

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

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Ученого совета факультета радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А. _____

(подпись)

_____ 2016 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 **очная** Срок обучения **нормативный**

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 **ФРТЭ**
(наименование факультета)

Протокол № _____ от « _____ » _____ 2016 г.

Председатель методической комиссии **Москаленко А.Г.**
(Ф.И.О)

Воронеж 2016 г.

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

«УТВЕРЖДАЮ»
 Председатель Ученого совета факультета радиотехники и электроники
 проф. Небольсин В.А. _____
 _____ (подпись)
 _____ 2016 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):108; Часов по РПД: 108;

Часов на самостоятельную работу по УП: 54 (50 %);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 54 (50 %)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 3;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены – 0; Зачеты - 0; Зачет с оценкой – 7;
 Курсовые проекты - 0; Курсовые работы - 0.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ 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													18	18			18	18
Лабораторные													18	18			18	18
Практические													18	18			18	18
Ауд. занятия													54	54			54	54
Сам. работа													54	54			54	54
Итого													108	108			108	108

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

Программу составил: _____ к.ф.-м.н. Меньшикова Т.Г.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент(ы): _____ Коваленко П.Ю., к.т.н., зам. гл. инженера АО «ВЗПП-С»

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

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники

протокол № _____ от _____ 2016 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины: дать представление студентам об основных технологических операциях СБИС.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	ознакомить студентов с основными технологическими маршрутами производства СБИС.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Цикл (раздел) ООП: Б1	код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.20
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося	
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.
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее	
Б1.В.ОД.7	Математическое моделирование технологических процессов и интегральных схем
Б1.В.ОД.19	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
ПКВ-2	готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства микросистемных приборов и устройств твердотельной электроники

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	– основные методы расчета базовых технологических параметров(ОПК-7, ОПК-9);
3.2	Уметь:
3.2.1	свободно ориентироваться в технологии производства БИС и СБИС (ОПК-7);
3.3	Владеть:
3.3.1	навыками технологии изготовления СБИС (ПКВ-2).

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	1	2	-	-	3	5
2	Технологические процессы подготовки полупроводниковых подложек для СБИС	7	3	2	3	-	3	8
3	Технология получения защитных пленок	7	5	2	3	-	3	8
4	Технология получения эпитаксиальных структур	7	7	2	3	6	6	17
5	Литографические способы в производстве СБИС	7	9	2	3	6	12	13
6	Получение электронно-дырочных переходов методом ионного легирования	7	11, 13	4	6	6	12	28
7	Особенности технологии изготовления трехмерных ИС (ТМ ИС)	7	15	2	-	-	12	14
8	Технология СБИС на арсениде галлия	7	17	2	-	-	3	5
Итого				18	18	18	54	108

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
1. Технологический аспект изготовления подложек для СБИС		2	
1	Краткая историческая справка о развитии полупроводникового приборостроения в России и за рубежом. Современное состояние производства СБИС. Основные тенденции повышения плотности интеграции ИМС. Особенности механической обработки подложек кремния и соединений типа A^3B^5 . Совершенствование подложек для СБИС.	2	
2. Технологические процессы подготовки полупроводниковых подложек для СБИС		2	
3	Ионно-плазменная обработка подложек. Плазмохимическая обработка. Контроль качества поверхности.	2	
3. Технология получения защитных пленок		2	
5	Технология термического окисления в сухом кислороде. Технология термического окисления в парах воды. Окис-	2	

	ление во влажном кислороде. Дефекты, возникающие при термическом окислении кремния. Использование нитрида кремния и оксидов металлов. Контроль качества защитных пленок.		
4. Технология получения эпитаксиальных структур		2	
7	Рост эпитаксиальных пленок из газовой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Технологические особенности эпитаксиального наращивания соединений типа A^3B^5 и твердых растворов на их основе. Технология получения полупроводниковых сверхрешеток. Тенденции развития эпитаксиальной технологии. Контроль качества эпитаксиальных слоев.	2	
5. Литографические способы в производстве СБИС		2	
9	Рентгенолитография. Электронолитография. Резисты, их характеристики. Проблемы применения ионных пучков для литографирования поверхности технологических слоев. Сравнительные характеристики различных методов литографирования поверхности.	2	
6. Получение электронно-дырочных переходов методом ионного легирования		4	
11	Основные принципы и характеристики процесса ионного легирования. Особенности ионного легирования кремния и соединений типа A^3B^5 .	2	
13	Принцип легирования методом внедрения ионов в твердое тело. Возможности и перспективы применения ионного легирования в производстве ИМС. Основные принципы и характеристики процесса ионного легирования. Распределение пробегов ионов в аморфной и монокристаллической мишени. Радиационные дефекты. Отжиг радиационных дефектов. Термический и лазерный отжиг. Методы активации примесей. Технология ионного легирования. Способы контроля имплантированных слоев.	2	
7. Особенности технологии изготовления трехмерных ИС (ТМ ИС)		2	
15	ТМ ИС с функционально связанными слоями. ТМ ИС с функционально и структурно связанными слоями. Технологический процесс изготовления ТМ ИС.	2	
8. Технология СБИС на арсениде галлия		2	
17	Приборы на GaAs для быстродействующих СБИС. Технология изготовления ПТШ с самосовмещенным затвором на GaAs для СБИС. Технология изготовления ТВПЭ для СБИС.	2	
Итого часов		18	

