

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФРТЭ \_\_\_\_\_ Небольсин В.А.  
«25» февраля 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«Актуальные проблемы современной электроники и  
наноэлектроники»

Направление подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Материалы и устройства функциональной электроники


Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2020

Автор программы

 /Свистова Т.В./

Заведующий кафедрой  
Полупроводниковой  
электроники и  
наноэлектроники

\_\_\_\_\_ /Рембеза С.И./

Руководитель ОПОП

\_\_\_\_\_ /Костюченко А.В /

Воронеж 2020

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

изучение передовых достижений, основных направлений, тенденций, перспектив и проблем развития современной электроники и наноэлектроники;

формирование навыков оценки новизны исследований и разработок, освоения новых методологических подходов к решению профессиональных задач в области электроники и наноэлектроники.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

познакомить обучающихся с физическими основами и принципами построения приборов устройств и систем современной электроники;

дать информацию о принципах действия основных устройств современной электроники и наноэлектроники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.О.04 «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-4 - Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия

ОПК-1 - Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора

ОПК-2 - Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
УК-4	знать основные источники научно-технической информации по проблемам современной электроники и наноэлектроники
	уметь осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы для современных систем электроники и наноэлектроники
	владеть навыками дискуссии в области современной электроники и наноэлектроники, терминологией в области квантовой электроники

ОПК-1	знать тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники;
	уметь предлагать новые области научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению задач в профессиональной сфере деятельности
	владеть современными программными средствами (CAD) моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения
ОПК-2	знать передовой отечественный и зарубежный научный опыт в профессиональной сфере деятельности
	уметь осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы для современных систем электроники и наноэлектроники
	владеть современными программными средствами (CAD) моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	50	50
В том числе:		
Лекции	34	34
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<b>Самостоятельная работа</b>	130	130
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

## 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Роль поверхности в создании устройств микро- и наноэлектроники.	Поверхность и её свойства. Поверхностный потенциал. Поверхностные состояния. Уровни Тамма. <i>Самостоятельно.</i> Быстрые и медленные поверхностные состояния.	4	-	15	19
2	Квантовые основы наноинженерии. Микро- и наноразмерные атомные кластеры в полупроводниках и их свойства	Микрокластеры и их энергетическое состояние. Методы получения и применения структур с атомными кластерами. Напряженные полупроводниковые структуры, их свойства и применение. Квантовая инженерия. Размерное квантование. Квантовые точки. Изготовление гетероструктур с квантовыми точками. Методы исследования самоорганизованных квантовых точек (СКТ). <i>Самостоятельно.</i> Лазеры на самоорганизованных квантовых точках. Сверхрешетки. Многослойные наноструктуры.	8	4	24	36
3	Технологические возможности перспективных видов эпитаксии. Создание интегральных устройств методами литографии.	Технология тонких пленок и многослойных структур. Механизмы эпитаксиального роста тонких пленок. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений. Жидкофазная эпитаксия. Молекулярно-лучевая эпитаксия. <i>Самостоятельно.</i> Традиционная фотолитография и ее проблемы. Электронно-лучевая литография. Рентгеновская литография. Литография высокого разрешения. Методы безмасочной технологии.	4	12	16	32
4	Физическая природа сверхпроводимости.	Понятие сверхпроводимости. Сверхпроводники первого и второго рода. Теория Бардина – Купера – Шриффера. Эффект Джозефсона. Эффект Мейснера. <i>Самостоятельно.</i> Высокотемпературная сверхпроводимость (ВТСП). Методы получения ВТСП пленок. Применение ВТСП материалов.	4	-	15	19
5	Микроволны и их природа.	Физическая природа микроволн. Микроволновая передача и средства связи. Сверхвысокочастотная терапия. Элементная база микроволновых систем. <i>Самостоятельно.</i> Полупроводниковые лазеры. Нанолазеры. Светодиоды. Оптоволоконные кабели.	4	-	20	24
6	Температурная и радиационная стойкость изделий электронной техники	Температурная стойкость и механизмы теплопередачи. Способы теплоотвода. Перспективные жидкие диэлектрики для охлаждения. Криогенная электроника. <i>Самостоятельно.</i> Влияние радиации на параметры электронных устройств.	4	-	20	24
7	Структуры и приборы экстремальной электроники	Структуры «кремний-на-изоляторе» и их преимущества. Технологии изготовления структур КНИ. Структуры КНС, их преимущества и перспективы применения. Карбид кремния – материал для экстремальной электроники. Преимущества и перспективы карбидокремниевой электроники. <i>Самостоятельно.</i> Возможности углерода в решении задач экстремальной электроники. Структуры и приборы экстремальной электроники	6	-	20	26

