

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)
_____ 2017 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ОД.2 Технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем
(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки: **11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»**
(код, наименование)

Профиль подготовки, магистерская программа
«Приборы и устройства в микро- и нанoeлектронике»
(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., кандидат физико - математических наук**
(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии **ФРТЭ**
(наименование факультета)

Протокол № ____ от «____» _____ 2017 г.

Председатель методической комиссии **Коровин Е.Н.** _____
(Ф.И.О.)

Воронеж 2017 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 физико-
технического факультета

проф. Небольсин В.А. _____
(подпись)
_____ 2017г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ОД.2 Технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем (наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

Направление подготовки (специальности): 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника
(код, наименование)

Профиль: «Приборы и устройства в микро- и нанoeлектронике»
(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: 72 (67%);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 72 (67%)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 3;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 0; Зачеты (с оценкой) - 3; 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		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции										
Лабораторные					18	18			18	18
Практические					18	18			18	18
Ауд. занятия										
Сам. работа					72	72			72	72
Итого					108	108			108	108

Сведения о ФГОС ВО, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектро-ника» квалификация «магистр». Утвержден приказом Министерства образо-вания Российской Федерации от 30 октября 2014г. № 1407.

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

Рецензент (ы): _____

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки магистров по направлению 11.04.04 «Электроника и нанoeлектро-ника», магистерская программа «Приборы и устройства в микро- и нано-электронике».

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

протокол № _____ от _____ 2017г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины – обеспечение основ технологии БИС, изучение способов нанесения, удаления и модифицирования вещества на микро- и наноуровне, используемых при создании компонентов твердотельной электроники и интегральных микросхем.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	усвоение современных представлений о физических процессах и технологиях, лежащих в основе создания субмикронных структур микро- и наноэлектроники;
1.2.2	получение современных представлений о физических, химических и биологических свойствах различных наноматериалов, а также о возможности использования нанообъектов в перспективных областях промышленности;
1.2.3	Формирование навыков работы на технологическом оборудовании;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1	код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.2
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося	
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по технологии производства полупроводниковых приборов, иметь представление о свойствах материалов, используемых при производстве твердотельной электроники, технологических операциях и методах контроля в пределах программы подготовки бакалавров.	
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее	
БЗ	Итоговая государственная аттестация

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОК-2	способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом
ОПК-2	способностью использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры
ОПК-4	способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области
ПК-9	способностью разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями
ПКВ-1	способность к восприятию, разработке и критической оценке новых способов проектирования твердотельных приборов и устройств

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	– основные базовые технологические операции (ОПК-2);
3.1.2	– методы расчета базовых технологических параметров (ПКВ-1);
3.1.3	– параметры исходных полупроводниковых материалов (ОПК-4);
3.2	Уметь:
3.2.1	– ориентироваться в технологии производства больших интегральных схем, микро- и наносистем (ОПК-2, ОПК-4);
3.2.2	– пользоваться методами контроля основных технологических параметров (ОПК-4);
3.3	Владеть:
3.3.1	– практическими навыками технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем (ОК-2);
3.3.2	– навыками работы на основном промышленном оборудовании (ОК-2, ОПК-2).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п./п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	СРС	Всего часов
1	Основные технологические направления производства больших интегральных схем, микро- и наносистем.	3	1-11	-	12	10	44	66
2	Особенности и методы модификации поверхности при получении наноструктурированных объектов.	3	13-18	-	6	8	28	42
Итого				-	18	18	72	108

4.1 Лекции

Не предусмотрены планом

4.2 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
Основные технологические направления производства больших интегральных схем, микро- и наносистем.		12		Отчет
1-3	Технология формирования n ⁺ -p-n структуры ионным легированием на установке ионного легирования типа «Везувий - 2»	6		
7-9	Наращивание эпитаксиальных слоев твердых растворов соединений A ₃ B ₅ методом изотермического смешивания растворов – расплавов на установке «Изоприн»	6		
Особенности и методы модификации поверхности при получении наноструктурированных объектов.		6		
13-15	Получение рельефа поверхности Si методом АСМ микроскопии.	6		
Итого часов		18		

4.3 Практические занятия

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
1. Основные технологические направления производства больших интегральных схем, микро- и наносистем.		10	10	
1	Расчет процесса МЛЭ выращивания композиционной сверхрешетки GaAs-Al _x Ga _{1-x} As с h = 40 нм	2	2	
3-5	Расчет процесса эпитаксии ДГС лазера на основе арсенида галлия, выращиваемого по методу программируемого снижения температуры.	4	4	
7-9	Расчет состава растворов-расплавов для гетероэпитаксии слоев Al _{0,5} Ga _{0,5} P на кремниевых подложках при T = 1000 ⁰ С.	4	4	
2. Особенности и методы модификации поверхности при получении наноструктурированных объектов.		8	8	
13-15	Обработка данных и расчет пара-	4	4	

	метров рельефа поверхности структур, полученного методом АСМ-микроскопи.			
17-18	Расчет параметров структур, полученных методом нанолитографии с использованием СЗМ.	4	4	
Итого часов		18	18	

