

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Энергетики и управления

(наименование факультета)

А.С. Гудим

(подпись, ФИО)

«28» 06 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технологии полупроводников»

Направление подготовки	11.03.04 Электроника и нанoeлектро-ника
Направленность (профиль) образовательной программы	Проектирование электронных устройств
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	6	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Промышленная электроника»

Разработчик рабочей программы:


Заведующий кафедрой, Доцент, Кандидат технических наук



Любушкина Н.Н

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой  
Кафедра «Промышленная электроника»



Любушкина Н.Н.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Технологии полупроводников» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации 927 от 19 сентября 2017 г., и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Проектирование электронных устройств» по направлению подготовки «11.03.04 Электроника и нанoeлектроника».

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 29.007 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ МИКРО- И НАНОРАЗМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ».

Обобщенная трудовая функция: А Разработка принципиальной электрической схемы микроэлектромеханической системы.

НЗ-5 Основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области микросистемной техники, НЗ-6 Физическая основа процессов, протекающих при реализации микросистем.

Задачи дисциплины	– формирование навыков и умений в области основных типов технологических процессов; – изучение современных методов расчета процессов получения полупроводников, материалов и приборов электронной техники; – освоение количественных расчетов технологических процессов.
Основные разделы / темы дисциплины	Физические и физико-химические основы электронной техники Материалы электронной техники и технологии их получения Физические основы приборов электронной техники Технология получения структур микроэлектроники

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Технологии полупроводников» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
ПК-1 Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения	ПК-1.1 Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов ПК-1.2 Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов ПК-1.3 Владеет навыками	Знать технологии полупроводников  Уметь проводить расчеты характеристик электронных приборов  Владеть навыками раз-

	подготовки принципиальных и монтажных электрических схем	работки монтажных электрических схем
--	--	--------------------------------------

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технологии полупроводников» изучается на 3 курсе, 6 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Методы анализа и расчет электронных схем», «Импульсные устройства», «Программные средства разработки электронных схем», «Цифровая обработка сигналов», «Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая) практика)».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Технологии полупроводников», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Источники вторичного электропитания», «Б1.В.ДВ.02.01 Датчики и интерфейсы», «Б1.В.ДВ.02.02 Датчики и устройства сбора информации», «Производственная практика (преддипломная практика)».

Дисциплина «Технологии полупроводников» частично реализуется в форме практической подготовки.

Дисциплина «Технологии полупроводников» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся активной гражданской позиции, уважения к правам и свободам человека, знания правовых основ и законов, воспитание чувства ответственности или умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

### 4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 з.е., 144 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	32
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками), в том числе в форме практической подготовки:	16

<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:	16
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	112
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой	–

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Раздел 1 Физические и физико-химические основы электронной техники</b>				
Основы кристаллографии. Симметрия кристаллов и анизотропия их свойств. Атомные и ионные радиусы. Химическая связь. Соотношение ионных радиусов и структура кристаллов. Типы структур кристаллов. Структура и симметрия идеальных и реальных кристаллов; основные типы дефектов кристаллической структуры. Политипизм и полиморфизм. Термодинамика дефектов кристаллической решетки. Собственные и примесные дефекты в элементарном кристалле; точечные и протяженные дефекты. Температурная зависимость равновесных концентраций дефектов.	1	1		
Влияние дефектов на физические и химические свойства кристаллов – параметры решетки, плотность, пластичность, диффузию, электропроводность, оптические и	1	1		

<p>магнитные свойства, теплопроводность, теплоемкость, коррозионную устойчивость и др. Дефекты, вызванные инородными примесями. Влияние примесей на равновесие собственных дефектов. Физико-химические основы процессов легирования. Изменение валентности примесных ионов. Взаимосвязь ионной и электронной разупорядоченности в кристаллах. Взаимное влияние примесей на их растворимость в кристаллической фазе. Современные методы исследования концентрации и распределения дефектов, вызванных нарушениями стехиометрии кристалла. Взаимодействие дефектов.</p>				
<p>Механизмы диффузии. Элементы математического описания диффузионных процессов. Особенности, диффузии по вакансиям, дислокациям и по поверхности кристаллов. Связь между подвижностью носителей заряда и коэффициентом диффузии. Проявление зависимости: электропроводность – концентрация дефектов – давление-температура. Процессы, контролируемые дефектами при спекании кристаллов. Кинетика гетерогенных процессов и ее методы в технологии получения кристаллов с дефектами. Основные закономерности топохимических реакций. Методы определения кинетических констант. Дифракция в кристаллах и обратная решетка; упругие колебания в кристаллах, оптические и акустические фононы; тепловые свойства кристаллов; модель свободных электронов, основы зонной теории, классификация твердых тел, статистика электронов.</p>	1	1		
<p>Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа</p>				28
<p><b>Раздел 2 Материалы электронной техники и технологии их по-</b></p>				

