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): **Микроэлектроника в информационных и управляющих системах**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФБ, Факультет безопасности**
Кафедра: **МИТУС, кафедра микроэлектроники, информационных технологий и управляющих систем**
Курс: **1**
Семестр: **1**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	1 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Всего аудиторных занятий	36	36	часов
4	Из них в интерактивной форме	24	24	часов
5	Самостоятельная работа	36	36	часов
6	Всего (без экзамена)	72	72	часов
7	Общая трудоемкость	72	72	часов
		2.0	2.0	З.Е

Зачет: 1 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 21502

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 1 от «15» 5 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 №_____.

Разработчики:

профессор каф. ЭП	_____	В. Н. Давыдов
заведующий кафедрой каф. ЭП	_____	С. М. Шандаров

Заведующий обеспечивающей каф. МИТУС	_____	Р. З. Хафизов

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

Декан ФБ	_____	Е. М. Давыдова
Заведующий выпускающей каф. МИТУС	_____	Р. З. Хафизов

Эксперт:

доцент каф. КИБЭВС	_____	А. А. Конев

Согласована на портале № 21502

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

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

–

– – 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 приборов квантовой электроники и оптоэлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Полупроводниковая оптоэлектроника» (Б1.В.ДВ.4.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Интегральная оптоэлектроника.

Последующими дисциплинами являются: 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

Согласована на портале № 21502

и оптоэлектроники; физическим и математическим аппаратом современной оптической наноэлектроники, ее основными технологическими методами изготовления приборов; навыками по организации 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 2.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		1 семестр
Аудиторные занятия (всего)	36	36
Лекции	18	18
Практические занятия	18	18
Из них в интерактивной форме	24	24
Самостоятельная работа (всего)	36	36
Проработка лекционного материала	10	10
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	26	26
Всего (без экзамена)	72	72
Общая трудоемкость ч	72	72
Зачетные Единицы	2.0	2.0

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	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1 семестр					
1 Основные понятия теории наносистем	4	4	7	15	ПК-1, ПК-4
2 Элементы зонной теории квантовых наносистем	4	6	6	16	ПК-1, ПК-4
3 Полупроводниковые квантовые нанострукруры	2	4	4	10	ПК-1, ПК-4
4 Полупроводниковые квантовые сверхрешетки	4	2	11	17	ПК-1, ПК-4
5 Электрический ток в квантовых наноструктурах и сверхрешетках	4	2	8	14	ПК-1, ПК-4
Итого за семестр	18	18	36	72	

Согласована на портале № 21502

Итого	18	18	36	72	

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 ипринцип Гейзенберга. Размерные эффекты в твердых телах. Понятие наносистем. Характерные длины в мезоскопических системах: длина волны де-Бройля, длина свободного пробега,длина экранирования, 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. Плотностьсостояний в квантовой яме. Зонная модель квантовой проволоки. Плотностьсостояний 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. Гетеропереходы с модулированным легированием. Напряженные гетероструктуры на снове SiGe. Модулированно-легированные квантовые ямы.-Множественные квантовые ямы. Рольупругих напряжений в спектре квантовых объектов. Экситонные эффекты вквантовых ямах	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
4 Полупроводниковые квантовые сверхрешетки	Концепция сверхрешеток. Зонная модель сверхрешетки: модель Кронига-Пенни, приближение сильной связи,зонный спектр и плотность состоянийв сверхрешетке. Типы сверхрешеток,особенности структуры и	4	ПК-1, ПК-4

Согласована на портале № 21502

	свойств		
	Итого	4	
5 Электрический ток в квантовых наноструктурах и сверхрешетках	Продольный и поперечный переносэлектронов в наноструктурах: механизмы рассеяния, отличия от трехмерныхсистем. Продольный перенос горячихносителей. Поперечный перенос: резонансное туннелирование, квантоваяпроводимость, формула Ландауэра, кулоновская блокада.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
Итого за семестр		18	

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
Предшествующие дисциплины					
1 Интегральная оптоэлектроника			+	+	
Последующие дисциплины					
1 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

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	
ПК-1	+	+	+	Опрос на занятиях, Реферат
ПК-4	+	+	+	Опрос на занятиях, Реферат

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

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

Согласована на портале № 21502

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

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лекции	Всего
1 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 длиныволны де Бройля, длины экранирования, длины свободного пробега, длины квантово-механической когерентности. Обсуждение понятия квантовойямы, квантовой проволоки, квантовойточки	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
2 Элементы зонной теории квантовых наносистем	Квантово-механический расчет Блохаэнергетического спектра 3D полупроводника. Решение задач на определение энергетического спектра квантовойямы различной формы (прямоугольной, параболической, треугольной) иего заполнения свободными носителя-ми заряда. Решение задач на определение энергетического спектра квантовойпроволоки и его заполнения носителями заряда. Решение задач на вычисление энергетического спектра квантовойточки и его заполнения свободныминосителями 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 тензоровупругих напряжений и деформаций вгетероструктурах SiGe. Расчет	4	ПК-1, ПК-4

