

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 материалов электронной техники
(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: **Новокрещенова Е.П., к.т.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.

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									36	36							36	36
Лабораторные									18	18							18	18
Практические									36	36							36	36
Ауд. занятия									90	90							90	90
Сам. работа									54	54							54	54
Итого									144	144							144	144

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.

Программу составил: _____ к.т.н., Новокрещенова Е.П.
(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 нанoeлектроника”, профиль “Микрoeлектроника и твердотельная электроника”.

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	Целью освоения дисциплины является изучение студентами комплекса теоретических и практических знаний, позволяющих им свободно ориентироваться в современном производстве материалов электронной техники.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	сформировать представления о физико-химических основах технологии производства материалов электронной техники;
1.2.2	установить взаимосвязь параметров технологических процессов со свойствами получаемых материалов;
1.2.3	изучить конкретные процессы получения важнейших материалов электронной техники; ознакомить с типами технологического оборудования;
1.2.4	ознакомить с перспективами и тенденциями развития технологии материалов электронной техники в связи с современными требованиями микро- и нанoeлектроники;
1.2.5	сформировать навыки экспериментальных исследований свойств материалов электронной техники в связи с технологией их получения

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Цикл (раздел) ООП: Б1		код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.12
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося		
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь знания, полученные при изучении дисциплин		
Б1.Б.5	Математика	
Б1.Б.6	Физика	
Б1.Б.7	Химия	
Б1.Б.14	Материалы электронной техники	
Б1.В.ОД.8	Физическая химия материалов и процессов электронной техники	
Б1.В.ОД.11	Введение в электронику и нанoeлектронику	
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее		
Б1.Б.16	Физические основы электроники	
Б1.Б.17	Нанoeлектроника	
Б1.Б.19	Основы технологии электронной компонентной базы	
Б1.В.ОД.17	Технология изделий электроники и нанoeлектроники	
Б1.В.ДВ.5.2	Технология изделий силовой электроники	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
ОПК-5	способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей про-

	фессииональной деятельности
ПКВ-2	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

3.1	Знать:
3.1.1	физические закономерности, лежащие в основе технологии изготовления материалов электронной техники (ОПК-1)
3.1.2	основные технологические методы и приемы получения материалов с заданными свойствами (ПКВ-2)
3.2	Уметь:
3.2.1	ориентироваться в многообразии современных технологических методов (ОПК-7, ПКВ-2)
3.2.2	определять оптимальные режимы отдельных технологических операций (ПКВ-2)
3.3	Владеть:
3.3.1	представлениями о тенденциях развития технологии материалов электронной и микроэлектронной техники, материалов нанoeлектроники (ОПК-7, ПКВ-2)
3.3.2	навыками исследования основных характеристик материалов электронной техники (ОПК-5)

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	Общая характеристика технологии материалов электронной техники	5	1 - 2	8	-	-	8	16
2	Технология процессов переработки сырьевых материалов	5	3 - 5	6	6	-	10	22
3	Процессы затвердевания в технологии материалов электронной техники	5	6 - 8	4	4	4	4	16
4	Процессы легирования полупроводниковых материалов	5	8 - 10	6	2	-	6	14
5	Технология получения монокристаллических материалов	5	10 - 14	12	6	4	14	36
6	Технология получения важнейших материалов электронной техники	5	15 - 18	-	18	10	12	40
Итого				36	36	18	54	144

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
1.Общая характеристика технологии материалов электронной техники		8	
1	Введение. Задачи дисциплины, обобщенная характеристика ее разделов и связь с другими дисциплинами. Краткая характеристика физико-химических основ, определяющих процессы технологии полупроводниковых материалов. Место и последовательность операций в технологическом цикле. Связь структуры цикла с содержанием дисциплины. <i>Самостоятельное изучение:</i> Основные тенденции развития технологии материалов электронной техники.	2	
1	Понятие о технологическом процессе. Классификация процессов технологии материалов электронной техники	2	
2	Процессы теплопередачи. Процессы массопередачи. Процессы переноса в неоднородных средах.	2	
2	Представление теории пограничного слоя. Стимулирование процессов переноса. Кинетика технологических процессов. <i>Самостоятельное изучение:</i> Естественно конвективные процессы.	2	
2. Технология процессов переработки сырьевых материалов		6	
3	Процессы измельчения, разделения и очистки веществ, общая характеристика чистоты веществ. Характеристика процессов разделения и очистки. Коэффициенты разделения и распределения.	2	
3	Сорбционные процессы. Процессы перегонки через газовую фазу. <i>Самостоятельное изучение:</i> Закон Рауля. Идеальные и реальные растворы.	2	
4	Процессы жидкостной экстракции. Кристаллизационные процессы.	2	
3. Процессы затвердевания в технологии материалов электронной техники		4	
6	Кристаллизация. Условия образования моно- и поликристаллических материалов. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Ориентированная кристаллизация.	2	
8	Стеклование. Механизм и кинетика роста кристаллов. Классификация видов эпитаксии и механизмы эпитаксиального роста.	2	
4. Процессы легирования полупроводниковых материалов		6	
8	Физико-химические основы легирования. Простое и сложное легирование. Легирование материалов в твердой фазе.	2	
9	Радиационное легирование. Легирование материалов в процессе получения из жидкой фазы. Легирование лигатурой. <i>Самостоятельное изучение:</i> Радиационное легирование Ge, соединений A^3B^5	2	
10	Концентрационное переохлаждение. Коэффициент распре-	2	