<b>лучения</b>				
<p>Общая классификация материалов по составу, свойствам и техническому назначению. Физическая природа электропроводности металлов, сплавов, полупроводников, диэлектриков и композиционных материалов; сверхпроводящие металлы и сплавы; характеристика проводящих и резистивных материалов во взаимосвязи с их применением в электронной технике. Элементарные полупроводники. Физико-химические, электрофизические и оптические свойства. Современные методы выращивания монокристаллов элементарных полупроводников. Принципы выращивания структурно-совершенных монокристаллов. Микродефекты в монокристаллах кремния. Механическая, химико-механическая, химическая обработка и очистка поверхности полупроводников.</p>	1	1		
<p>Полупроводниковые соединения <math>A^{III}B^V</math>. Физикохимические, электрофизические и оптические свойства. Синтез и выращивание объемных монокристаллов соединений <math>A^{III}B^V</math> в связи с Р-Т-Х диаграммами. Методы кристаллизации и легирования. Тройные диаграммы состояния <math>A^{III}B^V</math> – примесь. Компенсация и получение полуизолирующих кристаллов. Специфика подготовки подложек различных соединений <math>A^{III}B^V</math>. Влияние кристаллографических ориентаций. Травление жидкостное, расплавное, газовое. Получение широкозонных материалов – нитриды галлия, алюминия, бора. Эпитаксия арсенида галлия, фосфида галлия, арсенида индия, антимонида индия и твердых растворов. Применение соединений <math>A^{III}B^V</math> в СВЧ-технике, оптоэлектронике, квантовой электронике.</p>	1	1		
Полупроводниковые соединения	1	1		

<p><math>A^{II}B^{VI}</math> и <math>A^{IV}B^{VI}</math>. Физико-химические, электрофизические и оптические свойства. Синтез и выращивание монокристаллов соединений с двумя летучими компонентами. Методы выращивания монокристаллов из газовой фазы и из расплава. Эпитаксия соединений. Методы управления стехиометрическим составом. Термообработка. Особенности получения соединений: сульфида кадмия, селенида кадмия, теллурида кадмия, сульфида свинца, твердых растворов. Области применения кристаллов: лазеры, оптические модуляторы, акустоэлектронные приборы, ИК-фотоприемники.</p>				
<p>Применение аморфного кремния в фотоэлектрических преобразователях. Физико-химические, электрофизические и оптические свойства. Понятие о физикохимических механизмах переключения памяти и оптической записи информации в халькогенидных стеклах. Особенности стеклообразования в халькогенидных системах и в оксидных системах. Синтез стеклообразных полупроводников и их свойства. Магнитные материалы. Металлы и сплавы, ферриты, магнитодиэлектрики, магнитные полупроводники, аморфные интерметаллические соединения. Магнитные пленки. Цилиндрические магнитные домены (ЦМД). Методы их получения и контроля. Принцип действия запоминающих устройств на ЦМД.</p>	1	1		
<p>Материалы вакуумной электроники. Требования к чистоте материалов и их газосодержанию. Основные требования, предъявляемые к материалам для получения вакуумплотных соединений. Особенности технологии изготовления корпусов ИС на основе металлов и стекловидных материалов: стекол, ситаллов и композиционных мате-</p>	1	1		



риалов. Материалы оптоэлектроники. Излучательные свойства твердых тел. Излучение света в полупроводниках. Полупроводники с прямой и непрямой запрещенной зоной. Материалы полупроводниковых светодиодов, лазеров и фотоприемников. Активные диэлектрики ( $\text{LiNbO}_3$ , $\text{LiTaO}_3$ , $\text{KTiOPO}_4$ ), их физико-химические и оптико-физические свойства. Их применение в оптоэлектронике. Материалы для изготовления волоконных и планарных оптических волноводов.				
Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа				28
<b>Раздел 3 Физические основы приборов электронной техники</b>				
Свойства p-n перехода. Кинетические явления в полупроводниках. Электро- и теплопроводность полупроводников. Рассеяние носителей заряда. Эффект Холла. Магнетосопротивление. Диффузия носителей и примесей. Невыпрямляющие контакты. Работа выхода. Эмиссия электронов. Термо-ЭДС. Эффект Пельтье. Физические основы работы основных типов полупроводниковых приборов: диодов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров, диодов Ганна. Явления переноса в твердых телах, контактные явления в полупроводниках, контакт металл-полупроводник и металл-диэлектрик-полупроводник (МДП), электронно-дырочный переход, изотипные и анизотипные гетеропереходы; полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, тиристоры, МДП-транзисторы, полевые транзисторы с управляющим переходом.	1	1		
Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях; траектория движения частиц в комбинированных полях. Элек-	1	1		

