

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 ФРТЭ

_____ В.А. Небольсин

« ____ » _____ 20__ г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ОД.16 «ТЕХНОЛОГИИ МЭМС»

для направления подготовки (специальности)

28.03.02 «Наноинженерия»

(код, наименование)

Профиль подготовки (специализация)

«Инженерные нанотехнологии в приборостроении»

(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения: очная

Срок обучения: нормативный

Кафедра полупроводниковой электроники и наноэлектроники

(наименование кафедры-разработчика УМКД)

УМКД разработал: Липатов Г.И., кандидат технических наук

(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии ФРТЭ

(наименование факультета)

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

Председатель методической комиссии _____ Е.Н. Коровин

Воронеж 2017 г.

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

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель ученого совета ФРТЭ

_____ В.А. Небольсин

«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНОЛОГИИ МЭМС»

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и наноэлектроники (ППЭНЭ)

Направление подготовки (специальности): 28.03.02 «Наноинженерия»

Профиль: «Инженерные нанотехнологии в приборостроении»

Часов по УП: 180 / **Часов по РПД:** 180

Часов по УП (без учета на экзамены): 144/ **Часов по РПД:** 144

Часов на самостоятельную работу по УП: 108 (75 %)

Часов на самостоятельную работу по РПД: 108 (75 %)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 5

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены 8; Зачеты —; Курсовые проекты —;

Курсовые работы 8.

Форма обучения: очная. **Срок обучения:** нормативный

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятия	№ 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													24	24			24	24
Лабораторные													24	24			24	24
Практические																		
Ауд. занятия													48	48			48	48
Сам. работа													96	96			96	96
Экзамен													36	36			36	36
Итого													180	180			180	180

Программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) — государственные требования к минимуму содержания и уровня подготовки бакалавра по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия». Утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 3 декабря 2015 г. № 1414.

Программу составил канд. техн. наук, доцент

Г.И. Липатов

Рецензент: д-р техн. наук, профессор

С.А. Акулинин

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 28.03.02 «Наноинженерия», профиль «Инженерные нанотехнологии в приборостроении».

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ППЭНЭ.

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

Заведующий кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии ФРТЭ.

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

Председатель методической комиссии ФРТЭ

Е.Н. Коровин

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Целью изучения дисциплины «Технологии МЭМС» формирование у обучающихся знаний о базовых технологических процессах изготовления микроэлектромеханических систем (МЭМС).
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
	овладение обучающимися базовыми технологическими операциями, маршрутами изготовления, принципами работы технологического оборудования для изготовления МЭМС.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Цикл (раздел) ОПОП: вариативный		Код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.16
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося: Б1.Б.6 «Математика» Б1.Б.9 «Химия» Б1.Б.10 «Физика» Б1.Б.11 «Введение в нанотехнологии» Б2.П.1 «Производственная (технологическая) практика» Б1.В.ОД.7 «Физико-химические основы нанотехнологии» Б1. В.ОД.10 «Технологические системы в нанотехнологии»	
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Выпускная квалификационная работа	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Код и наименование компетенции	
ПКВ-2	готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования в производстве приборов и устройств микро- и нанoeлектроники

В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИЙСЯ ДОЛЖЕН

3.1	Знать: физические принципы и основные технологические процессы формирования структур изделий электронной техники (ПКВ-2)
3.2	Уметь: проводить расчет режимов базовых технологических операций производства изделий электронной техники (ПКВ-2)
3.3	Владеть: методами анализа технологических процессов производства изделий электронной техники (ПКВ-2)

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость в часах					
			Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы	СРС	Экз.	Всего часов
1	Технологический процесс изготовления МЭМС и его взаимосвязь с архитектурой изделия	1, 2	4		4	18		26
2	Технологии объемной микрообработки	3—6	8		8	24		40
3	Технологии поверхностной микрообработки	7—10	8		8	36		52
4	Технологии производства КМОП-МЭМС	11, 12	4		4	18		26

