МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Полупроводниковая оптоэлектроника

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки (специальность): **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **1, 2**
Семестр: **1, 3**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	1 семестр	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	36	часов
2	Практические занятия	18	34	52	часов
3	Курсовая работа (проект)		16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	36	68	104	часов
5	Из них в интерактивной форме		24	24	часов
6	Самостоятельная работа	36	40	76	часов
7	Всего (без экзамена)	72	108	180	часов
8	Общая трудоемкость	72	108	180	часов
		2.0	3.0	5.0	З.Е

Зачет: 1 семестр
Дифференцированный зачет: 3 семестр
Курсовая работа (проект): 3 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 21334

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 58 от « 8 » 2 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 30 октября 2014 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор каф. ЭП	_____	В. Н. Давыдов

Заведующий обеспечивающей каф.

ЭП	_____	С. М. Шандаров

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ	_____	А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф.

ЭП	_____	С. М. Шандаров

Эксперт:

профессор ТУСУР, кафедра ЭП	_____	Л. Н. Орликов

Согласована на портале № 21334

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины является приобретение студентами знаний по физическим основам функционирования приборов квантовой электроники, оптической микро- и наноэлектроники, об их основных параметрах и характеристиках, условиях применения, а также приобретение навыков решения типовых задач по расчету параметров перечисленных приборов в приложении к научных и прикладным исследованиям и разработкам.

1.2. Задачи дисциплины

– Задачи дисциплины заключаются в следующем:

– - изучение студентами знаний о физических процессах, происходящих в квантовых системах в условиях нарушения термодинамического равновесия, полупроводниковом материале и структурах на его основе, в том числе наноразмерных;

– - изучение принципов работы современных приборов квантовой электроники, опто- и наноэлектроники по генерации, приему и преобразованию оптического излучения;

– - изучение и освоение студентами современных методов описания и анализа электронных и оптических процессов в полупроводниковых гетероструктурах;

– - освоение студентами подходов к решению типовых задач по расчету параметров прибо-ров квантовой электроники и оптоэлектроники.

–

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Полупроводниковая оптоэлектроника» (Б1.В.ОД.3.4) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Интегральная оптоэлектроника, Фоторефрактивная и нелинейная оптика.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач;

– ПК-4 способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** - физическое содержание энергетического спектра квантовых систем и структур, основные параметры, описывающие состояние этих систем и структур, а также физические процессы, приводящие как к неравновесному их состоянию, так и процессы, направленные на достижение равновесного состояния; - типы, архитектуру и физические принципы работы квантовых и оптоэлектронных полупроводниковых приборов для регистрации оптического излучения, его генерации и преобразования на основе кристаллических приборов и гетероструктур;

– **уметь** - предвидеть возможности изменения электрических и оптических свойств квантовых и оптоэлектронных структур за счет введения в их архитектуру дополнительных микро-или наноэлементов, изменения топологии, геометрии или режимов работы; - рассчитывать основные параметры и характеристики источников некогерентного и когерентного излучения, изготовленных из газообразных и твердотельных материалов, а также фотодекторов, и делать вывод о применимости их для решения инженерно-технической задачи; оценивать пригодность материала для изготовления эффективных светодиодов, лазеров и других приборов квантовой электроники и оптоэлектроники;

– **владеть** - способностью к обобщению, анализу и восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения при решении задач создания приборов квантовой электроники и оптоэлектроники; - физическим и математическим аппаратом современной оптической наноэлектрони-ки, ее основными технологическими методами изготовления приборов; - навыками по орга-

Согласована на портале № 21334

низации и проведению экспериментальных исследований приборов квантовой оптики и оптоэлектроники; - навыками и методами проектирования и компьютерного моделирования приборов квантовой электроники и оптоэлектроники в микро- или наноэлектронном исполнении.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		1 семестр	3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	104	36	68
Лекции	36	18	18
Практические занятия	52	18	34
Курсовая работа (проект)	16		16
Из них в интерактивной форме	24		24
Самостоятельная работа (всего)	76	36	40
Проработка лекционного материала	24	10	14
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	52	26	26
Всего (без экзамена)	180	72	108
Общая трудоемкость ч	180	72	108
Зачетные Единицы	5.0	2.0	3.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Курсовая работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1 семестр						
1 Основные понятия теории наносистем	4	4	7	0	15	ПК-1, ПК-4
2 Элементы зонной теории квантовых наносистем	4	6	6	0	16	ПК-1, ПК-4
3 Полупроводниковые квантовые нанострукруры	2	4	4	0	10	ПК-1, ПК-4
4 Полупроводниковые квантовые сверхрешетки	4	2	11	0	17	ПК-1, ПК-4
5 Электрический ток в квантовых нано-структурах и сверхрешетках	4	2	8	0	14	ПК-1, ПК-4