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2
	Подготовка к практическому занятию	отчет	2
2	Работа с учебником	проверка конспекта	2
	Подготовка к практическому занятию	отчет	2
3	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2
	Подготовка к практическому занятию	отчет	2
	Подготовка к лабораторной работе	отчет, защита	2
4	Работа с учебником	проверка конспекта	2
	Подготовка к практическому занятию	отчет	2
5	Работа с учебником	проверка конспекта	2
6	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2
7	Работа с учебником	проверка конспекта	2
	Подготовка к лабораторной работе	отчет, защита	4
8	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	допуск к выполнению	2
	Подготовка к контрольной работе	Контр. работа	4
9	Работа с учебником	проверка конспекта	2
10	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения		2
11	Работа с учебником	проверка конспекта	2
12	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2
13	Работа с учебником	проверка конспекта	2
	Подготовка к лабораторной работе	отчет, защита	4
14	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	допуск к выполнению	4
15	Работа с учебником	проверка конспекта	4
	Подготовка конспекта по теме для	допуск к выполнению	2

	самостоятельного изучения		
16	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения		2
17	Работа с учебником	проверка конспекта	4
	Подготовка к контрольной работе	Контр. работа	4
18	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2
Итого			72

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Лабораторные работы: – выполнение лабораторных работ; – защита выполненных работ;
5.2	Практические занятия: – выполнение практических заданий; – выполнение контрольных работ;
5.3	самостоятельная работа студентов: –изучение теоретического материала, –подготовка к практическим занятиям, –работа с учебно-методической литературой, –подготовка к текущему контролю успеваемости, к экзамену
5.4	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: –контрольные работы; –отчет и защита выполненных практических работ.
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения входного, текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд включает примерные варианты контрольных работ, вопросы к экзамену, примерные темы курсовых работ.
6.2	Темы письменных работ
6.2.1	Контрольная работа по теме «Ионное легирование. Расчет распределения ионно-имплантированных примесей»
6.2.2	Контрольная работа по теме «Расчет параметров рельефа структур, полученного методом АСМ-микроскопии»
6.3	Другие виды контроля
6.3.1	Курсовые работы

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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	Новокрещенова Е.П.	Материалы и элементы электронной техники : Учеб. пособие. Ч. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет"	2010 Магнитный носитель	1,0
3	Пасынков В.В.	Полупроводниковые приборы : Учебник / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 7-е изд., испр. - СПб. : Лань.	2009, Электр. ресурс	1,0
4	Свистова Т.В.	Материалы и элементы электронной техники : Учеб. пособие. Ч.2- Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет".	2010 Магнитный носитель	1,0
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	Рембеза С.И., Б. М. Синель-	Физические методы исследования материалов твердо-	2002 Печатный	0,5

	ников, Е. С. Рембеза, Н. И. Каргин	тельной электроники : учеб. - Ставрополь : Северо- Кавказский ГТУ		
7.1.3. Методические разработки				
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
2	В. И. Пантеле- ев, Е. В. Бор- даков.	Методические указания к выполнению лабораторных работ № 3-4 по дисциплине "Процессы микро- и нано- технологии" для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твер- дотельная электроника" и направления 140400 "Тех- ническая физика" очной формы обучения / Каф. по- лупроводниковой электро- ники и наноэлектроники; - Воронеж : ГОУВПО "Воро- нежский государственный технический университет 59-2010	2010 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».			

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой
«Технология больших интегральных схем, микро- и наносистем»**

№ п/ п	Авторы, составители	Заглавие	Год 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	Новокрещенова Е.П.	Материалы и элементы электронной техники : Учеб. пособие. Ч. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет"	2010 Магнитный носитель	1,0
3	Пасынков В.В.	Полупроводниковые приборы : Учебник / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 7-е изд., испр. - СПб. : Лань.	2009, Электр. ресурс	1,0
4	Свистова Т.В.	Материалы и элементы электронной техники : Учеб. пособие. Ч.2- Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет".	2010 Магнитный носитель	1,0
5	Лозовский В.Н.	Нанотехнологии в электронике- СПб. : Лань.	2008 Магнитный носитель	1,0
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	Рембеза С.И., Б. М. Синельников, Е. С. Рембеза, Н. И. Каргин	Физические методы исследования материалов твердотельной электроники : учеб. - Ставрополь : Северо-Кавказский ГТУ	2002 Печатный	0,5
3. Методические разработки				
1	В. И. Пантеле-	Методические указания к выполне-	2007	1,0

	ев, Е. В. Бордаков. -.	нию лабораторных работ по дисциплине "Технология СБИС" для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" очной формы Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет» 2007	Печатный	
2	В. И. Пантеле-ев, Е. В. Бордаков.	Методические указания к выполнению лабораторных работ № 3-4 по дисциплине "Процессы микро- и нанотехнологии" для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" и направления 140400 "Техническая физика" очной формы обучения / Каф. полупроводниковой электроники и нанoeлектроники; - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет 59-2010	2010 Печатный	1,0

Зав. кафедрой _____ С.И. Рембеза

Директор НТБ _____ Т.И. Буковшина