5	Подготовка к экзамену				36	36
Итого часов		24		24	96	36 180

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
1 Технологический процесс изготовления МЭМС и его взаимосвязь с архитектурой изделия		
1	Материалы микросистемной техники	2
2	Технологии изготовления МЭМС	2
2 Технологии объемной микрообработки		
3	Технологии изотропного травления материалов	2
4	Технологии анизотропного «жидкостного» травления кремния	2
5	Технологии электроосаждения	2
6	Технология LIGA	2
3 Технологии поверхностной микрообработки		
7	Технологии получения тонких пленок	2
8	Технологии анизотропного «сухого» травления кремния	2
9	Технологии высвобождения микроструктур	2
10	Технологии соединения и разъединения пластин	2
4 Технологии производства КМОП-МЭМС		
11	Особенности технологий «КМОП-до», «КМОП-после», «КМОП-вместе»	2
12	Технологические процессы iMEMS, SCREAM, SUMMiT-V, MUMPs, HexSil, HARPSS	2
Итого часов:		24

4.2 Практические занятия: не предусмотрены

4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
1, 2	Технология и моделирование элементов МЭМС, получаемых микропрофилированием монокристаллического кремния	4	Проверка отчета по лабораторной работе
3, 4	Моделирование и изучение физических свойств материалов МЭМС	4	
5, 6	Изучение процесса реактивно-ионного травления кремния	4	
7, 8	Изучение процесса ХОГФ поликремния	4	
9, 10	Изучение процесса электроосаждения металла	4	
11, 12	Изучение процесса соединения пластин	4	
Итого часов:		24	

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1—12	Проработка материала лекций с использованием рекомендуемой литературы	Опрос	36
1—12	Подготовка к лабораторным работам	Ответы на контрольные вопросы	16
6	Подготовка к контрольной работе	Результаты выполнения задания	4
2—12	Выполнение курсовой работы	Результаты выполнения курсовой работы	40
Итого часов:			96

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:	
5.1	Лекции
5.2	Лабораторные работы
5.3	Выполнение курсовой работы
5.4	Самостоятельная работа
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 Для текущего контроля успеваемости используются контрольные вопросы
6.2	Темы письменных работ не предусмотрены
6.3	Другие виды контроля не предусмотрены

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы/составители	Заглавие	Вид и годы издания	Обеспеченность
7.1.1 Основная литература				
Л1.1	Под ред. С. Зи	Технология СБИС: В 2-х кн. — М.: Мир, 1986. Кн.1. — 404 с.; кн.2. — 453 с.	Учеб. пособие, 1986	0,2
7.1.2 Дополнительная литература				
Л2.1	Под ред Б. Бхушана	Справочник Шпрингера по нанотехнологиям (в 3-х томах). — М.: Техносфера, 2010. Т.1 — 864 с.; Т.2 — 1039 с.; Т.3 — 812 с.	Справочник, 2010	1
Л2.2	Липатов Г.И.	Технология материалов и изделий электронной техники. Ч.2. — Воронеж: ВГТУ, 2006. — 172 с.	Учеб. пособие, 2006	1
Л2.3	Липатов Г.И.	Технология материалов и изделий электронной техники. Ч.3. — Воронеж: ВГТУ, 2008. — 227 с.	Учеб. пособие, 2008	1
7.1.3 Методические разработки				
7.1.4 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы				
Презентация «MEMS & Microsystems Fabrication» Страница Technologies Overview [Эл. ресурс]. Официальный сайт компании Invenios. Электрон. дан.: http://invenios.com/micro-fabrication/				
Презентация «MEMS Fabrication». Т. Szychowski. Электрон. дан.: http://slideplayer.com/slide/6004556/				
Презентации по курсу «Разработка и изготовления МЭМС» для лекционного курса Массачусетского института технологий (MIT): http://ocw.mit.edu/courses/electricalengineering-and-computer-science/6-777j-design-and-fabrication-of-microelectromechanical-devices-spring-2007/lecture-notes/				
http://users.omskreg.ru/~kolosov/atlas/3D-crystals/indexr.htm — физико-химические свойства материалов				
http://matdata.net/				
http://www.calc.ru — on-line калькулятор				

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9. СТРУКТУРА И СОСТАВ ФОНДОВ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств по дисциплине представляют собой перечень вопросов для рейтинговых и контрольных мероприятий.

