

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  Небольсин В.А.

«30» августа 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Технология изделий электроники и нанoeлектроники»

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

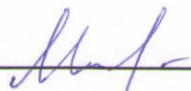
Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года


Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017


Автор программы

 / Т.Г. Меньшикова /

Заведующий кафедрой
Полупроводниковой элек-
троники и нанoeлектроники

 / С. И Рембеза /

Руководитель ОПОП

 / С.И Рембеза /

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели дисциплины изучение закономерностей протекания основных технологических операций, применяемых при изготовлении материалов и изделий электроники и нанoeлектроники. Изучение расчетных и экспериментальных методов определения режимов технологических операций. Изучение принципов действия основных элементов вакуумного оборудования и технологических устройств. Формирование навыков работы на технологическом оборудовании. Изучение типовых технологических процессов изготовления изделий электроники и нанoeлектроники

1.2 Задачи освоения дисциплины свободное ориентирование студентов в основных технологических операциях производства полупроводниковых приборов микро и нанoeлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина (модуль) «Технология изделий электроники и нанoeлектроники» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б.1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы технологии электронной компонентной базы» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.

ПКВ-2 Готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства микроэлектронных приборов и устройств твердотельной электроники.

ПКВ-3 способность идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере физики, проектирования, технологии изготовления и применения микроэлектронных приборов и устройств.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать современные программные продукты, используемые при моделировании технологических процессов при производстве микроэлектронной продукции.

	Уметь использовать для выполнения отдельных операций автоматизированное технологическое оборудование.
	владеть представлениями о перспективах и тенденциях развития технологии изделий электроники и наноэлектроники.
ПКВ-2-	Знать перспективные технологии производства изделий твердотельной электроники
	Уметь определять дефекты в паяных соединениях «кристалл-корпус» полупроводниковых приборов по рентгенограммам
	Владеть навыками выполнения сборки и монтажа микросборок, полупроводниковых приборов в соответствии с технической документацией.
ПКВ-3	Знать основные технологические методы, применяемые при изготовлении материалов и изделий электроники и наноэлектроники
	Уметь адаптировать полученные новые знания для оптимизации технологического процесса.
	владеть навыками поиска необходимой информации в современной научной литературе.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Основы технологии электронной компонентной базы» составляет 5 зачетных(е) единиц(ы).

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		4	5	6	7
Аудиторные занятия (всего)	54				54
В том числе:					
Лекции	36				36
Практические занятия (ПЗ)					
Лабораторные работы (ЛР)	18				18
Самостоятельная работа	90				90
Контроль	36				36
Курсовой проект (работа) (есть, нет)	+				+
Контрольная работа (есть, нет)					
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)	зачет				зачет
Общая трудоемкость	час	180			180
	зач. ед.	5			5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные тенденции развития микро- и нанoeлектроники России и за рубежом	Вводные понятия. Исторический экскурс. Полупроводниковые приборы. Гибридные интегральные схемы. Полупроводниковые интегральные схемы. Переход к низкоразмерным системам	4		9	16
2	Материалы микро- и нанoeлектроники	Строение и свойства материалов микроэлектроники. Полупроводники и их свойства. Полупроводниковые структуры. Предпосылки перехода от микро- к нанoeлектронике. Определения мезоскопических структур, систем пониженной размерности, наночастиц, нанотехнологий, квантоворазмерных структур, сложных (бинарных, третичных и т.д.) полупроводниковых монокристаллических материалов, гетероструктур и гетеропереходов, сверхрешеток, нанотрубок, магнитных мультислоёв, нитевидных нанокристаллов.	4	4	9	16
3	Технологические основы микро- и нанoeлектроники	Получение электронно-дырочных структур методом диффузии. Механизмы диффузии в полупроводниковых материалах. Математическая теория диффузии. Принцип легирования методом внедрения ионов в твердое тело. Основные принципы и характеристики процесса ионного легирования. Методы изготовления маскирующих и изолирующих пленок. Минимальный топологический размер – основной показатель уровня	4		9	16