Согласована на портале № 21334

Итого за семестр	18	18	36	0	72	
3 семестр						
6 Оптические свойства квантовых наноструктур	4	6	8	16	18	ПК-1, ПК-4
7 Электронные приборы на основе квантовых наноструктур.	2	10	9		21	ПК-1, ПК-4
8 Оптоэлектронные приборы на основе квантовых наноструктур	6	10	13		29	ПК-1, ПК-4
9 Методы получения квантовых нано-струк-тур и сверхрешеток	4	4	5		13	ПК-1, ПК-4
10 Перспективные наноматериалы полупроводниковой оптоэлектроники	2	4	5		11	ПК-1, ПК-4
Итого за семестр	18	34	40	16	108	
Итого	36	52	76	16	180	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
1 семестр			
1 Основные понятия теории наносистем	Корпускулярно-волновой дуализм и принцип Гейзенберга. Размерные эффекты в твердых телах. Понятие наносистем. Харакерные длины в мезоскопических системах: длина волны де Бройля, длина свободного пробега, длина экрани-рования, длина локализации, длина квантово-механической когерентности. Понятия квантовой ямы, квантовой проволоки, квантовой точки.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
2 Элементы зонной теории квантовых наносистем	Зонная теория Блоха для трехмерных систем. Зонная модель квантовой ямы различной формы: прямоугольной, параболической, треугольной. Плотность состояний в квантовой яме. Зонная модель квантовой проволоки. Плотность состояний в квантовой проволоке. Зонная модель квантовой точки. Плотность состояний в квантовой точке.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
3 Полупроводниковые квантовые наноструктуры	Структуры полевых МОП-транзисторов. Гетеропе-реходы с модулированным легированием. Напря-женные ге-	2	ПК-1, ПК-4

Согласована на портале № 21334

	тероструктуры на снове SiGe. Модулированно-легированные квантовые ямы. Множественные квантовые ямы. Роль упругих напряжений в спектре квантовых объектов. Экситонные эффекты в квантовых ямах.		
	Итого	2	
4 Полупроводниковые квантовые сверхрешетки	Концепция сверхрешеток. Зонная модель сверхре-шетки: модель Кронига-Пенни, приближение сильной связи, зонный спектр и плотность состояний в сверхрешетке. Типы сверхрешеток, особенности структры и свойств.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
5 Электрический ток в квантовых нано-структурах и сверхрешетках	Продольный и поперечный перенос электронов в наноструктурах: механизмы рассеяния, отличия от трехмерных систем. Продольный перенос горячих носителей. Поперечный перенос: резонансное туннелирование, квантовая проводимость, формула Ландауэра, кулоновская блокада.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
3 семестр			
6 Оптические свойства квантовых наноструктур	Оптические свойства квантовых ям и сверхреше-ток. Оптические свойства квантовых точек и нанокристаллов: уширение запрещенной зоны, оптические переходы, повышение силы осцилляторов, уширение спектров. Квантово-размерный эффект Штарка. Лестницы Штарка и осцилляции Блоха в сверхрешетках	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
7 Электронные приборы на основе квантовых наноструктур.	Модуляционно-легиованные полевые транзисторы. Биполярные транзисторы на гетеропереходах. Диоды с резонансным туннелированием. Транзисторы на горячих электронах. Транзисторы с резонансным туннелированием. Одноэлектронные транзисторы.	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
8 Оптоэлектронные приборы на основе квантовых наноструктур	Светодиоды на основе гетероструктур с множственными квантовыми ямами. Лазеры на гетероструктурах и на квантовых точках. Поверхностные лазеры с вертикальным резонатором. Лазеры на напряженных структурах с квантовыми	6	ПК-1

Согласована на портале № 21334

	ямами. Фотодиоды на подзонах квантовых ям. Лавинные фотодетекторы на MQW и сверхрешетках. Модуляторы на квантовых ямах		
	Итого	6	
9 Методы получения квантовых наноструктур и сверхрешеток	Метод молекулярно-лучевой эпитаксии. Локальное окисление металлов и полупроводников. Нанокристаллы на стекле. Синтез в коллоидных системах. Газофазный метод. Самоорганизация квантовых точек. Нанолитографические методы.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
10 Перспективные наноматериалы полупроводниковой оптоэлектроники	Углеродные нанотрубки, фуллерены, пористый кремний, пористый оксид алюминия, биологические наноматериалы: строение, свойства, применение.	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		36	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предшествующие дисциплины										
1 Интегральная оптоэлектроника			+	+						
2 Фоторефрактивная и нелинейная оптика	+	+			+					

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

	Виды занятий	Формы контроля

Согласована на портале № 21334

Компетенции	Лекции	Практические занятия	Курсовая работа (проект)	Самостоятельная работа	
ПК-1	+	+	+	+	Экзамен, Опрос на занятиях, Зачет, Отчет по курсовой работе, Реферат, Дифференцированный зачет
ПК-4	+	+	+	+	Экзамен, Опрос на занятиях, Зачет, Отчет по курсовой работе, Реферат, Дифференцированный зачет