9.1. Перечень вопросов для рейтинговых и контрольных мероприятий

1. Материаловедческие аспекты микро- и нанoeлектромеxанических систем кремний и материалы на его основе
материалы на основе германия
металлы
полупроводники для экстремальных сред
сегнетоэлектрики
полимерные материалы
2. Каковы особенности и области применения технологии объемной микрообработки кремния?
3. Каковы особенности и области применения технологии поверхностной микрообработки кремния?
4. Каковы особенности и области технологии LIGA?
5. Технологии высвобождения микроструктур
6. Каковы особенности и области применения технологии MUMPs?
7. Особенности механизмов процессов ХОГФ
8. Режимы и лимитирующая стадия гетерогенного химического процесса
9. Технология электрохимического осаждения
10. Какие компоненты входят в раствор для травления кремния?
11. Как осуществляется изотропное травление кремния?
12. Как осуществляется анизотропное травление кремния?
13. Как осуществляется селективное травление кремния?
14. Технология плазмохимического травления кремния
15. Технология реактивно-ионного травления кремния
16. Технологии глубокого реактивно-ионного травления кремния
17. Технологии литографии
18. Технологии соединения подложек
19. Технологии корпусирования
20. Особенности 3D и 2.5D корпусирования
21. Герметичное и вакуумное корпусирование и их применения
22. Пассивация поверхности
23. Проблемы интеграции процессов микрообработки и КМОП-технологии

9.2. Примерные варианты экзаменационных билетов

Билет № 1

1. Необходимость очистки поверхности. Классификация типов загрязнений по форме и виду. Источники загрязнений. Физические и химические методы очистки в жидкой и газовой фазе, механические методы очистки. Методы повышения эффективности очистки.
2. Химическое осаждение слоев из газовой фазы (ХОГФ).
3. При загонке бора в кремний КЭФ-2 при температуре 1050 °C за время $t_1=20$ мин создана поверхностная концентрация $3 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$. Найти глубину залегания $p-n$ -перехода, образованного при последующей разгонке при 1200 °C в течение 1,5 ч.

Билет № 2

1. Нанесение тонких пленок методами вакуум-термического напыления и магнетронного распыления.

2. Фотолитография как один из основных промышленных методов получения микро- и наноструктур.

3. Определить энергию и дозу имплантации ионов В для формирования $p-n$ -перехода на глубине 0,3 мкм в кремнии с исходной концентрацией $8 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$.

Билет № 3

1. Жидкостное химическое травление. Этапы процесса травления. Изотропное и анизотропное травление.

2. Плазма. Методы получения плазмы для травления. Возникновения напряжения смещения электрода в плазме.

3. На кремниевой пластине термическим окислением получен слой SiO_2 толщиной 0,2 мкм. Какое дополнительное время потребуется, чтобы получить еще 0,1 мкм SiO_2 в сухом кислороде при 1200 °С?

Билет № 4

1. Требования к пленочным покрытиям и методы осаждения тонких пленок.

2. Методы улучшения разрешения фотолитографии: уменьшение длины волны излучения, иммерсионная литография, коррекция эффекта близости, фазосдвигающие маски, двойное экспонирование.

3. Осаждение диоксида кремния за счет разложения ТЭОС происходит при температуре 700 °С со скоростью 9 нм/мин. При добавлении в реакционную смесь фосфорсодержащих легирующих добавок энергия активации реакции разложения ТЭОС уменьшается с 1,9 эВ до 1,4 эВ. Какова при этом скорость роста ФСС?

Билет № 5

1. Кинетика процесса термического окисления кремния.

2. Плазмохимическое и реактивно-ионное травление, техническая реализация и их отличия.

3. Построить распределение толщины осажденного слоя методом ПФХО, если пластины диаметром 150 мм расположены на расстоянии 15 мм друг от друга, лимитирующей является гетерогенная стадия, имеет место реакция первого порядка, отношение коэффициента диффузии газа к константе скорости реакции 500.