		технологии. Локальное анодное окисление.				
4	Возможности, ограничения и перспективы развития литографических, плазменных и плазмохимических процессов производства	Основные цели и задачи литографических процессов. Фоторезисты и их свойства. Фотолитография и основные этапы ее проведения. Физические и технологические ограничения фотолитографии. Основы УФ-, рентгено-, электроно- и ионолитографии, их возможности и проблемы. Взаимодействие энергетических ионов с материалами. Физико-химические процессы в низкотемпературной газоразрядной плазме. Процессы травления и очистки материалов с использованием НГП. Основы ионного травления, плазмохимического травления и ионно-химического травления материалов. Перспективы использования методов в технологиях производства электронной компонентной базы. Нанолитография: электронно-лучевая фотография (ЭЛЛ), ионно-лучевая литография (ИЛЛ), нанопечать, перьевая нанолитография; саморегулирующиеся процессы: самосборка, самоорганизация на поверхности материала и в объеме.	4		9	16
5	Эпитаксия. Физические явления в гетероструктурах и приборные применения гетероструктур	Физические основы методов эпитаксиального выращивания пленок. Контроль качества эпитаксиальных пленок. Эпитаксиальные методы получения наноструктур. Методы молекулярно-пучковой эпитаксии, эпитаксии из металлорганических соединений (металлорганическая газофазная эпитаксия) и жидкостной эпитаксии – как технологические подходы получения гетероструктур. Две концептуальные парадигмы получения наноустройств – «сверху-вниз» и «снизу-вверх» (по работам Р. Феймана и Э.	4		9	16

		Дрекслера), механизмы роста гетероструктур в нанoeлектронике (островковый, послойный и промежуточный); стадии ростового процесса; фасетирование растущей полупроводниковой пленки; учет поверхностной энергии при формировании устройств нанoeлектроники				
6	Получение пленок методами термовакuumного испарения и ионно-плазменного распыления	Термическое вакуумное напыление. Распыление материалов ионной бомбардировкой. Катодное, ионно-плазменное, высокочастотное, магнетронное распыление. Многослойные контактные системы. Плоские и объемные выводы, методы их формирования. Методы контроля качества омических контактов, пути повышения надежности контактных систем.	4	5	9	16
7	Микроминиатюризация изделий микроэлектроники и нанoeлектроники	Физическое масштабирование полупроводниковых структур. Физические и параметрические ограничения при масштабировании элементов интегральных схем. Объекты нанoeлектроники. Пространственные масштабы нанoeлектроники. Общая структура нанoeлектронных приборов. Электронные устройства на наноструктурах.	4		9	16
8	Методы получения устройств нанoeлектроники	Методы получения наночастиц и наноматериалов: - химические методы; - высокочастотный индукционный нагрев; - импульсные лазерные методы; - термолиз и катализ. Электронные устройства на наноструктурах: - квантовый интерференционный транзистор; - одноэлектронный транзистор; - транзистор на горячих электронах; - туннельно-резонансный диод и транзистор.	2		9	14

9	Технологический процесс сборки полупроводниковых ИМС	Термокомпрессионная сварка. Ультразвуковая сварка. Микроконтактная сварка. Выбор материала для формирования выводов. Способы и технологии формирования шариковых/столбиковых выводов на кристаллах/корпусах для сборки методом «flip-chip». Оборудование для формирования выводов. Конструкции корпусов. Материалы, используемые для изготовления корпусов: керамика, пластмасса, металл. Защита кристаллов от внешнего воздействия. Бескорпусная и корпусная герметизация.	4	5	9	14
10	Выходной контроль сборочных операций	Электро-термотренировка. Контроль электрических параметров полупроводниковых приборов. Методы контроля герметичности корпусов.	2	4	9	13
Итого			36	16	90	153

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Анализ параметров АСМ-изображения.
2. Плазмохимическое травление кремния и оксида кремния
3. Микросборка ИМС
4. Измерение электрических характеристик полупроводниковых изделий

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. Расчет скорости роста эпитаксиального слоя кремния из парогазовой фазы.
2. Расчет распределения легирующей примеси при ее диффузии в полупроводниковую пластину и временной зависимости положения р-п перехода.
3. Расчет скорости роста и толщины эпитаксиального слоя при выращивании из раствора-расплава.
4. Расчет энергетических потерь ускоренных ионов в аморфном твердом теле.
5. Расчет среднего полного пробега ускоренных ионов в аморфном твердом теле.
6. Расчет среднего нормального пробега и страгглинга нормального пробега ускоренных ионов в аморфном твердом теле.
7. Расчет распределения ионно-имплантированных примесей в однородной мишени в приближении двух параметров.
8. Разрешающая способность, погрешности, искажения и артефакты в сканирующей зондовой микроскопии.
9. Контактное и бесконтактное формирование нанорельефа поверхности подложек.