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лекции	Всего
1 семестр			
Работа в команде			0
IT-методы			0
Решение ситуационных задач			0
Итого за семестр:	0	0	0
3 семестр			
Мозговой штурм	16	8	24
Итого за семестр:	16	8	24
Итого	16	8	24

7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
1 семестр			
1 Основные понятия теории наносистем	Копускулярно-волновой дуализм. Решение задач на определение длины волны де Бройля, длины экранирова-	4	ПК-1, ПК-4

Согласована на портале № 21334

	ния, длины свободного пробе-га, длины квантово-механической когерентности. Обсуждение понятия квантовой ямы, квантовой проволоки, квантовой точки.		
	Итого	4	
2 Элементы зонной теории квантовых наносистем	Квантово-механический расчет Блоха энергетического спектра 3D полупроводника. Решение задач на определение энергетического спектра квантовой ямы различной формы (прямоугольной, параболической, треугольной) и его заполнения свободными носителями заряда. Решение задач на определение энергетического спектра квантовой проволоки и его заполнения носителями заряда. Решение задач на вычисление энергетического спектра квантовой точки и его заполнения свободными носителями заряда.	6	ПК-1, ПК-4
	Итого	6	
3 Полупроводниковые квантовые наноструктуры	Решение задач на определение параметров потенциальных барьеров в полевых МОП-транзисторах (Si, GaAs), гетеропереходах с модулированным легированием. Расчет величин тензоров упругих напряжений и деформаций в гетероструктурах SiGe. Расчет потенциального барьера и энергетического спектра в модулиро-ванно-легированных квантовых ямах.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
4 Полупроводниковые квантовые сверхрешетки	Расчет зонного спектра сверхрешеток из AlGaAs/GaAs и InGaN в приближении Кронига-Пенни и сильной связи для различных толщин квантовых ям и барьеров. Сравнение зонных спектров различных свехрешеток.	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
5 Электрический ток в квантовых нано-структурах и сверхрешетках	Решение квантово-механических задач на поперечный перенос горячих носителей заряда в множественных квантовых ямах и сверхрешетках при условиях: надбарьерный перенос, перенос с участием глубокой примеси и резонансного туннелирования.Решение задач на определение величины квантовой проводимости квантовых проволок.Решение задач на вычисление условий реализации кулоновской блокады в квантовой точке.	2	ПК-1, ПК-4

Согласована на портале № 21334

	Итого	2	
Итого за семестр		18	
3 семестр			
6 Оптические свойства квантовых наноструктур	Решение задач на оптические свойства квантовых ям, сверхрешеток, квантовых точек и нанокристаллов: определение оптических переходов в спектре, определение уширения запрещенной зоны. Задачи на квантово-размерный эффект Штарка, лестниц Штарка и на определение параметров осцилляций Блоха в сверхрешетках.	6	ПК-1, ПК-4
	Итого	6	
7 Электронные приборы на основе квантовых наноструктур.	Решение задач на определение параметров модуляционно-легированных полевых транзис-торов, биполярных трапнзисторовы на гетеро-переходах, диодов с резонансным туннелированием, транзисторов на горячих электронах, транзисторов с резонансным туннелированием, одноэлектронных транзисторов.	10	ПК-1, ПК-4
	Итого	10	
8 Оптоэлектронные приборы на основе квантовых наноструктур	Решение задач на определение параметров лазеров на полупроводниковых гетероструктурах, лазеров на полупроводниковых квантовых точках, поверхностных лазеров с вертикальным резонатором, лазеров на напряженных структурах с квантовыми ямами, лазеров на квантовых точках, фотодиодов на подзонах квантовых ям, лавинных фотодетекторов на MQW, сверхрешетках, модуляторов на квантовых ямах.	10	ПК-1, ПК-4
	Итого	10	
9 Методы получения квантовых наноструk-тур и сверхрешеток	Рассмотрение конструкций и возможностей раз-личных технологических приемов изготовления квантовых наноструктур и сверхрешеток. Сравнение различных методов по параметрам изделий.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
10 Перспективные наноматериалы полупроводниковой оптоэлектроники	Детальное рассмотрение строения и сравнение свойств других наноматериалов: углеродные нанотрубки, фуллерены, пористый кремний, пористый оксид алюминия, биологические наноматериалы.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	