Билет № 6

1. Материалы и инструменты, используемые в технологии подложек.

2. Технология и оборудование магнетронного осаждения.

3. Рассчитать изменение толщины пассивной базы вследствие эмиттерной диффузии фосфора в КЭФ-1 при 1050 °С в течение 1 ч, если введенное в приповерхностную область количество бора, равное $2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$, предварительно разогнали при 1150 °С в течение 2 ч.

Билет № 7

1. Технология обработки подложек.

2. Технологический процесс производства КМОП СБИС.

3. При загонке фосфора в кремний КДБ-10 при температуре 1050 °С за время $t_1=20$ мин создана поверхностная концентрация 10^{21} см^{-3} . Найти глубину залегания $p-n$ -перехода, образованного при последующей разгонке при 1200 °С в течение 1 ч.

Билет № 8

1. Процессы отмывки кремниевых пластин.

2. Характеристики процессов плазмохимического травления.

3. Рассчитать эффективную концентрацию примеси в КДБ-10 на глубине 3 мкм при последовательной диффузии фосфора ($Q_{(P)}=10^{15} \text{ см}^{-2}$, $T=1100^\circ\text{C}$, $t=3 \text{ ч}$) и бора ($Q_{(B)}=5\cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$, $T=1150^\circ\text{C}$, $t=2 \text{ ч}$).

Билет № 9

1. Контроль параметров и маркировка полупроводниковых пластин.
2. Механизм формирования химически активной плазмы.
3. Рассчитать эффективную концентрацию примеси в КДБ-7,5 на глубине 1,5 мкм при последовательной диффузии фосфора ($N_{0(P)}=10^{21} \text{ см}^{-3}$, $T=1050^\circ\text{C}$, $t=1,5 \text{ ч}$) и бора ($N_{0(B)}=5\cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$, $T=1150^\circ\text{C}$, $t=3 \text{ ч}$).

Билет № 10

1. Физико-химические основы процесса эпитаксии.
2. Бесфлюсовая низкотемпературная пайка полупроводниковых приборов и ИС.
3. Пластины кремния марки КЭФ-5 легируют бором с дозой 10^{12} см^{-2} при энергии 100 кэВ. Затем проводят отжиг в течение 2 ч при 1000°C . Чему равна пиковая концентрация бора после отжига?

Билет № 11

1. Термическое окисление кремния.
2. Присоединение выводов полупроводниковых приборов и ИС.
3. Рассчитать глубину залегания p — n -перехода в КЭФ-2, полученного ионной имплантацией бора с энергией $E=100 \text{ кэВ}$ до максимальной концентрации $N_m=10^{20} \text{ см}^{-3}$ с последующей диффузионной разгонкой при 1150°C в течение 2 ч.

Билет № 12

1. Кинетика процесса термического окисления кремния.
2. Принципы изотропного и анизотропного травления.
3. Рассчитать градиент концентрации примеси в p — n -переходе, полученном на глубине 3 мкм путем диффузии бора в КЭФ-2 до поверхностной концентрации $N_0=10^{18} \text{ см}^{-3}$ при 1000°C .

Билет № 13

1. Особенности технологии и оборудования ПФХО диэлектрических слоев.
 2. Травление органических материалов в кислородной плазме.
- Кремниевая пластина окисляется несколько раз в процессе изготовления ИС. Найти результирующую толщину окисла после каждой из следующих операций, проводимых последовательно: а) 60 мин при 1100°C в сухом O_2 и HCl (добавляется достаточное количество HCl , чтобы увеличить скорость окисления на 10 % по сравнению со скоростью окисления в чистом O_2); б) 2 ч при 1000°C в пирогенном водяном паре (при 1 атм).

Билет № 14

1. Модель процессов ПФХО с лимитирующей гетерогенной стадией.
 2. Системы, используемые для плазменного травления.
- Рассчитать градиент концентрации примеси в p — n -переходе, полученном на глубине 25 мкм путем диффузии фосфора в КДБ-0,4 до поверхностной концентрации $N_0=3\cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$ при 1250°C .