## 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Исследование фотоприемников на основе наногетероструктур.
2. Термовакуумное напыление металлов
3. Исследование технологии создания гетеролазерной структуры методом жидкостной эпитаксии
4. Исследование технологии создания эпитаксиальных слоев методом газофазной эпитаксии из металлоорганических соединений

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**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
УК-4	знать основные источники научно-технической информации по проблемам современной электроники и нанoeлектроники	Тест  Контрольная работа	Выполнение теста на 40 - 100%  Выполнение контрольной работы на удовлетворительную оценку	В тесте менее 40 % правильных ответов  Выполнение контрольной работы на неудовлетворительную оценку
	уметь осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы для современных систем электроники и нанoeлектроники	Тест  Контрольная работа	Выполнение теста на 40 - 100%  Выполнение контрольной работы на удовлетворительную оценку	В тесте менее 40 % правильных ответов  Выполнение контрольной работы на неудовлетворительную оценку
	владеть навыками дискуссии в области современной электроники и нанoeлектроники,	Тест  Контрольная работа	Выполнение теста на 40 - 100%	В тесте менее 40 % правильных ответов

	терминологией в области квантовой электроники		Выполнение контрольной работы на удовлетворительную оценку	Выполнение контрольной работы на неудовлетворительную оценку
ОПК-1	знать тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники;	Тест	Выполнение теста на 90 - 100%	Выполнение теста на 80- 90%
	уметь предлагать новые области научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению задач в профессиональной сфере деятельности	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах
	владеть современными программными средствами (CAD) моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах
ОПК-2	знать передовой отечественный и зарубежный научный опыт в профессиональной сфере деятельности	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%
	уметь осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы для современных систем электроники и наноэлектроники	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах
	владеть современными программными средствами (CAD) моделирования, оптимального проектирования и	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах

	конструирования приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения			
--	--	--	--	--

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
УК-4	знать основные источники научно-технической информации по проблемам современной электроники и наноэлектроники	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы для современных систем электроники и наноэлектроники	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками дискуссии в области современной электроники и наноэлектроники, терминологией в области квантовой электроники	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-1	знать тенденции и перспективы развития	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, а также смежных областей науки и техники;					
	уметь предлагать новые области научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению задач в профессиональной сфере деятельности	Решение стандартных практически х задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть современными программными средствами (CAD) моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-2	знать передовой отечественный и зарубежный научный опыт в профессиональной сфере деятельности	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы для современных систем электроники и нанoeлектроники	Решение стандартных практически х задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены



	владеть современными программными средствами (CAD) моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
--	--	--	--	---	--	------------------

## **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. Идеальный кристалл – это**

1) кристалл, который имеет конечные размеры, то есть имеется некоторая поверхность раздела «кристалл – внешняя среда», на которой происходит обрыв кристаллической решётки, и всегда содержит различные дефекты внутренней структуры решетки, искажения и неровности на гранях и имеет пониженную симметрию многогранника вследствие специфики условий роста, неоднородности питающей среды, повреждений и деформаций;

2) бесконечный монокристалл, не содержащий примесей или структурных дефектов (вакансий, междоузельных атомов, дислокаций и др.), энергетический спектр, которого имеет зонную структуру: зоны разрешённых значений энергии чередуются с областями запрещённых значений;

3) монокристалл, который имеет конечные размеры, не содержащий примесей или структурных дефектов, энергетический спектр, которого имеет зонную структуру.

2. Принципиальные ограничения для традиционного подхода к управлению свойствами полупроводникового материала заключаются в следующем

1) отсутствие в природе примесей с подходящими свойствами; высокий предел растворимости атомов многих примесей в кристаллической решетке полупроводника; низкая концентрация электрически активных собственных дефектов решетки в легированном материале;

2) отсутствие в природе примесей с подходящими свойствами; низкий предел растворимости атомов многих примесей в кристаллической решетке полупроводника; высокая концентрация электрически активных собственных дефектов решетки в легированном материале;

3) наличие поверхностных состояний, обусловленных примесью в кристаллической решетке, абсорбция атомов и молекул на поверхности полупроводника.