10. Модификация свойств среды в зазоре между проводящим зондом и подложкой.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	Знать современные программные продукты, используемые при моделировании технологических процессов при производстве микроэлектронной продукции.	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь использовать для выполнения отдельных операций автоматизированное технологическое оборудование.	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть представлениями о перспективах и тенденциях развития технологии изделий электроники и наноэлектроники.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПКВ-2-	Знать перспективные технологии производства изделий твердотельной электроники	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь определять дефекты в паяных соединениях «кристалл-корпус» полупроводниковых приборов по рентгенограммам	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками выполнения сборки и монтажа микросборок, полупроводниковых	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	приборов в соответствии с технической документацией.	по разработке курсового проекта	й в рабочих программах	ый в рабочих программах
ПКВ-3	Знать основные технологические методы, применяемые при изготовлении материалов и изделий электроники и наноэлектроники	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь адаптировать полученные новые знания для оптимизации технологического процесса.	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками поиска необходимой информации в современной научной литературе.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-1	Знать современные программные продукты, используемые при моделировании технологических процессов при производстве микроэлектронной продукции.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь использовать для выполнения отдельных операций автоматизированное технологическое оборудование.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть представлениями о перспективах и тенденциях развития технологии изделий электроники и нанoeлектроники.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
ПКВ-2-	Знать перспективные технологии производства изделий твердотельной электроники	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь определять дефекты в паяных соединениях «кристалл-корпус» полупроводниковых приборов по рентгенограммам	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Владеть навыками выполнения сборки и монтажа микросборок, полупроводниковых приборов в соответствии с технической документацией.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
ПКВ-3	Знать основные технологические методы, применяемые при изготовлении материалов и изделий	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	электроники и нанoeлектроники					
	Уметь адаптировать полученные новые знания для оптимизации технологического процесса.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть навыками поиска необходимой информации в современной научной литературе.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию **7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Что называют проецированным пробегом ионов в твердом теле?

- а) полный путь иона;
- б) проекция полного пути на направление первоначального движения иона (направление x);
- в) проекция пути на направление y .

2. Где расположен максимум гауссианы распределения примеси при ионной имплантации?

- а) на поверхности;
- б) на глубине R_p ;
- в) на глубине $2 R_p$.

3. Как изменяется глубина залегания p-n перехода с увеличением энергии внедряемых ионов:

- а) возрастает;
- б) не изменяется;
- в) уменьшается.

4. Как изменяется глубина залегания p-n перехода с увеличением исходной концентрации внедряемой в полупроводник примеси:

- а) не изменяется;
- б) возрастает;
- в) уменьшается.

5. Чем отличается пробег ионов в монокристаллических мишенях от аналогичного пробега в аморфных:

- а) не отличается;
- б) больше;
- в) меньше.

6. Сравните глубину залегания р-п перехода в монокристаллической подложке по сравнению с аморфной:

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) не изменяется.

7. Как при низкотемпературном отжиге радиационных дефектов изменяется глубина залегания р-п перехода:

- а) не изменяется;
- б) увеличивается;
- в) уменьшается.

8. Как при высокотемпературном отжиге радиационных дефектов изменяется глубина залегания р-п перехода:

- а) не изменяется;
- б) увеличивается;
- в) уменьшается.

9. Рассеяние электронов в резисте приводит к изменению размера электронного луча:

- а) увеличивает;
- б) уменьшает;
- в) не изменяет.

10. Технология изготовления полупроводниковых ИС на кремниевой пластине называется:

- а) планарной;
- б) гибридной;
- в) тонкопленочной.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Рассчитать и построить графики температурной зависимости коэффициента диффузии в интервале температур от 300К до точки плавления кремния: водорода, лития, железа, меди, галлия, золота, серы, серебра, кислорода;
2. Рассчитать и построить графики температурной зависимости коэффициента диффузии в интервале температур от 300К до точки плавления в германии: лития, меди, серебра, золота, железа, кобальта, висмута, мышьяка;

3. Рассчитать и построить графики температурной зависимости коэффициента диффузии в интервале температур от 300К до точки плавления арсениде галлия: меди, серебра, железа, кобальта, марганца.
4. Рассчитать и построить графики температурной зависимости коэффициента диффузии в интервале температур от 300К до точки плавления в кремнии: фосфора, мышьяка, олова, бора, алюминия, индия, галлия;
5. Рассчитать и построить графики температурной зависимости коэффициента диффузии в интервале температур от 300К до точки плавления в германии: фосфора, мышьяка, олова, бора, алюминия, индия, галлия;
6. Рассчитать и построить графики температурной зависимости коэффициента диффузии в интервале температур от 300К до точки плавления в арсениде галлия: кадмия, германия, мышьяка, серы, селена, галлия.
7. Рассчитать и построить температурную зависимость собственного коэффициента диффузии фосфора в кремнии в интервале температур от 700 до 1200 С
8. Рассчитать и построить температурную зависимость коэффициента диффузии мышьяка $D_{As}(T)$ при низких уровнях легирования в диапазоне 1000-1200 С при концентрациях $10^{17}, 10^{18}, 10^{19}$ см⁻³.
9. Провести сравнительный анализ гистограмм в зависимости от метода обработки АСМ-изображения.
10. Определить характерные размеры АСМ-изображения.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Технологические особенности эпитаксиального наращивания соединений типа АЗВ5 и твердых растворов на их основе.
2. Электронолитография.
3. Напайка. Технология получения паяных соединений.
4. Ленточный монтаж.
5. Структура МОП-транзистора с двойным затвором.
6. Материалы органической электроники
7. Виды корпусов, используемых для герметизации.
8. Плазмохимическая обработка подложек.
9. Использование нитрида кремния и оксидов металлов.
10. Рост эпитаксиальных пленок из газовой фазы.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрен учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Совершенствование подложек для СБИС.
2. Ионно-плазменная обработка подложек.
3. Системы с магнетронным распылением. Контроль качества поверхности.
4. Термическое окисление кремния.
5. Контроль качества защитных пленок.
6. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
7. Технология получения полупроводниковых сверхрешеток.