Билет № 15

1. Модель процессов ПФХО с лимитирующей гомогенной стадией.
2. Технология диффузионного легирования.

3. Поверхностное сопротивление при использовании четырехзондового метода определяется выражением $R_s = (\pi / \ln 2) U / I$. Если при измерениях $I = 1$ мА, какое напряжение будет измерено для n -области, в которой суммарная плотность атомов 10^{12} см^{-2} ? Фосфор введен с помощью диффузии в очень высокоомную пластину p -типа.

Билет № 16

1. Свойства реагентов, используемых для ПФХО диэлектрических слоев.
2. Особенности процесса испарения в вакууме. Распределение плотности испаряемого компонента по поверхности подложки.
3. Канал МОП-транзистора легируют бором до максимальной концентрации $8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ на глубине 0,1 мкм. Найти энергию ионов, дозу легирования и разброс ΔR_p .

Билет № 17

1. Технология и оборудования плазмохимического осаждения слоев.
2. Технология фотолитографии.
3. Выбрать энергию As^+ и дозу облучения для формирования в n -Si с $N_{\text{исх}} = 2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ сильнолегированного заглубленного слоя n^+ -типа так, чтобы на глубине 0,3 мкм концентрация имплантированной примеси равнялась $N_{\text{макс}} = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Рассчитать результирующую поверхностную концентрацию примеси.

Билет № 18

1. Жидкостное травление Si, SiO_2 , Al.
2. Герметизация полупроводниковых приборов и ИС.
3. На кремниевой пластине термическим окислением получен слой SiO_2 толщиной 0,2 мкм. Какое дополнительное время потребуется, чтобы получить еще 0,1 мкм SiO_2 в сухом кислороде при 1200°C ?

Билет № 19

1. Вакуум-термическое напыление тонких пленок.
2. Возникновение и отжиг структурных дефектов при ионном легировании.
3. Построить распределение толщины осажденного слоя методом ПФХО, если пластины диаметром 150 мм расположены на расстоянии 15 мм друг от друга, лимитирующей является гомогенная стадия.

Билет № 20

1. Магнетронное осаждение тонких пленок.
2. Технология монтажа кристаллов.
3. Изолирующая диффузия p^+ -типа проводится сквозь эпитаксиальный слой толщиной 10 мкм, содержащий донорную примесь в концентрации 10^{16} см^{-3} . Эффективная концентрация примеси на поверхности обрабатываемого участка равна $5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ и остается постоянной в течение всего процесса диффузии. Рассчитайте время, необходимое для проведения этой диффузии при 1100°C .

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель ученого совета ФРТЭ

_____ В.А. Небольсин

« ____ » _____ 20__ г.

**Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД
«Технологии МЭМС»**

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

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

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

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.А. Рембеза

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией ФРТЭ

Председатель методической комиссии ФРТЭ

Е.Н. Коровин

«Согласовано»

С.А. Рембеза

Карта обеспеченности рекомендуемой литературой

№ п/п	Авторы/ составители	Заглавие	Вид и годы издания	Обеспе- ченность
1. Основная литература				
Л1.1	Под ред. С. Зи	Технология СБИС: В 2-х кн. — М.: Мир, 1986. Кн.1. — 404 с.; кн.2. — 453 с.	Учеб. посо- бие, 1986	0,2
2. Дополнительная литература				
Л2.1	Под ред Б. Бхушана	Справочник Шпрингера по нанотехнологиям (в 3-х томах). — М.: Техносфера, 2010. Т.1 — 864 с.; Т.2 — 1039 с.; Т.3 — 812 с.	Справочник, 2010	1
Л2.2	Липатов Г.И.	Технология материалов и изделий электронной техники. Ч.2. — Воронеж: ВГТУ, 2006. — 172 с.	Учеб. посо- бие, 2006	1
Л2.3	Липатов Г.И.	Технология материалов и изделий электронной техники. Ч.3. — Воронеж: ВГТУ, 2008. — 227 с.	Учеб. посо- бие, 2008	1
3. Методические разработки				

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Зам. директора НТБ

Т.И. Буковшина