии полупроводниковых мате-риалов : Пер. с англ.Э.П.Домашевский. Т.1 : Электронная структура и свойства полупроводников / - Воронеж : Изд-во "Водолей".	2004 Печатный	0,25
3	Пантелеев В.И.	Полупроводниковые прибо-ры на основе соединений А3 В5: Учеб. пособие - Воро-неж : ВГТУ.	2002 Печатный	0,25

<b>3. Методические разработки</b>				
1	В. И. Пантеле- ев, Е. В. Бор- даков. -.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Тех- нология СБИС" для студен- тов специальности 210104 "Микроэлектроника и твер- дотельная электроника" оч- ной формы Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный техниче- ский университет» 2007	2007 Печатный	1,0

Зав. кафедрой ППЭНЭ

Рембеза С.И.

Директор НТБ

Т.И. Буковшина