8. Тенденции развития эпитаксиальной технологии.
9. Контроль качества эпитаксиальных слоев.
10. Рентгенолитография.
11. Нанолитография.
12. Основные принципы и характеристики процесса ионного легирования.
13. Разделение пластин на кристаллы.
14. Монтаж кристалла на основание корпуса.
15. Методы контроля адгезионной прочности пленок с подложной.
16. Наклейка. Проводящие и непроводящие клеи.
17. Виды дефектов паяных соединений и причины их возникновения.
18. Методы присоединения выводов.
19. Способы контроля качества проволочного монтажа.
20. Способы и технологии формирования шариковых/столбиковых выводов на кристаллах/корпусах для сборки методом «flip-chip».
21. Основные технологические методы создания углеродных наноматериалов.
22. Технологические особенности формирования КНИ-транзисторов
23. Резонансно-туннельные диоды.
24. Жидкие кристаллы. Молекулярные сверхпроводники
25. Контроль качества герметизации пластмассовых корпусов.
26. Контроль качества герметизации полых (газонаполненных) корпусов.
27. Бескорпусная герметизация кристалла.
28. Методы контроля герметичности корпусов.
29. Контроль электрических параметров после проведения сборочных операций.
30. Операция электро-термотренировки.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Основные тенденции развития микро- и нанoeлектроники в России и за рубежом	ПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос
2	Материалы микро- и нанoeлектроники	ПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос
3	Технологические основы микро- и нанoeлектроники	ПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос
4	Возможности, ограничения и перспективы развития литографических, плазменных и плазмохимических процессов производства	ПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос

5	Эпитаксия. Физические явления в гетероструктурах и приборные применения гетероструктур	ПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос
6	Получение пленок методами термовакuumного испарения и ионно-плазменного распыления	ПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос
7	Микроминиатюризация изделий микроэлектроники и наноэлектроники	ПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос
8	Методы получения и устройства наноэлектроники	ПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос
9	Технологический процесс сборки полупроводниковых ИМС	ПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос
10	Выходной контроль сборочных операций	ПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос

7.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсового проекта осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения 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	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.	2003 Электр. реурс	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,	Физические методы исследования материалов твердотельной электроники :	2002 Печатный	0,5

	Н.И. Каргин	учеб. - Ставрополь : Северо-Кавказский ГТУ		
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 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

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

<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».

Программное обеспечение кафедры ППЭНЭ

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

Производственные мощности Воронежского завода полупроводниковых приборов Микрон (ВЗПП-М), АО ВЗПП_Сборка, АО Корпорация РИФ;

Учебные лаборатории: 213/4, 214/4 ,212/4

Натурные лекционные демонстрации: демонстрации изделий электроники и микроэлектроники: дискретных приборов, интегральных микросхем; образцов полупроводниковых материалов, подложек микросхем, фотошаблонов и др.
Плакаты и наглядные пособия из фонда кафедры ППЭНЭ

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Технология изделий электроники и нанoeлектроники» читаются лекции, проводятся лабораторные занятия, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные занятия направлены на приобретение практических навыков работы на технологическом оборудовании. Занятия проводятся путем выполнения лабораторных работ на профильных предприятиях.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта. Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента (особенности деятельности студента инвалида и лица с ОВЗ, при наличии таких обучающихся)
<i>Лекция</i>	<i>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.</i>
<i>Лабораторные работы</i>	<i>Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы. Выполнение лабораторной работы на технологическом оборудовании или моделирование технологических процессов с использованием программного обеспечения.</i>

<i>Подготовка к экзамену</i>	<i>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.</i>
------------------------------	---

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	30.08.2018	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
3	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	