Согласована на портале № 21334

Итого за семестр		34	
Итого		52	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
1 семестр				
1 Основные понятия теории наносистем	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПК-4	Опрос на занятиях, Реферат, Экзамен
	Проработка лекционного материала	3		
	Итого	7		
2 Элементы зонной теории квантовых наносистем	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-1, ПК-4	Опрос на занятиях, Реферат
	Итого	6		
3 Полупроводниковые квантовые наноструктуры	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПК-4	Зачет, Опрос на занятиях
	Итого	4		
4 Полупроводниковые квантовые сверхрешетки	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-1, ПК-4	Зачет, Опрос на занятиях, Реферат, Экзамен
	Проработка лекционного материала	5		
	Итого	11		
5 Электрический ток в квантовых наноструктурах и сверхрешетках	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-1, ПК-4	Дифференцированный зачет, Зачет, Опрос на занятиях, Отчет по курсовой работе
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	8		
Итого за семестр		36		
3 семестр				
6 Оптические свойства квантовых наноструктур	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-1, ПК-4	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Отчет по курсовой работе
	Проработка лекционного материала	2		

Согласована на портале № 21334

	Итого	8		
7 Электронные приборы на основе квантовых наноструктур.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	5	ПК-1, ПК-4	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Отчет по курсовой работе
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	9		
8 Оптоэлектронные приборы на основе квантовых наноструктур	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	7	ПК-1, ПК-4	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Отчет по курсовой работе
	Проработка лекционного материала	6		
	Итого	13		
9 Методы получения квантовых наноструктур и сверхрешеток	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПК-4	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	5		
10 Перспективные наноматериалы полупроводниковой оптоэлектроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПК-4	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Отчет по курсовой работе
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	5		
Итого за семестр		40		
Итого		76		

9.1. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

1. - Принцип работы структуры металл - диэлектрик - полупроводник (МДП);
2. - Энергетическая диаграмма МДП - структуры в различных режимах;
3. - Поведение свободных носителей заряда в приповерхностном слое МДП-структуры в режиме инверсии и обогащения.
4. - Формирование зонного спектра твердого тела, возможности управления им.
5. - Понятие метастабильных состояний, времени релаксации.
6. - Коэффициент усиления инверсной средой, свойства оптического резонатора открытого типа.
7. Типы фотопроводимости, ее основные параметры и характеристики.
8. Понятие коэффициента усиления фотопроводимости.
9. Типы фотоэдс. Механизм появления барьерной фотоэдс.
10. Фотодетекторы на основе квантовых ям и сверхрешеток.
11. - Сравнение накопительных возможностей квантовых ям различной формы;
12. - Определение оптимального значения эффективной массы электронов для получения квантовой ямы нужных размеров и нужной накопительной емкости.
13. - Физический смысл основных параметров полупроводниковых гетероструктур;
14. - Численные значения основных параметров полупроводниковых гетероструктур.
15. - Причины возникновения тока в наноструктурах;
16. - Сравнение значений электропроводностей наноструктур различных типов;
17. - Особенности баллистического режима в наноструктурах.

Согласована на портале № 21334

18. - Генераторы когерентного излучения на основе гетероструктур с множественными квантовыми ямами;

19. - Генераторы когерентного излучения на основе квантовых точек;

20. - Фотоприемники на основе квантовых ям.

21. _ Фулерены: электрические и оптические свойства;

22. - Нанотрубки: электрические и оптические свойства.

23. - Метод молекулярно-лучевой эпитаксии: аппаратура, технологические возможности.

9.2. Вопросы на проработку лекционного материала

1. - Расчет длины волны де Бройля для полупроводниковых соединений A3B5;

2. - Сравнение значений длины де Бройля в полупроводниковых соединениях A3B5 и A2B6.

3. - Светодиоды и лазеры на основе квантовых ям и квантовых точек.

4. - Источники некогерентного излучения на основе гетероструктур с множественными квантовыми ямами

5. - Различные типы полупроводниковых квантовых сверхрешеток.

6. - Сравнение энергетическких диаграмм сверхрешеток разных типов.

7. - Электрический ток в квантовых нитях.

10. Курсовая работа (проект)

Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы (проекта) представлены таблице 10.1.

Таблица 10. 1 – Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы (проекта)

Наименование аудиторных занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр		
1. Исследование профиля квантовой ямы в приборах оптоэлектроники и его восстановление Методом емкостного и резистивного профилирования..2. Исследование излучательной способности наноструктур с варьируемым числом квантовых ям.3. Исследование детектирующих свойств множественных квантовых ям и сверхрешеток.4. Исследование фононного спектра светоизлучающей наноструктуры и его связи с оптическими свойствами квантовых ям.5. Исследование флуктуационных свойств квантовых наноструктур и их связь с деградационными свойствами. 6. Исследование структуры квантовых ям в приборах оптоэлектроники методом вольт-амперных характеристик.7. Экспериментальное исследование вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик гетероструктур с множественными квантовыми ямами различных производителей.	16	ПК-1, ПК-4
Итого за семестр	16	

10.1 Темы курсовых работ

Примерная тематика курсовых работ (проектов):

– 1. Исследование профиля квантовой ямы в приборах оптоэлектроники и его восстановление.