<p>тровокуумные и газоразрядные приборы: приемно-усилительные лампы, приборы СВЧ, фотоумножители, лучевые приборы, электронно-оптические преобразователи, газоразрядные приборы. Источники излучения. Физические основы работы лазеров. Газовые и твердотельные лазеры. Полупроводниковые светодиоды и лазеры. Классификация и принцип работы. Полупроводниковые лазеры на гетеропереходах. Технология изготовления.</p>				
<p>Оптические волноводы. Принципы каналирования излучения. Волоконные, планарные и канальные волноводы. Основные компоненты систем оптической связи со спектральным уплотнением. Оптические усилители. Интегрально-оптические элементы. Способы управления оптическим излучением. Электрооптические эффекты, фотоупругий эффект, магнитооптический эффект. Принципы нелинейной оптики. Преобразование частоты оптического излучения в волноводных структурах. Пьезоэффект. Основные принципы акустоэлектроники. Принцип работы пьезоэлектрических резонаторов и монолитных пьезоэлектрических фильтров.</p>	1	1		
<p>Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа</p>				28
<p><b>Раздел 4 Технология получения структур микроэлектроники</b></p>				
<p>Методы эпитаксии кремния из газовой фазы. Легирование и автолегирование. Особенности выращивания структур со скрытыми слоями. Газофазная эпитаксия. Хлоридный, хлоридно-гидридный и МОС-гидридный методы. Жидкостная эпитаксия и области ее применения. Механизм кристаллизации из раствора в расплаве Фа-</p>	1	1		

<p>звое равновесие. Равновесная и неравновесная кристаллизация. Коэффициент распределения примесей. Молекулярно-лучевая эпитаксия.</p>				
<p>Структуры для СВЧ-транзисторов, диодов Ганна и Шоттки. Особенности получения тонких слоев с заданной неоднородностью распределения примесей. Структуры со скрытыми слоями. Получение структур с диэлектрическими и поликристаллическими слоями. Получение структур «кремний на изоляторе» (КНИ). Методы формирования КНИ структур. Методы прямого и непрямого сращивания для формирования структур КНИ. Глубокая имплантация ионов кислорода и азота. Расчет требуемых доз и энергий. Отжиг рекристаллизации ионно-имплантированных структур. Дефекты в ионно-имплантированных структурах КНИ. Формирование КНИ-структур методом окисления пористого кремния. Технология получения гетерослоев кремния на сапфире. Особенности получения и электрофизические свойства слоев.</p>	1	1		
<p>Структуры полупроводник-диэлектрик. Методы получения и основные электрофизические свойства структур диэлектрик-германий. Структуры диэлектрик – антимоид индия. Технология получения структур электрохимическим окислением. Электрофизические свойства структур. Основные нестабильности и методы их уменьшения. Структуры диэлектрик-арсенид галлия. Методы получения и электрофизические свойства. Основные трудности изготовления структур. Структуры оптоэлектроники. Технология получения гетероструктур для лазеров и светодиодов. Планарные и канальные оптические волноводы. Особенности получения многослойных структур. Технология по-</p>	1	1		

лучения структур для солнечных батарей.				
Процессы толстопленочной технологии. Приготовление порошков и паст для проводников и резисторов на основе палладия, серебра, золота, рутения, иридия, кадмия. Получение резисторов на основе окислов редких металлов, боридов, карбидов и нитридов. Приготовление порошков и диэлектрических паст на основе титанатов бария, кальция, висмута и др.	1	1		
Процесс ионного распыления материалов. Особенности распыления металлов и диэлектриков. Зависимость коэффициентов распыления различных факторов. Закономерности удаления материала с распыляемой поверхности и особенности их использования в технологических процессах микроэлектронного производства. Моделирование процессов распыления. Применение ионно-плазменных распылительных систем для нанесения и травления материалов. Физикотехнологические основы процессов осаждения пленок и травления материалов. Модели процессов осаждения и травления материалов.	1	1		
Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа				28
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>16</b>	<b>16</b>		<b>112</b>