3. Почему широкое развитие нанотехнологий связывают с появлением сканирующего микроскопа?

1) с появлением сканирующего микроскопа началось широкое развитие способов обработки частиц, размеры которых находятся в пределах от одного до ста микрометров;

2) с появлением сканирующего микроскопа началось широкое развитие способов обработки частиц, размеры которых находятся в пределах от одного до ста нанометров;

3) с появлением сканирующего микроскопа началось широкое развитие способов обработки частиц, размеры которых находятся в пределах от ста до тысячи нанометров.

4. Эффект размерного квантования состоит в том, что

1) любая новая научная теория должна включать старую теорию и ее результаты как частный случай;

2) на частицу с электрическим зарядом или магнитным моментом электромагнитное поле влияет даже в тех областях, где напряженность электрического поля и индукция магнитного поля равны нулю, но не равен нулю электромагнитный потенциал;

3) ограничение движения частицы в пространстве в каком-либо направлении стенками потенциальной ямы приводит к квантованию соответствующей компоненты ее кинетической энергии: она перестает изменяться непрерывно, как в классической механике, а принимает только строго определенные дискретные значения.

5. Эпитаксия - это

1) физический метод нанесения покрытий (тонких плёнок) в вакууме, путём конденсации на подложку (изделие, деталь) материала из плазменных потоков, генерируемых на катоде-мишени в катодном пятне вакуумной дуги высокопоточного низковольтного разряда, развивающегося исключительно в парах материала электрода;

2) закономерное нарастание одного кристаллического материала на другом при более низких температурах, то есть ориентированный рост одного кристалла на поверхности другого (подложки);

3) способ введения атомов примесей в поверхностный слой пластины или эпитаксиальной пленки путём бомбардировки его поверхности пучком ионов с высокой энергией.

6. Прозрачная электроника – это

1) область электроники, которая базируется на использовании прозрачных в видимом диапазоне излучения подложек: стекол, кварца,

полимеров и включает в себя как развитие полимерной технологии, позволяющей создавать электронные устройства на одних полимерах, так и развитие гибридных технологий с использованием проводящих прозрачных материалов на основе углеродных нанотрубок, либо прозрачных проводящих оксидных материалов, являющихся неорганическими полупроводниками;

2) область науки и техники, исследующая и применяющая квантовые явления для усиления, генерации и преобразования когерентных электромагнитных волн;

3) область электроники, связанная главным образом с изучением эффектов взаимодействия между электромагнитными волнами оптического диапазона и электронами вещества и охватывающая проблемы создания оптоэлектронных приборов, в которых эти эффекты используются для генерации, передачи, обработки, хранения и отображения информации.

7. Схематическое изображение структуры первого тонкопленочного полевого транзистора (*thin-film transistor*, TFT) приведено на рисунке



### 8. Принцип работы солнечной батареи:

1) структура с *p-n*-переходом освещается светом, поглощенные фотоны генерируют неравновесные электронно-дырочные пары, электроны, генерируемые в *p*-слое вблизи *p-n*-перехода, подходят к *p-n*-переходу и существующим в нем электрическим полем выносятся в *n*-область, избыточные дырки, созданные в *n*-слое, частично переносятся в *p*-слой, *n*-слой приобретает дополнительный отрицательный заряд, а *p*-слой – положительный, снижается первоначальная контактная разность потенциалов между *p*- и *n*-слоями полупроводника, и во внешней цепи появляется напряжение;

2) структура с *p-n*-переходом, включенном в обратном направлении, освещается светом, поглощенные фотоны генерируют неравновесные электронно-дырочные пары, дырки в *n*-области и электроны в *p*-области, носители диффундируют в область *p-n*-перехода, втягиваются его полем и выбрасываются в область, расположенную за переходом, происходит их накопление, одновременно с возрастанием концентрации дырок в *p*-области и электронов в *n*-области возрастает создаваемое ими электрическое поле, противоположное по направлению полю обратного напряжения; потенциальный барьер понижается, обратный ток через *p-n*-переход увеличивается;

3) возникновение электролюминесценции при инжекции неосновных носителей заряда через гомо- или гетеро- *p-n*-переход.