– 2. Исследование излучательной способности наноструктур с варьируемым числом квантовых ям.

– 3. Исследование детектирующих свойств множественных квантовых ям и сверхрешеток.

Согласована на портале № 21334

– 4. Исследование фононного спектра светоизлучающей наноструктуры и его связи с оптическими свойствами квантовых ям.

– 5. Исследование флуктуационных свойств квантовых наноструктур и их связь с деградационными свойствами.

– 6. Исследование структуры квантовых ям в приборах оптоэлектроники методом вольт-амперных характеристик.

– 7. Экспериментальное исследование вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик гетероструктун квантовыми ямами различных производителей.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
1 семестр				
Опрос на занятиях	8	8	8	24
Реферат	20	23	33	76
Итого максимум за период	28	31	41	100
Нарастающим итогом	28	59	100	100
3 семестр				
Дифференцированный зачет	8	8	10	26
Опрос на занятиях	8	8	8	24
Отчет по курсовой работе		20	30	50
Итого максимум за период	16	36	48	100
Нарастающим итогом	16	52	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)

Согласована на портале № 21334

5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Физические основы оптоэлектроники: Учебное пособие / Давыдов В. Н. - 2016. 139 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5963, дата обращения: 05.06.2017.
2. Наноэлектроника: Учебное пособие / Сахаров Ю. В., Троян П. Е. - 2010. 88 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/537, дата обращения: 05.06.2017.

12.2. Дополнительная литература

1. Борисенко, Виктор Евгеньевич. Наноэлектроника [Текст] : учебное пособие для вузов / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 224 с. : ил. - (Нанотехнологии). - Библиогр. в конце частей. - ISBN 978-5-94774-914-4 : УДК 621.382-022.532(075.8) (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.)
2. Игнатов, Александр Николаевич. Оптоэлектроника и нанофотоника [Текст] : учебное пособие для вузов / А. Н. Игнатов. - СПб. : Лань, 2011. - 539, [5] с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 526-530. - ISBN 978-5-8114-1136-8 : УДК 621.383(075.8) 621.383-022.532(075.8) (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Давыдов В.Н. Физические основы оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов направлений подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и «Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства» / Давыдов В. Н. - 2016. 92 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5964, дата обращения: 05.06.2017.
2. 2. Щука А.А. Электроника.: Учебное пособие для вузов с задачами к главам и параграфам. Под ред. А.С. Сигова. Санкт - Перербург. - 2006, -799 с. - ISBN 5-94157-461-4. УДК 521.38 (075.8). Кол-во экз.: 3 шт. (наличие в библиотеке ТУСУР - 3 экз.)
3. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства: Методические указания к практическим занятиям / Мягков А. С. - 2012. 53 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2495, дата обращения: 05.06.2017.
4. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства: Методические указания по самостоятельной работе / Мягков А. С. - 2012. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2496, дата обращения: 05.06.2017.
5. Полупроводниковая оптоэлектроника: Методические указания к выполнению курсовой работы для магистров направления подготовки 210100.68 «Электроника и наноэлектроника» / Давыдов В. Н. - 2013. 54 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3563, дата обращения: 05.06.2017.

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

Согласована на портале № 21334

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Образовательный портал ТУСУР, библиотека ТУСУР, интернет, редактор "Microsoft PowerPoint"

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, улица Вершинина, д. 74, 1 этаж, ауд. 110. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1 шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1 шт.; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8 ГГц. -14 шт. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3/Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Windows Server 2008 R2; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft Office Access 2003; VirtualBox 6.2. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 100. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного

Согласована на портале № 21334

аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

Основные методические рекомендации касаются организации и контроля выполнения самостоятельных заданий.

Структура подачи лекционного материала. После выдачи самостоятельных заданий (на лекции) со студентами планируется тема следующей лекции. Среди разнообразия методов подачи материала наибольшая активность студентов наблюдается при применении технологии «интенсивной педагогики» в виде «продвинутой конферентной обзорной лекции», совмещенной с семинаром. Важно на фоне общих учебных заданий найти «изюминку» в каждом задании студента и показать актуальность и перспективы применения решения. Важно показать достижения конкретных выпускников по предложенной тематике.

Практические занятия. Интерес у студента проявляется тогда, когда у него получаются решения предложенных заданий. Их выполнение учитывает возможности и наклонности студента и позволяет предложить творческое развитие отдельных фрагментов задания.