### 6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Изучение теоретических разделов дисциплины	56
Подготовка к занятиям семинарского типа	56
	112

## **7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

Рамсен, Д. Д. Физико-технические основы бионанотехнологий и наноиндустрии : учебное пособие / Д. Д. Рамсен. - Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2013. - 336 с. - ISBN 978-5-91559-139-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1117905> (дата обращения: 24.06.2021). – Режим доступа: по подписке

Бондаренко, Г. Г. Основы материаловедения : учебник / Г. Г. Бондаренко, Т. А. Кабанова, В. В. Рыбалко ; под ред. Г. Г. Бондаренко. -3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 763 с. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-00101-755-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1201953> (дата обращения: 24.06.2021). – Режим доступа: по подписке.

### **8.2 Дополнительная литература**

Милюков, С.П. Лазеры в микро- и наноэлектронике : учеб. пособие / С.П. Милюков, А.В. Саенко, Ю.В. Клунникова, А.В. Палий ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. - 111 с. - ISBN 978-5-9275-3083-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1039795> (дата обращения: 24.06.2021). – Режим доступа: по подписке.

Шелованова, Г.Н. Современные проблемы микро- и наноэлектроники : учеб. пособие / Г.Н. Шелованова. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. — 128 с. - ISBN978-5-7638-3775-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1032113> (дата обращения: 24.06.2021). – Режим доступа: по подписке.

### **8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Методические указания для студентов по освоению дисциплины приведены в личном кабинете студента в разделе учебно-методическое обеспечение

### **8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

- 1) Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM - <http://www.znanium.com>
- 2) Электронно-библиотечная система IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru>
- 3) Информационно-справочная система «Консультант плюс».

### **8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

- 1) [support.russia@ni.com](mailto:support.russia@ni.com) [russia.ni.com](http://russia.ni.com) National Instruments.
- 2) [ni.com/myrio](http://ni.com/myrio)
- 3) IAR Embedded Workbench® IDE User Guide for Atmel® Corporation's AVR® Microcontrollers <http://netstorage.iar.com/SuppDB/Public/> UPDIN-

## 8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>
NI LabView	Академическая лицензия, договор АЭ44 № 036/51 от 04.02.2015, лицензионный диск № 781851-3599

## 9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### 9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### 9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### 9.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;

- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

#### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

#### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;

- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Отсутствует

### **10.2 Технические и электронные средства обучения**

При проведении занятий используется аудитория, оборудованная проектором (стационарным или переносным) для отображения презентаций. Кроме того, при проведении лекций и практических занятий необходим компьютер с установленным на нем браузером и программным обеспечением для демонстрации презентаций.

#### **Самостоятельная работа.**

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде КнАГУ:

- читальный зал НТБ КнАГУ;
- компьютерные классы (ауд. 211, 213 корпус № 3).

## **11 Иные сведения**

### **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:



- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ****по дисциплине****«Технологии полупроводников»**

Направление подготовки	11.03.04 Электроника и микроэлектроника
Направленность (профиль) образовательной программы	Проектирование электронных устройств
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	6	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Промышленная электроника»

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
ПК-1 Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения	ПК-1.1 Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов ПК-1.2 Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов ПК-1.3 Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем	Знать технологии полупроводников  Уметь проводить расчеты характеристик электронных приборов  Владеть навыками разработки монтажных электрических схем

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Разделы 1-4	ПК-1	Практические задания	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 1-4	ПК-1	Тест	Аргументированность ответов

## 2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
6 семестр <b>Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</b>			
Практическое за-	в течение се-	5 баллов	5 баллов – студент показал отличные

дание 1	местра		<p>навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>0 баллов – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p>
Практическое задание 2	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 3	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 4	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 5	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 6	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 7	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 8	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 9	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 10	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 11	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 12	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 13	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 14	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 15	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 16	в течение семестра	5 баллов	
Тест	в течение семестра	20 баллов	<p>20 баллов – 91-100 % правильных ответов – высокий уровень знаний;</p> <p>15 баллов – 71-90 % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний;</p> <p>10 баллов – 61-70 % правильных ответов – средний уровень знаний;</p> <p>0 баллов – 0-60 % правильных ответов – очень низкий уровень знаний.</p>
<b>ИТОГО:</b>		100 баллов	

**Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:**

0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  
 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  
 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  
 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)

### **3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

#### **3.1 Задания для текущего контроля успеваемости**

##### **ТЕСТ**

##### *Сопоставьте материалы с их проводимостью*

- Электронно-дырочная проводимость
- Примесная проводимость
- Электронная проводимость
- Собственная проводимость