Согласована на портале № 21502

	потенциального барьера и энергетического спектра в модулированно-легированных квантовых ямах		
	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 сверхрешеток	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
5 Электрический ток в квантовых наноструктурах 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
	Итого	2	
Итого за семестр		18	

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
	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	Подготовка к практическим занятиям, семина-	4	ПК-1, ПК-4	Опрос на занятиях, Реферат

Согласована на портале № 21502

наноструктуры	рам			
	Итого	4		
4 Полупроводниковые квантовые сверхрешетки	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-1, ПК-4	Опрос на занятиях, Реферат
	Проработка лекционного материала	5		
	Итого	11		
5 Электрический ток в квантовых наноструктурах и сверхрешетках	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-1, ПК-4	Опрос на занятиях, Реферат
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	8		
Итого за семестр		36		
Итого		36		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

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

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.

Согласована на портале № 21502

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

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
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]. - https://edu.tusur.ru/publications/5963
2. Наноэлектроника: Учебное пособие / Сахаров Ю. В., Троян П. Е. - 2010. 88 с. [Электронный ресурс]. - https://edu.tusur.ru/publications/537

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]. - https://edu.tusur.ru/publications/5964
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) (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]. - https://edu.tusur.ru/publications/2495
4. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства: Методические указания по самостоятельной работе / Мягков А. С. - 2012. 15 с. [Электронный ресурс]. - https://edu.tusur.ru/publications/2496
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]. - https://edu.tusur.ru/publications/3563

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.

Согласована на портале № 21502

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.

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

Согласована на портале № 21502

учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного 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.

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;
- 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:

Согласована на портале № 21502

- 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 № 21502

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): **Микроэлектроника в информационных и управляющих системах**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФБ, Факультет безопасности**
Кафедра: **МИТУС, кафедра микроэлектроники, информационных технологий и управляющих систем**
Курс: **1**
Семестр: **1**

Учебный план набора 2016 года

Разработчики:
- профессор каф. ЭП В. Н. Давыдов
- заведующий кафедрой каф. ЭП С. М. Шандаров

Зачет: 1 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 21502

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 наноэлектроники, ее основными технологическими методами изготовления приборов; навыками по организации
ПК-4	способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	

Согласована на портале № 21502

		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	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лек-	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лек-	• Интерактивные практические занятия; • Самостоятельная ра-

Согласована на портале № 21502

	ции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	ции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	бота;
Используемые средства оценивания	• Опрос на занятиях; • Реферат; • Зачет;	• Опрос на занятиях; • Реферат; • Зачет;	• Реферат; • Зачет;

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 полупроводниковой оптоэлектроники;	• обладает основными умениями применять методы научных исследований устройств интегральной оптоэлектроники, требуемыми для выполнения простых задач;	• применяет современные методы научных исследований устройств полупроводниковой 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 пред-

Согласована на портале № 21502

ставлены 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	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Опрос на занятиях; • Реферат; • Зачет;	• Опрос на занятиях; • Реферат; • Зачет;	• Реферат; • Зачет;

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 экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств полупроводниковой оптоэлектроники в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости;	• может самостоятельно организовать и провести экспериментальные исследования с применением современных средств и методов;	• контролирует работу, проводит оценку современных методов экспериментальных исследований устройств полупроводниковой 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 об-	• берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем современных методов экспериментальных исследований

Согласована на портале № 21502

		ласти исследования;	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

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

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

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

– – Сравнение спектральных характеристик резонаторов закрытого и открытого типов.

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

– – 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.

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

3.2 Темы опросов на занятиях

– Корпускулярно-волновой дуализм и

– принцип Гейзенберга. Размерные эффекты в твердых телах. Понятие наносистем. Характерные длины в мезоскопических системах: длина волны де-Бройля, длина свободного пробега,

– длина экранирования, длина локализации, длина квантово-механической когерентности. Понятия квантовой ямы,

– квантовой проволоки, квантовой точки

– 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.

– Структуры полевых МОП-транзисторов. Гетеропереходы с модулированным легированием. Напряженные гетероструктуры на снове SiGe. Модулированно-легированные квантовые ямы.

– Множественные квантовые ямы. Роль

– упругих напряжений в спектре квантовых объектов. Экситонные эффекты в

– квантовых ямах

Согласована на портале № 21502

– Концепция сверхрешеток. Зонная модель сверхрешетки: модель Кронига-Пенни, приближение сильной связи,
– зонный спектр и плотность состояний
– в сверхрешетке. Типы сверхрешеток,
– особенности структуры и свойств
– 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.

3.3 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.

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]. - https://edu.tusur.ru/publications/5963

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

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 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]. - https://edu.tusur.ru/publications/5964

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) (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]. - https://edu.tusur.ru/publications/2495

Согласована на портале № 21502

4. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства: Методические указания по самостоятельной работе / Мягков А. С. - 2012. 15 с. [Электронный ресурс]. - https://edu.tusur.ru/publications/2496

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]. - https://edu.tusur.ru/publications/3563

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

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

Согласована на портале № 21502