4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
2. Технологические процессы подготовки полупроводниковых подложек для СБИС		3		Отчет
3	Моделирование процесса ионно-лучевого травления. Методы расчета разрывных решений. Моделирование плазмохимического травления. Расчет потоков химически активных частиц	3		
3. Технология получения защитных пленок		3		
5	Окисление кремния. Модель Дила-Гроува. Двумерные модели окисления - аналитические и численные. Расчет толщины пленки SiO ₂ , полученной способом термического окисления в потоке водяного пара, сухом кислороде, во влажном кислороде в зависимости от времени окисления.	3		
4. Технология получения эпитаксиальных структур		3		Отчет
7	Перераспределение примеси на границе при эпитаксии. Численное решение уравнения непрерывности, соответствующего процессу эпитаксии. Расчет параметров роста эпитаксиальной пленки	3		
5. Литографические способы в производстве СБИС		3		Отчет
9	Моделирование рентгеновской и электронной литографии. Учет рассеяния при расчете процессов электронной литографии методом Монте-Карло.	3		
6. Получение электронно-дырочных переходов методом ионного легирования		6		Отчет
11	Расчет распределения примесей при ионной имплантации и отжиге. Расчет пробегов методом Монте-Карло. Метод кинетического уравнения. Распределение пробегов - распределение по Гауссу, несимметричное распределение (сопряженные гауссианы). Распределение Пирсона с четырьмя моментами. Распределение пробегов в многослойных мишенях. Учет рассеяния ионов.	3		
13	Модель отжига имплантированного кремния с использованием импульсного и непрерывного лазеров. Анализ разогрева при отжиге, Распределение примесей.	3		
Итого часов		18		

4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
4. Технология получения эпитаксиальных структур		6		
7	Наращивание эпитаксиальных слоев твердых растворов соединений A^3B^5 методом изотермического смешивания растворов – расплавов на установке «Изоприн»	6		отчет
5. Литографические способы в производстве СБИС		6		
9	Проекционная оптическая фотолитография на автомате микролитографии «Лада – 150А»	6		отчет
6. Получение электронно-дырочных переходов методом ионного легирования		6		
13	Технология формирования p^+-n структуры ионным легированием на установке ионного легирования типа «Везувий - 2»	6		Отчет.
Итого часов		18		

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1	Работа с конспектом лекций, с учебником		3
3	Работа с конспектом лекций, с учебником		3
5	Работа с конспектом лекций, с учебником		3
7	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению	3
	Работа с конспектом лекций, с учебником		3
9	Работа с конспектом лекций, с учебником		3
	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению	3
	Подготовка к защите лаб. работ	отчет, защита	6
11	Подготовка к защите лаб. работ	отчет, защита	3
	Работа с конспектом лекций, с учебником		3
13	Работа с конспектом лекций, с учебником		3
	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению	3
15	Подготовка к защите лаб. работ	отчет, защита	6
	Подготовка к контрольной работе	Контрольная работа	6
17	Работа с конспектом лекций, с учебником		3
Итого			54

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Лекции: информационные лекции, лекции – визуализации, проблемные лекции

5.2	Лабораторные работы: – выполнение лабораторных работ; – защита выполненных работ;
5.3	Практические занятия: – выполнение практических заданий; – выполнение контрольных работ;
5.4	самостоятельная работа студентов: – 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	консультации 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