	деления на фронте кристаллизации, эффект грани, канальная неоднородность		
5. Технология получения монокристаллических материалов		12	
10	Получение монокристаллических материалов из твердой фазы, из жидкой фазы. Направленная кристаллизация. Метод Бриджмена.	2	
11	Выращивание кристаллов методом Чохральского. Методы зонной плавки.	2	
12	Методы получения однородно-легированных монокристаллов. Причины возникновения неоднородностей распределения примесей в кристаллах и методы борьбы с ними. Понятие о выходе годного материала.	2	
13	Получение однородно-легированных кристаллов направленной кристаллизацией и зонной плавкой.	2	
13	Методы выращивания кристаллов из жидких растворов. Жидкофазная эпитаксия. Молекулярно-лучевая эпитаксия.	2	
14	Методы выращивания кристаллов и эпитаксиальных слоев из газовой фазы. Выращивание методом сублимация – конденсация. Выращивание химическим осаждением из газовой фазы. <i>Самостоятельное изучение.</i> Получение профильных кристаллов. Метод Степанова.	2	
Итого часов		36	

4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
2. Технология процессов переработки сырьевых материалов		6		
4	Равновесный и эффективный коэффициенты распределения примеси	2		
5	Расчет распределения примеси по длине кристалла при направленной кристаллизации и при зонной плавке.	2		
5	Контрольная работа	2		Конт. раб.
3. Процессы затвердевания в технологии материалов электронной техники		4		
6	Расчет скорости гомогенного зародышеобразования.	2		
7	Расчет скорости гетерогенного зародышеобразования. Влияние подложки	2		
4. Процессы легирования полупроводниковых материалов		2		
9	Расчет лигатуры при простом и сложном легировании	2		
5. Технология получения монокристаллических материалов		6		
11	Влияние технологических факторов на диаметр кристаллов, выращенных методом Чохральского. Автоматический контроль и стабилизация диаметра вы-	2		Контр. работа

	рациваемых кристаллов. Контрольная работа			
12	Выращивание однородно-легированных кристаллов путем подпитки расплава и методом программирования кристаллизационного процесса	2		
14	Тестирование. Зачетное занятие.	2		Зачет
6. Технология получения важнейших материалов электронной техники		18		
14	Технология получения монокристаллов германия, маркировка	2		
15	Технология получения монокристаллов кремния	2		
15	Эпитаксия кремния. Маркировка кремния, эпитруктур	2		
16	Технология получения монокристаллов соединений A^3B^5 , маркировка	2		
16	Макро- и микродефекты кристаллов, выращенных из расплава	2		
17	Дефекты эпитаксиальных пленок	2		
17	Технология получения некристаллических материалов. Методы получения аморфного кремния и других материалов. <i>Самостоятельное изучение:</i> Технология получения керамики, стекол	2		
18	Тестирование.	2		
18	Зачетное занятие.	2		зачет
Итого		36		