9. Гетеропереход – это

1) сверхрешетка, в которой искусственно создано поле, период которого на порядки превышает период основной решетки

2) контакт двух различных по химическому составу полупроводников, при котором кристаллическая решетка одного материала без нарушения периодичности переходит в решетку другого материала

3) фаза переменного состава, в которых атомы различных элементов расположены в общей кристаллической решётке, тип решетки компонента – растворителя сохраняется, но с иными размерами элементарной ячейки.

10. Эффект размерного квантования (ЭРК) – это

1) явление, связанное с квантованием энергии носителей заряда, движение которых ограничено в одном, двух или трех направлениях;

2) утверждение, что любая новая научная теория должна включать старую теорию и ее результаты как частный случай;

3) квантовое явление, в котором на частицу с электрическим зарядом или магнитным моментом электромагнитное поле влияет даже в тех областях, где напряженность электрического поля и индукция магнитного поля равны нулю, но не равен нулю электромагнитный потенциал.

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1. Сформулируйте основные тенденции развития современной цифровой электроники.

2. Сформулируйте основные тенденции развития современной СВЧ электроники.

3. Сформулируйте основные тенденции развития современной микропроцессорной электроники

4. Какая технология и почему предпочтительна для изготовления печатной платы СВЧ устройства?

5. Какая технология и почему предпочтительна для изготовления печатной платы микроконтроллерного устройства?

6. Какие параметры материалов следует принимать во внимание при выборе решений в области высокочастотной электроники?

7. Какие параметры материалов следует принимать во внимание при выборе решений в области силовой электроники?

8. Как реализуется соединение аналоговой и цифровой цепей общего вывода?

9. Какие технологии электроники и наноэлектроники изменили мир в течение последнего десятилетия?

10. Какие технологии электроники и наноэлектроники развиваются наиболее быстро и почему?

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Твёрдые растворы -

1) это твердотельная периодическая структура, в которой на носители заряда наряду с потенциалом кристаллической решетки действует дополнительный встроенный потенциал;

2) это фазы переменного состава, в которых атомы различных элементов расположены в общей кристаллической решётке, тип решетки компонента – растворителя сохраняется, но с иными размерами элементарной ячейки;

3) это изолированные молекулы аллотропной модификации углерода, или устойчивые многоатомные кластеры углерода, с числом атомов от нескольких десятков и выше.

2. На основе структур кремний на изоляторе (КНИ) могут быть разработаны фотодиоды, чувствительные в

- 1) синей и УФ-области спектра;
- 2) красно-оранжевой области спектра;
- 3) ИК-области спектра.

3. Какие пары материалов позволяют создавать гетерооптоэлектронные приборы:

- 1) Ge–Ge;
- 2) Si–Si;
- 3) GaAs–GaAlAs;
- 4) GaAs–GaAs?

4. В гибридных оптоэлектронных ИС элементы стандартных кремниевых ИС заменяются

- 1) оптронами;
- 2) светодиодами;
- 3) фотодиодами.

5. Материал для пироэлектрических детекторов – это

- 1) кадмий – ртуть – теллур (КРТ) и свинец – олово – теллур (СОТ);
- 2) цирконат-титанат свинца и титанат бария-стронция;
- 3) оксид ванадия.

6. Комбинированные дискретные микрооптические элементы для оптических межсоединений могут быть

- 1) непрерывные, многоуровневые, бинарные;
- 2) с поверхностным рельефом, градиентные;
- 3) с поверхностным рельефом и градиентом коэффициента преломления.

7. Какова скорость распространения электромагнитной волны в световоде, имеющем показатель преломления  $n = 3$ :

- 1) 340 м/с;

- 2)  $3 \cdot 10^8$  м/с;
- 3)  $10^8$  м/с;
- 4)  $10^5$  м/с?

9. Плазмонные волноводы - это волноводы,

- 1) в которых сердцевина волновода в продольном направлении имеет периодическую модуляцию показателя преломления;
- 2) в которых имеется периодическая модуляция показателя преломления в продольном направлении на границе волновода;
- 3) в которых оптический сигнал распространяется не внутри волновода, а по его поверхности в виде поверхностной электромагнитной волны.