6.1	Контрольные вопросы и задания
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.
6.2	Темы письменных работ
6.2.1	Контрольная работа по теме «Термическое окисление. Расчет параметров диэлектрических пленок»
6.2.2	Контрольная работа по теме «Диффузионное легирование. Расчет режимов термической диффузии»

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
7.1.1 Основная литература				
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. Пантелеев	Проектирование топологии и технологии интегральных микросхем : учеб. пособие. Ч.1 - Воронеж : ВГТУ.	2005, Печатный	0,5
3	Пасынков В.В.	Полупроводниковые приборы : Учебник / В. В. Пасынков, Л. К.	2003	1,0

		Чиркин. - 7-е изд., испр. - СПб. : Лань.		
4	Е. В. Бордаков, В. И. Пантелеев	Проектирование топологии и технологии интегральных микросхем : учеб. пособие. Ч.2 - Воронеж : ВГТУ.	2005, Печатный	0,5
5	Лозовский В.Н.	Нанотехнологии в электронике-СПб. : Лань.	2008 Магнитный носитель	1,0
7.1.2. Дополнительная литература				
1	Пантелеев В.И.	Физика и технология полупроводниковых гетеропереходных структур : учеб. пособие / В. И. Пантелеев, Е. В. Бордаков. - Воронеж : Изд-во ВГТУ.	2000 Печатный	0,5
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	0,25
3	Пантелеев В.И.	Полупроводниковые приборы на основе соединений А3 В5: Учеб. пособие - Воронеж : ВГТУ.	2002 Печатный	0,5
7.1.3. Методические разработки				
1	В. И. Пантелеев, Е. В. Бордаков	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Технология СБИС" для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" очной формы Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет», 2007	2007 Печатный	1,0
7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				
1	http://perst.issp.ras.ru — информационный бюллетень «Перспективные технологии» http://www.nanodigest.ru — интернет-журнал о нанотехнологиях http://www.nano-info.ru — сайт о современных достижениях в области микро- и нанотехнологий http://www.kit.ru — журнал «Компоненты и технологии». http://www.strf.ru — журнал «Электроника: наука, технология, бизнес».			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
8.2	Учебные лаборатории: 213/4, 214/4, 212/4
8.3	Натурные лекционные демонстрации: демонстрации изделий электроники и микроэлектроники: дискретных приборов, интегральных микросхем; образцов полупроводниковых материалов, подложек микросхем, фотошаблонов и др.
8.4	Плакаты и наглядные пособия из фонда кафедры ППЭНЭ

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

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
1 Основная литература				
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. Пантелеев	Проектирование топологии и технологии интегральных микросхем : учеб. пособие. Ч.1 - Воронеж : ВГТУ.	2005, Печатный	1,0
3	Пасынков В.В.	Полупроводниковые приборы : Учебник / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 7-е изд., испр. - СПб. : Лань.	2009 Магнитный носитель	0,5
4	Е. В. Бордаков, В. И. Пантелеев	Проектирование топологии и технологии интегральных микросхем : учеб. пособие. Ч.2 - Воронеж : ВГТУ.	2005, Печатный	1,0
5	Лозовский В.Н.	Нанотехнологии в электронике- СПб. : Лань.	2008 Магнитный носитель	
2. Дополнительная литература				
1	Пантелеев В.И.	Физика и технология полупроводниковых гетеропереходных структур : учеб. пособие / В. И. Пантелеев, Е. В. Бордаков. - Воронеж : Изд-во ВГТУ.	2000 Печатный	0,25
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	0,25
3	Пантелеев В.И.	Полупроводниковые приборы на основе соединений АЗ В5: Учеб. пособие - Воронеж : ВГТУ.	2002 Печатный	0,25
3. Методические разработки				
1	В. И. Пантелеев, Е. В. Бордаков.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Технология СБИС" для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" очной формы Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет»	2007 Печатный	1,0

Зав. кафедрой _____ С.И. Рембеза

Директор НТБ _____ Т.И. Буковшина

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета факультета радиотехники и электроники

_____ Небольсин В.А.
(подпись)

_____ 201__ г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД

Технология СБИС

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

Изменения (дополнения) в УМКД обсуждены на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

Протокол № _____ от «___» _____ 20__ г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией ФРТЭ

Председатель методической комиссии ФРТЭ

А.Г. Москаленко

«Согласовано»

С.И. Рембеза

Лист регистрации изменений

Порядковый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (заменить, аннулировать, добавить)	Номер и дата приказа об изменении	Фамилия и инициалы, подпись лица, внесшего изменение	Дата внесения изменения