##### *Для получения донорной примеси в кремниевом полупроводнике подойдёт...*

- Мышьяк
- Индий
- Германий
- Йод

##### *При прямом p-n переходе ток обусловлен*

- Движением дырок
- Движением электронов
- Движением электронов в полупроводнике n-типа и движением дырок полупроводнике p-типа
- Движением дырок в полупроводнике n-типа и движением электронов полупроводнике p-типа

##### *Выберите верные утверждения*

- Полупроводниковый диод проводит ток только в одном направлении
- Полупроводниковый диод выпрямляет ток
- В транзисторах есть 3 p-n перехода
- В базе транзистора основными носителями заряда всегда должны быть электроны

##### *Выберите верные утверждения*

- Транзистор способен генерировать электрические колебания
- Ток в эмиттере примерно равен току в коллекторе
- Ток в базе примерно равен току в коллекторе
- В транзисторе есть прямой p-n переход и обратный p-n переход

##### *В pnp-транзисторе...*

- Ток обусловлен только движением электронов
- Ток в базе примерно равен нулю
- Полупроводник n-типа значительно тоньше, чем полупроводники p-типа
- Коллектор значительно тоньше эмиттера

##### *Полупроводники с акцепторными примесями...*

- Называются полупроводниками n-типа

- Обладают преимущественно дырочной проводимостью
  - Проводят ток только в одном направлении
  - Ведут себя как диэлектрики при достаточно низких температурах
- Проводимость полупроводника, которая возникает в результате разрыва собственных ковалентных связей:***
- примесная
  - ковалентная
  - собственная
  - фотопроводимость
- При уменьшении температуры удельная электрическая проводимость полупроводников:***
- уменьшается
  - увеличивается
  - остается без изменений
  - сначала увеличивается, потом уменьшается
- Полупроводниковый диод служит для:***
- увеличения напряжения или тока
  - преобразования переменного тока в постоянный
  - управления внешними устройствами
  - преобразования постоянного тока в переменный
- Фотопроводимость-это:***
- проводимость, вызванная действием примеси
  - проводимость, вызванная действием температуры
  - проводимость, вызванная действием света
  - проводимость, вызванная действием тока
- Простыми полупроводниками называют:***
- полупроводники, основной состав которых образован атомами одного химического элемента
  - проводники, основной состав которых образован атомами одного химического элемента
  - полупроводники, основной состав которых образован атомами двух химических элементов
  - проводники, основной состав которых образован атомами двух химических элементов
- Кроме биполярных транзисторов бывают:***
- луговые транзисторы
  - полевые транзисторы
  - литиевые транзисторы
  - все варианты
- Полупроводниковые приборы, электрическое сопротивление которых изменяется под действием светового потока:***
- фототиристор
  - фототранзистор
  - фотодиод
  - фоторезистор
- Какой полупроводник называется примесным?***
- смесь нескольких различных полупроводников
  - сплав кремния и германия
  - полупроводник, содержащий в небольшой концентрации примесь с валентностью, отличной от валентности основного вещества

- полупроводник, содержащий в концентрации примесь с валентностью, равной валентности основного вещества

*Особый вид аморфного вещества, который обладает механическими свойствами, сходными с механическими свойствами твердых кристаллических веществ:*

- органические
- оксидные
- плазма
- стеклообразные

*Материалы, представляющие собой полициклические низкомолекулярные ароматические соединения:*

- молекулярные кристаллы
- металлоорганические комплексы
- молекулярные комплексы
- пигменты

### **Практические задания**

1. Симметрия кристаллов и анизотропия их свойств.
2. Общая классификация материалов по составу, свойствам и техническому назначению.
3. Элементарные полупроводники
4. Кинетические явления в полупроводниках
5. Методы эпитаксии кремния из газовой фазы.
6. Легирование и автолегирование.
7. Политипизм и полиморфизм.
8. Термодинамика дефектов кристаллической решетки
9. Физико-химические, электрофизические и оптические свойства.
10. Современные методы выращивания монокристаллов элементарных полупроводников
11. Магнетосопротивление.
12. Диффузия носителей и примесей
13. Хлоридный, хлоридно-гидридный и МОС-гидридный методы.
14. Жидкостная эпитаксия и области ее применения.
15. Получение широкозонных материалов – нитриды галлия, алюминия, бора
16. Эпитаксия арсенида галлия, фосфида галлия, арсенида индия, антимонида индия и твердых растворов