9. В каких приборах используется электронная эмиссия нанотрубок:

- 1) в транзисторах;
- 2) в осветительных лампах;
- 3) в дисплеях;
- 4) в фотоприемниках?

10. Жидкие кристаллы холестерического типа - это вещества,

- 1) характеризующиеся ориентацией продольных осей молекул вдоль некоторого направления;
- 2) молекулы которых имеют форму продолговатых пластинок, расположенных параллельно друг другу;
- 3) у которых концы молекул как бы закреплены в плоскостях, перпендикулярных продольным осям молекул.

11. Матрица Live-MOS выполнена на основе

- 1) МОП-технологии, содержит меньшее число соединений для одного пиксела и питается меньшим напряжением, имеет упрощенную передачу регистров и управляющих сигналов, позволяющую получать «живое» изображение при отсутствии перегрева и повышения уровня шумов;
- 2) МОП-технологии, имеет в обрамлении каждого пиксела еще и автоматическую систему настройки времени его экспонирования, что позволяет радикально увеличить фотографическую широту устройства;
- 3) КМОП-технологии, каждый пиксел снабжен усилителем считывания, а выборка сигнала с конкретного пиксела произвольна, как в микросхемах памяти.

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

Не предусмотрено учебным планом

#### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к зачету с оценкой**

1. Роль поверхности в создании устройств микро- и нанoeлектроники.
2. Поверхность и её свойства. Поверхностный потенциал. Уровни Тамма.

3. Поверхностные состояния. Быстрые и медленные поверхностные состояния.
4. Микро- и наноразмерные атомные кластеры в полупроводниках и их свойства.
5. Микрокластеры и их энергетическое состояние.
6. Методы получения и применения структур с атомными кластерами.
7. Межфазные границы и их свойства.
8. Возможность формирования структур с минимальным рассогласованием по параметрам решетки.
9. Напряженные полупроводниковые структуры, их свойства и применение.
10. Технологические возможности перспективных видов эпитаксии.
11. Механизмы эпитаксиального роста тонких пленок.
12. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений.
13. Технология тонких пленок и многослойных структур.
14. Жидкофазная эпитаксия.
15. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
16. Создание интегральных устройств методами литографии.
17. Традиционная фотолитография и ее проблемы.
18. Электронно-лучевая литография.
19. Рентгеновская литография.
20. Литография высокого разрешения.
21. Методы безмасочной технологии.
22. Электронный и ионный луч как инструмент современной технологии.
23. Эффект размерного квантования.
24. Квантовое ограничение.
25. Интерференционные эффекты.
26. Туннелирование.
27. Устройства на основе квантовых эффектов.
28. Низкоразмерные кремниевые среды
29. Формирование низкоразмерного кремния.
30. Структурные модификации пористого кремния.
31. Квантовые точки. Изготовление гетероструктур с квантовыми точками.
32. Методы исследования самоорганизованных квантовых точек (СКТ).  
Лазеры на самоорганизованных квантовых точках.
33. Сверхрешетки.
34. Многослойные наноструктуры. Поверхностные наноструктуры.
35. Углеродные нанотрубки.
36. Сверхпроводимость. Физическая природа сверхпроводимости.
37. Сверхпроводники первого и второго рода.
38. Теория Бардина – Купера – Шриффера.
39. Эффект Джозефсона.
40. Эффект Мейснера.
41. Высокотемпературная сверхпроводимость (ВТСП).
42. Методы получения ВТСП пленок.

43. Применение ВТСП материалов.
44. Микроволны и их природа.
45. Микроволновая передача и средства связи.
46. Элементная база микроволновых систем. Полупроводниковые лазеры. Нанолазеры. Светоизлучающие диоды. Оптоволоконные кабели.
47. Температурная и радиационная стойкость изделий электронной техники.
48. Температурная стойкость и механизмы теплопередачи.
49. Способы теплоотвода.
50. Перспективные жидкие диэлектрики для охлаждения.
51. Криогенная электроника.
52. Влияние радиации на параметры электронных устройств.
53. Структуры «кремний-на-изоляторе» и их преимущества.
54. Технологии изготовления структур КНИ.
55. Структуры КНС, их преимущества и перспективы применения.
56. Карбид кремния – материал для экстремальной электроники.
57. Возможности углерода в решении задач экстремальной электроники.
58. Структуры и приборы экстремальной электроники