Защита самостоятельной работы. Наибольший импульс к развитию дает научно-техническая конференция, где каждый студент обязан выступить с сообщением о своей работе. При подготовке к нему у студента происходит переоценка деятельности, прирост команды энтузиастов для участия в развитии работ. Это способствует развитию общекультурных профессиональных компетенций, вырабатывает навыки грамотного изложения результатов работы и их защиты перед комиссией.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;

Согласована на портале № 21334

– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

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;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

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

Согласована на портале № 21334

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Полупроводниковая оптоэлектроника

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки (специальность): **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **1, 2**
Семестр: **1, 3**

Учебный план набора 2015 года

Разработчик:
- профессор каф. ЭП В. Н. Давыдов

Зачет: 1 семестр
Дифференцированный зачет: 3 семестр
Курсовая работа (проект): 3 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 21334

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ПК-1	готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	Должен знать - физическое содержание энергетического спектра квантовых систем и структур, основные параметры, описывающие состояние этих систем и структур, а также физические процессы, приводящие как к неравновесному их состоянию, так и процессы, направленные на достижение равновесного состояния; - типы, архитектуру и физические принципы работы квантовых и оптоэлектронных полупроводниковых приборов для регистрации оптического излучения, его генерации и преобразования на основе кристаллических приборов и гетероструктур;; Должен уметь - предвидеть возможности изменения электрических и оптических свойств квантовых и оптоэлектронных структур за счет введения в их архитектуру дополнительных микро-или наноэлементов, изменения топологии, геометрии или режимов работы; - рассчитывать основные параметры и характеристики источников некогерентного и когерентного излучения, изготовленных из газообразных и твердотельных материалов, а также фотодекторов, и делать вывод о применимости их для решения инженерно-технической задачи; оценивать пригодность материала для изготовления эффективных светодиодов, лазеров и других приборов квантовой электроники и оптоэлектроники; ; Должен владеть - способностью к обобщению, анализу и восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения при решении задач создания приборов квантовой электроники и оптоэлектроники; - физическим и математическим аппаратом современной оптической наноэлектрони-ки, ее основными технологическими методами изготовления приборов; - навыками по органи-
ПК-4	способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	

Согласована на портале № 21334

		зации и проведению экспериментальных исследований приборов квантовой оптики и оптоэлектроники; - навыками и методами проектирования и компьютерного моделирования приборов квантовой электроники и оптоэлектроники в микро- или наноэлектронном исполнении. ;

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-1

ПК-1: готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники; - передовой отечественный и зарубежный научный опыт в профессиональной сфере деятельности	предлагать новые области научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению задач в профессиональной сфере деятельности	навыками методологического анализа научного исследования и его результатов
Виды занятий	• Практические занятия; • Лекции;	• Практические занятия; • Лекции;	• Самостоятельная работа; • Интерактивные прак-

Согласована на портале № 21334

	• Самостоятельная работа; • Курсовая работа (проект); • Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции;	• Самостоятельная работа; • Курсовая работа (проект); • Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции;	тические занятия;
Используемые средства оценивания	• Экзамен; • Опрос на занятиях; • Отчет по курсовой работе; • Реферат; • Зачет; • Дифференцированный зачет; • Курсовая работа (проект);	• Экзамен; • Опрос на занятиях; • Отчет по курсовой работе; • Реферат; • Зачет; • Дифференцированный зачет; • Курсовая работа (проект);	• Экзамен; • Отчет по курсовой работе; • Реферат; • Зачет; • Дифференцированный зачет; • Курсовая работа (проект);

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• обладает фактическими и теоретическими и знаниями для выбора теоретических и экспериментальных методов и средств решения сформулированных задач исследования устройств полупроводниковой оптоэлектроники в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости ;	• обладает диапазоном практических умений применять методы научных исследований устройств интегральной оптоэлектроники, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем;	• контролирует работу, проводит оценку современных методов научных исследований устройств полупроводниковой оптоэлектроники, совершенствует действия работы ;
Хорошо (базовый уровень)	• знает факты, принципы, процессы, общие понятия методов научных исследований устройств полупроводниковой оптоэлектроники в пределах изучаемой области ;	• обладает диапазоном практических умений применять методы научных исследований устройств интегральной оптоэлектроники, требуемых для решения определенных проблем в области исследования ;	• берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем современных методов научных исследований устройств полупроводниковой оптоэлектроники ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• обладает базовыми общими знаниями методов научных исследований устройств полупро-	• обладает основными умениями применять методы научных исследований устройств ин-	• применяет современные методы научных исследований устройств полупроводниковой

Согласована на портале № 21334

	водниковой оптоэлектроники ;	тегральной оптоэлектроники, требуемыми для выполнения простых задач ;	оптоэлектроники при прямом наблюдении ;

