

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

Технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем

(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

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

Профиль подготовки (специализация): Приборы и устройства микро- и нанoeлектроники
(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 _____
(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 (МОДУЛЯ)

Технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем (наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и наноэлектроники

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

Профиль: Приборы и устройства микро- и наноэлектроники
 (название профиля по УП)

Часов по УП: 108; Часов по РПД: 108;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 72; Часов по РПД: 72;

Часов на самостоятельную работу по УП: 36 (33%);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 36 (33%)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 3;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 3; Зачеты – 0; Зачеты (с оценкой) - 0;

Курсовые проекты - 0; Курсовые работы - 3.

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					36	36			36	36
Сам. работа					36	36			36	36
Итого					72	72			72	72

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника». Утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 30 октября 20014г. № 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 нанoeлектроника», магистерская программа “Приборы и устройства микро- и нанoeлектроники ”.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

протокол № ____ от _____ 2016 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины – дать студентам представление об основных технологических операциях больших интегральных схем, микро- и наносистем.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	ознакомить студентов с основными технологическими маршрутами производства больших интегральных схем, микро- и наносистем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

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 знания, полученные при изучении дисциплин по направлению 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника» профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника»	
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
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-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).

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	22	44
2	Особенности и методы модификации поверхности при получении наноструктурированных объектов.	3	13-18	-	6	8	14	28
Итого				-	18	18	36	72

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		отчет
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 параметров рельефа поверхности структур, полученного методом АСМ-микроскопии.	4	4	
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	1
	Подготовка к практическому занятию	отчет	1
2	Работа с учебником	проверка конспекта	1
	Подготовка к практическому занятию	отчет	1
3	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	1
	Подготовка к практическому занятию	отчет	1
	Подготовка к лабораторной работе	отчет, защита	1
4	Работа с учебником	проверка конспекта	1

	Подготовка к практическому занятию	отчет	1
5	Работа с учебником	проверка конспекта	1
6	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	1
7	Работа с учебником	проверка конспекта	1
	Подготовка к лабораторной работе	отчет, защита	2
8	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	допуск к выполнению	1
	Подготовка к контрольной работе	Контр. работа	2
9	Работа с учебником	проверка конспекта	1
10	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения		1
11	Работа с учебником	проверка конспекта	2
12	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	1
13	Работа с учебником	проверка конспекта	1
	Подготовка к лабораторной работе	отчет, защита	2
14	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	допуск к выполнению	2
15	Работа с учебником	проверка конспекта	2
	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	допуск к выполнению	1
16	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения		1
17	Работа с учебником	проверка конспекта	2
	Подготовка к контрольной работе	Контр. работа	2
18	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	1
Итого			36

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. Синельников, Е.С. Рембеза, Н.И. Каргин	Физические методы исследования материалов твердотельной электроники : учеб. - Ставрополь : Северо-Кавказский ГТУ	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
2	В.И. Пантелеев, 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 наноэлектроники; - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский 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.stf.ru — журнал «Электроника: наука, технология, бизнес».			

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой
«Технологии 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. 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

2	В.И. Пантелеев, 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 наноэлектроники; - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет 59-2010	2010 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

Технологии больших интегральных схем, микро- и наносистем

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