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет с оценкой проводится по билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса. Оценка знаний студентов производится по следующему критерию:

- оценка «отлично» выставляется, если на все вопросы даны отличные ответы или 2 вопроса из 3-х оценены на «отлично», а 1 вопрос – на «хорошо»;
- оценка «хорошо» выставляется, если 2 вопроса оценены на «отлично» или «хорошо», а 1 вопрос – на «удовлетворительно»;
- оценка «удовлетворительно» выставляется, если 2 вопроса оценены на «удовлетворительно» или один из вопросов оценен на «неудовлетворительно» при любых оценках на оставшиеся вопросы;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если более 1-го вопроса оценены на «неудовлетворительно».

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Роль поверхности в создании устройств микро- и нанoeлектроники.	УК-4, ОПК-1, ОПК -2	Тест, контрольная работа
2	Квантовые основы наноинженерии. Микро- и наноразмерные атомные кластеры в полупроводниках и их свойства	УК-4, ОПК-1, ОПК -2	Тест, контрольная работа
3	Технологические возможности перспективных	УК-4, ОПК-1, ОПК -2	Тест, контрольная работа



	видов эпитаксии. Создание интегральных устройств методами литографии.		
4	Физическая природа сверхпроводимости.	УК-4, ОПК-1, ОПК -2	Тест, контрольная работа
5	Микроволны и их природа.	УК-4, ОПК-1, ОПК -2	Тест, контрольная работа
6	Температурная и радиационная стойкость изделий электронной техники	УК-4, ОПК-1, ОПК -2	Тест, контрольная работа
7	Структуры и приборы экстремальной электроники	УК-4, ОПК-1, ОПК -2	Тест, контрольная работа

### **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 методики 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 методики 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 методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
<b>8.1.1. Основная литература</b>				
8.1.1.1	Андриевский Р.А.	Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011.	Учеб. пособие, 2011	0,5

8.1.1.2	Старостин В.В.	Материалы и методы нанотехнологии. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011.	Учебник, 2011	1
8.1.1.3	Рыжонков Д.И., Лёвина В.В., Дзидзигури Э.Л.	Наноматериалы. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011..	Учеб. пособие, 2012	0,5
8.1.1.4	Драгунов В.П., Неизвестный И. Г., Гридчин В. А.	Основы наноэлектроники. Новосибирск: НГТУ, 2000.	Учеб. пособие, 2000	1
8.1.1.5	Щука А.А.	Электроника / под ред. А.С.Сигова. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005.	Учеб. пособие, 2005.	0,28
8.1.1.6	Ермаков О. Н.	Мир электроники. Прикладная оптоэлектроника.– М.: Техносфера, 2004.	2004. Печат.	1
<b>8.1.2. Дополнительная литература</b>				
8.1.2.1	Андриевский Р.А., Рагуля А.В.	Наноструктурные материалы. М.: Академия, 2005.	Учеб. пособие, 2005	1
8.1.2.2	Евдокимов А.А.	Получение и исследование наноструктур: лабораторный практикум по нанотехнологиям. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.	Учеб. пособие, 2010	0,5
8.1.2.3	Пул-мл. Ч., Оуэнс Ф.	Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2006.	Учеб. пособие, 2006	1
8.1.2.4	Гусев, А.И. Ремпель, А.А.	Нанокристаллические материалы М.: Физматлит, 2002.	Учеб. пособие, 2002	0,1
<b>8.1.3 Методические разработки</b>				
8.1.3.1	Свистова Т.В.	Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники: лабораторный практикум (учебное пособие) [Электронный ресурс] (2,5 Мб). - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. – 125 с.	Учеб. пособие, 2017	1,0

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

- [http:// www. superconductors. org/](http://www.superconductors.org/)
- <http://www.nanometer.ru>
- <http://www.mikrosystems.ru>

• Системные программные средства: Microsoft Windows XP, Microsoft Vista

Прикладные программные средства: Microsoft Office 2010 Pro, FireFox, Image Analysis

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

9.1	Учебный компьютерный класс, оснащенный компьютерными программами для выполнения расчетов, и рабочими местами для самостоятельной подготовки обучающихся с выходом в Интернет
9.2	Технологическое оборудование
9.3	Контрольно-измерительное оборудование

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

По дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники» читаются лекции, проводятся лабораторные работы.

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

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить 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.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.