2.2 Компетенция ПК-4

ПК-4: способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	эффективные методы экспериментальных исследований физических явлений в устройствах полупроводниковой оптоэлектроники	организовать и провести экспериментальные исследования с применением современных средств и методов	способами планирования, подготовки, организации и выполнения научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы, а также методами оформления ее результатов
Виды занятий	• Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Курсовая работа (проект); • Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции;	• Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Курсовая работа (проект); • Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции;	• Самостоятельная работа; • Интерактивные практические занятия;
Используемые средства оценивания	• Экзамен; • Опрос на занятиях; • Отчет по курсовой работе; • Реферат; • Зачет; • Дифференцированный зачет; • Курсовая работа (проект);	• Экзамен; • Опрос на занятиях; • Отчет по курсовой работе; • Реферат; • Зачет; • Дифференцированный зачет; • Курсовая работа (проект);	• Экзамен; • Отчет по курсовой работе; • Реферат; • Зачет; • Дифференцированный зачет; • Курсовая работа (проект);

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• обладает фактическими и теоретическими знаниями для выбора методов и средств организации и проведения	• Может самостоятельно организовать и провести экспериментальные исследования с применением современ-	• контролирует работу, проводит оценку современных методов экспериментальных исследований устройств полу-

Согласована на портале № 21334

	экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств полупроводниковой оптоэлектроники в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости ;	ных средств и методов ;	проводниковой оптоэлектроники;
Хорошо (базовый уровень)	• знает факты, принципы, процессы, общие понятия методов экспериментальных исследований устройств полупроводниковой оптоэлектроники в пределах изучаемой области ;	• обладает диапазоном практических умений применять методы экспериментальных исследований устройств полупроводниковой оптоэлектроники, требуемых для решения определенных проблем в области исследования ;	• берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем современных методов экспериментальных исследований устройств полупроводниковой оптоэлектроники ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• обладает базовыми общими знаниями методов экспериментальных исследований устройств полупроводниковой оптоэлектроники ;	• обладает основными умениями применять методы экспериментальных исследований устройств полупроводниковой оптоэлектроники, требуемыми для выполнения простых задач ;	• применяет современные методы экспериментальных исследований устройств полупроводниковой оптоэлектроники при прямом наблюдении ;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Темы рефератов

– 1. Определение концентраций легирующих примесей для получения полупроводника с собственным типом проводимости.

– 2. Фотопроводимость полупроводника: ее типы и механизмы возникновения, основные параметры. Расчет коэффициента усиления фотопроводимости и методы управления им.

– 3. Фотоэдс в полупроводниках: механизмы ее возникновения, основные типы, методы расчета, базовые параметры.

– 4. Сравнение спектральных характеристик резонаторов закрытого и открытого типов.

– 5. Прохождение оптического излучения через границу раздела двух сред: основные явления, характеристики и параметры.

– 6.Спонтанное и вынужденное излучение атома, коэффициенты Эйнштейна, их физический смысл и природа связи между собой, возможность управления численными значениями параметрами вынужденного излучения и вынужденного поглощения.

– 7. Идеология создания генератора оптического излучения на основе усилителя электромагнитного излучения.

Согласована на портале № 21334

– 8. Виды накачки, свойства накачки в трех- и четырехуровневой схемах. Сравнение их возможностей.

– 9. Принцип работы и и типичные значения параметров генерируемого излучения молекулярных лазеров.

– 10. Принцип работы и типичные значения параметров генерируемого излучения ионных лазеров.

– 11. Принцип работы и типичные значения параметров генерируемого излучения полупроводниковых лазеров

3.2 Зачёт

– - Различные типы полупроводниковых квантовых сверхрешеток.

– - Сравнение энергетическких диаграмм сверхрешеток разных типов.

– - Причины возникновения тока в наноструктурах;

– - Сравнение значений электропроводностей наноструктур различных типов;

– - Особенности баллистического режима в наноструктурах.

– - Принцип работы структуры металл - диэлектрик - полупроводник (МДП);

– - Энергетическая диаграмма МДП - структуры в различных режимах;

– - Поведение свободных носителей заряда в приповерхностном слое МДП-структуры в режиме инверсии и обогащения.

3.3 Темы опросов на занятиях

– - Светодиоды и лазеры на основе квантовых ям и квантовых точек.

– - Источники некогерентного излучения на основе гетероструктур с множественными квантовыми ямами

– - Различные типы полупроводниковых квантовых сверхрешеток.

– - Сравнение энергетическких диаграмм сверхрешеток разных типов.

– - Генераторы когерентного излучения на основе гетероструктур с множественными квантовыми ямами;

– - Генераторы когерентного излучения на основе квантовых точек;

– - Фотоприемники на основе квантовых ям.

– _ Фулерены: электрические и оптические свойства;

– - Нанотрубки: электрические и оптические свойства.

– - Метод молекулярно-лучевой эпитаксии: аппаратура, технологические возможности.

– - Формирование зонного спектра твердого тела, возможности управления им.

– - Понятие метастабильных состояний, времени релаксации.

– - Коэффициент усиления инверсной средой, свойства оптического резонатора открытого типа.

– Типы фотопроводимости, ее основные параметры и характеристики.