4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
3. Процессы затвердевания в технологии материалов электронной техники		4		
4	Определение ориентации монокристаллических слитков кремния оптическим методом	4		отчет
5. Технология получения монокристаллических материалов		4		
8	Измерение плотности дислокаций в германии и кремнии	4		отчет
6. Технология получения важнейших материалов электронной техники		10		
12	Структурные дефекты в эпитаксиальных пленках кремния и определение толщины эпитаксиального слоя методом шарового шлифа и по дефектам упаковки	5		отчет
16	Изучение геттерирования точечных дефектов в малодислакационном кремнии	5		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. Самостоятельное изучение материала	Проверка конспекта	4
2	Самостоятельное изучение материала	Проверка конспекта	4
3	Работа с конспектом лекций, с учебником. Самостоятельное изучение материала	Проверка конспекта	4
4	Подготовка к лабораторным работам		2
5	Подготовка к контрольной работе	Контрольная работа	4
6	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
7	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
8	Подготовка к лабораторным работам	Проверка отчета	2
9	Самостоятельное изучение материала	Проверка конспекта	2
10	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
11	Подготовка к контрольной работе	Контрольная работа	4
12	Подготовка к лабораторным работам	Проверка отчета	2
13	Работа с конспектом лекций, с учебником	Проверка конспекта	4
14	Подготовка к тестированию.	Тестирование	4
15	Самостоятельное изучение материала		2
16	Подготовка к лабораторным работам	Проверка отчета	2
17	Самостоятельное изучение материала	Проверка конспекта	2
18	Подготовка к тестированию, зачету	Тестирование, зачет	6
ИТОГО:			54

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Лекции: информационные лекции, лекции-визуализации, проблемные лекции
5.2	Практические занятия: а) совместное обсуждение вопросов лекций, домашних заданий, решение творческих задач б) проведение контрольных работ;
5.3	Лабораторные работы: – выполнение лабораторных работ, – защита выполненных работ;
5.4	Самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала, – подготовка к лекциям, практическим и лабораторным занятиям, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, подготовка к текущему контролю успеваемости, к контрольным работам и тестированию
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; – тестирование; - отчет и защита лабораторных работ
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд включает варианты контрольных работ, вопросы к отчетам по лабораторным работам, билеты к экзаменам. Фонд оценочных средств представлен в учебно-методическом комплексе дисциплины.
6.2	Темы письменных работ
6.2.1	Контрольная работа по теме «Процессы переработки сырьевых материалов»
6.2.2	Контрольная работа по теме «Механизмы роста кристаллов, основы легирования, направленная кристаллизация»

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				
7.1.1.1	Новокрещенова Е.П.	Технология материалов электронной техники. Учебное пособие. Воронеж: ВГТУ	2010 Печат.	1,0
7.1.1.2	Нашельский А.Я.	Технология спецматериалов электронной техники. Учебное пособие. М.: Металлургия	1993 Печат.	0,5
7.1.1.3	Таиров Ю.М., Цветков В.Ф..	Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов. Учебник для вузов. СПб.: Лань	2002 Печат.	0,5
7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Горелик С.С., Дашевский М.Я.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков. М.: Металлургия	1988 Печат.	0,2
7.1.3 Методические разработки				
7.1.3.1	Новокрещенова Е.П.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология материалов электронной техники» для студентов специальности 210104 «Микроэлектроника и твердотельная электроника» очной формы обучения (№ 348-2010).	2010 Печат.	1,0

7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы	
7.1.4.1	Мультимедийные видеофрагменты:

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Учебные лаборатории: 213/4
8.2	Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами и проекторами
8.3	Натурные лекционные демонстрации: образцов полупроводниковых материалов, подложек и др.
8.4	Плакаты и наглядные пособия из фонда кафедры ППЭНЭ

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой
по дисциплине «Технология материалов электронной техники»**

1. Основная литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
1.1	Новокрещенова Е.П.	Технология материалов электронной техники. Учебное пособие. Воронеж: ВГТУ	2010 Печат.	1,0
1.2	Александров С.Е., Греков Ф.Ф.	Технология полупроводниковых материалов. СПб.: Лань. ЭБС	2012 Электр.	1,0
2. Дополнительная литература				
2.1	Горелик С.С., Дашевский М.Я.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков. М.: Металлургия	1988 Печат.	0,2
2.2	Нашельский А.Я..	Технология спецматериалов электронной техники. Учебное пособие. М.: Металлургия	1993 Печат.	0,5
2.3	Таиров Ю.М., Цветков В.Ф..	Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов. Учебник для вузов. СПб.: Лань	2002 Печат.	0,5
3 Методические разработки				
3.1	Новокрещенова Е.П.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология материалов электронной техники» для студентов специальности 210104 «Микроэлектроника и твердотельная электроника» очной формы обучения (№ 348-2010).	2010 Печат.	1,0

Зав. кафедрой _____ Рембеза С.И.

Директор НТБ _____ Буковшина Т.И.

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета факультета радиотехники и электроники

(подпись) Небольсин В.А.

_____ 201__ г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД

Технология материалов электронной техники

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

Порядко- вый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (за- менить, аннулиро- вать, добавить)	Номер и дата при- каза об изменении	Фамилия и инициа- лы, подпись лица, внесшего изменение	Дата внесе- ния измене- ния