– Понятие коэффициента усиления фотопроводимости.

– Типы фотоэдс. Механизм появления барьерной фотоэдс.

– Фотодетекторы на основе квантовых ям и сверхрешеток.

– - Сравнение накопительных возможностей квантовых ям различной формы;

– - Определение оптимального значения эффективной массы электронов для получения квантовой ямы нужных размеров и нужной накопительной емкости.

– - Физический смысл основных параметров полупроводниковых гетероструктур;

– - Численные значения основных параметров полупроводниковых гетероструктур.

– - Причины возникновения тока в наноструктурах;

– - Сравнение значений электропроводностей наноструктур различных типов;

– - Особенности баллистического режима в наноструктурах.

– - Принцип работы структуры металл - диэлектрик - полупроводник (МДП);

– - Энергетическая диаграмма МДП - структуры в различных режимах;

– - Поведение свободных носителей заряда в приповерхностном слое МДП-структуры в

Согласована на портале № 21334

режиме инверсии и обогащения.

3.4 Экзаменационные вопросы

- - Расчет длины волны де Бройля для полупроводниковых соединений A3B5;
- - Сравнение значений длины де Бройля в полупроводниковых соединениях A3B5 и A2B6.
- Типы фотопроводимости, ее основные параметры и характеристики.
- Понятие коэффициента усиления фотопроводимости.
- Типы фотоэдс. Механизм появления барьерной фотоэдс.
- Фотодетекторы на основе квантовых ям и сверхрешеток.

3.5 Вопросы дифференцированного зачета

- - Электрический ток в квантовых нитях.
- - Светодиоды и лазеры на основе квантовых ям и квантовых точек.
- - Источники некогерентного излучения на основе гетероструктур с множественными квантовыми ямами
- - Генераторы когерентного излучения на основе гетероструктур с множественными квантовыми ямами;
- - Генераторы когерентного излучения на основе квантовых точек;
- - Фотоприемники на основе квантовых ям.
- _ Фулерены: электрические и оптические свойства;
- - Нанотрубки: электрические и оптические свойства.
- - Метод молекулярно-лучевой эпитаксии: аппаратура, технологические возможности.
- - Сравнение накопительных возможностей квантовых ям различной формы;
- - Определение оптимального значения эффективной массы электронов для получения квантовой ямы нужных размеров и нужной накопительной емкости.

3.6 Темы курсовых проектов (работ)

- - Электрический ток в квантовых нитях.
- - Светодиоды и лазеры на основе квантовых ям и квантовых точек.
- - Источники некогерентного излучения на основе гетероструктур с множественными квантовыми ямами
- - Генераторы когерентного излучения на основе гетероструктур с множественными квантовыми ямами;
- - Генераторы когерентного излучения на основе квантовых точек;
- - Фотоприемники на основе квантовых ям.

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Физические основы оптоэлектроники: Учебное пособие / Давыдов В. Н. - 2016. 139 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5963, свободный.

2. Наноэлектроника: Учебное пособие / Сахаров Ю. В., Троян П. Е. - 2010. 88 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/537, свободный.

4.2. Дополнительная литература

1. Борисенко, Виктор Евгеньевич. Наноэлектроника [Текст] : учебное пособие для вузов / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 224 с. : ил. - (Нанотехнологии). - Библиогр. в конце частей. - ISBN 978-5-94774-914-4 : УДК 621.382-022.532(075.8) (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.)

2. Игнатов, Александр Николаевич. Оптоэлектроника и нанофотоника [Текст] : учебное

Согласована на портале № 21334

пособие для вузов / А. Н. Игнатов. - СПб. : Лань, 2011. - 539, [5] с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 526-530. - ISBN 978-5-8114-1136-8 : УДК 621.383(075.8) 621.383-022.532(075.8) (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Давыдов В.Н. Физические основы оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов направлений подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и «Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства» / Давыдов В. Н. - 2016. 92 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5964, свободный.
2. 2. Щука А.А. Электроника.: Учебное пособие для вузов с задачами к главам и параграфам. Под ред. А.С. Сигова. Санкт - Перербург. - 2006, -799 с. - ISBN 5-94157-461-4. УДК 521.38 (075.8). Кол-во экз.: 3 шт. (наличие в библиотеке ТУСУР - 3 экз.)
3. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства: Методические указания к практическим занятиям / Мягков А. С. - 2012. 53 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2495, свободный.
4. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства: Методические указания по самостоятельной работе / Мягков А. С. - 2012. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2496, свободный.
5. Полупроводниковая оптоэлектроника: Методические указания к выполнению курсовой работы для магистров направления подготовки 210100.68 «Электроника и наноэлектроника» / Давыдов В. Н. - 2013. 54 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3563, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал ТУСУР, библиотека ТУСУР, интернет, редактор "Microsoft PowerPoint"

Согласована на портале № 21334