МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
(Проректор по учебной работе)
_____ **Л. А. Боков**
«6» 07 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ГЕТЕРОСТРУКТУРНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

Уровень основной образовательной программы магистратура (академическая)

Направления подготовки **11.04.04** «Электроника и наноэлектроника»

Профиль(и) «Твердотельная электроника»

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 1 **Семестр** 1

Учебный план набора 2015 года и последующих лет.

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции	18								18	часов
2.	Лабораторные работы	-								-	часов
3.	Практические занятия	12								12	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)	-								-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)	30								30	часов
6.	Из них в интерактивной форме	12								12	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)	78								78	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)	108								108	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена	-								-	часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)	108								108	часов
	(в зачетных единицах)	3								3	ЗЕ

Зачет 1 семестр

Томск 2015

Согласована на портале № 12225

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 57 от « 2 » 7 2015 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» (квалификация (степень) магистр), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 октября 2014 г.

Рабочая программа учебной дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «2» 07 2015 г., протокол № 57.

Разработчик:
Профессор кафедры ФЭ _____ / Г.И. Айзенштат

Заведующий кафедрой
Профессор кафедры ФЭ _____ / П.Е. Троян

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

Декан ФЭТ _____ / А.И. Воронин

Зав. профилирующей кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

Зав. выпускающей кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

Эксперты:
Председатель методической комиссии факультета ФЭТ _____ / И.А. Чистоедова

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ _____ / И.А. Чистоедова

Согласована на портале № 12225

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Углубленное знакомство с новейшей элементной базой современной электроники, в том числе с конструкциями и технологиями изготовления самых высокочастотных транзисторов и интегральных схем, а также современных приборов оптоэлектроники, созданных на гетероструктурах, а также подготовка к производственной деятельности или научно-исследовательской работе на предприятиях, специализирующихся в области современной микро- и наноэлектроники.

Задача курса подготовить магистров к производственной деятельности или научно-исследовательской работе на предприятиях, специализирующихся в области современной микро- и наноэлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина относится к базовым дисциплинам программы подготовки по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» в соответствии с ФГОС ВО (Б1.В.ОД.3.1).

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: физика полупроводников, материалы и элементы электронной техники, твердотельная электроника, процессы микро- и нанотехнологии, технология арсенид-галлиевой гетероструктурной электроники.

На материалах, изучаемых в данной дисциплине, базируются следующие дисциплины учебного плана, изучаемые позднее: физические основы надежности изделий твердотельной электроники, моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС, приборно-технологическое моделирование.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование у магистрантов следующих компетенций:

– способность использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры (**ОПК-2**);

– способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области (**ОПК-4**);

– способность к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов (**ПК-4**).

3.2. В результате изучения дисциплины магистрант должен:

знать: свойства полупроводниковых материалов группы AIIIBV и особенности гетероструктур на их основе; типы приборных структур и интегральных схем на материалах группы; основные характеристики приборов и схем, отличающие их от приборов на других материалах; основные технологические маршруты, используемые в производстве приборов и ИС для конкретных материалов; основные тенденции развития приборов и схем на изучаемых материалах и тенденции развития технологий;

уметь: осуществлять выбор последовательности технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале;

владеть: навыками расчета основных характеристик гетеробиполярных транзисторов HBT и полевых транзисторов на гетероструктурах (HEMT, PHEMT, MHEMT); навыками разработки базовых технологических маршрутов для создания монолитных интегральных схем на разных приборах.

Согласована на портале № 12225

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет ___3____ зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		1
Аудиторные занятия (всего)	**30**	**30**
В том числе:	-	
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	12	12
Самостоятельная работа (всего)	**78**	**78**
В том числе:	-	
Подготовка к опросам на лекциях	12	12
Подготовка к докладу-презентации	26	26
Подготовка к практическим занятиям	26	26
Подготовка к контрольной работе	14	14
Общая трудоемкость час	**108**	**108**
Зачетные Единицы	**3**	**3**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практические занятия	Самост. работа студента	Всего час	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Полевые гетероструктурные транзисторы и МИС на их основе	6	4	30	40	ОПК-2,4, ПК-4
2.	Гетеробиполярные транзисторы и МИС на их основе	6	4	30	40	ОПК-2,4, ПК-4
3.	Оптоэлектронные приборы на гетероструктурах	6	4	18	28	ОПК-2,4, ПК-4
	ИТОГО	18	12	78	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Полевые гетероструктурные транзисторы и МИС на их основе	Низкоразмерные структуры. Квантовые ямы, квантовые точки, квантовые нити. Понятие гетероперехода. Виды гетеропереходов. Их свойства и применение. Физика работы полевого гетероструктурного транзистора. Основные характеристики HEMT, pHEMT, mHEMT-транзисторов. Характеристики транзисторов в зависимости от материалов гетероструктуры. Конструктивные и технологические особенности транзисторов. СВЧ интегральные схемы на pHEMT и mHEMT.	6	ОПК-2,4, ПК-4
2.	Гетеробиполярные транзисторы и МИС на их основе	Физика работы биполярного гетероструктурного транзистора. Основные характеристики HBT-транзисторов. Характеристики транзисторов в зависимости от материалов гетероструктуры. Конструктивные и технологические особенности транзисторов. СВЧ интегральные схемы на HBT.	6	ОПК-2,4, ПК-4
3.	Оптоэлектронные приборы на гетероструктурах	Светодиоды на гетероструктурах на основе GaAs, GaN. Гетероструктурные лазеры. Солнечные батареи. Детекторы излучений. Конструкции светодиодов из разных материалов. Конструкции солнечных батарей и лазеров. Технологические маршруты создания, конструктивные и технологические особенности оптоэлектронных приборов из разных материалов.	6	ОПК-2,4, ПК-4

Согласована на портале № 12225

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

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин		
		1	2	3
Предшествующие дисциплины				
1.	физика полупроводников	+	-	+
2.	материалы и элементы электронной техники	+	+	+
3.	твердотельная электроника	+	+	+
4.	процессы микро- и нанотехнологии	+	+	+
5	технология арсенид-галлиевой гетероструктурной электроники	+	+	+
Последующие дисциплины				
1	физические основы надежности изделий твердотельной электроники	+	+	+
2	проектирование и технология электронной компонентной базы	+	+	-
3	моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС	+	+	+

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

Перечень компетенций	Виды занятий			Формы контроля
	Л	Пр.	СРС	
ОПК-2	+	+	+	Опрос на лекциях. Отчет по практической работе. Результаты контрольной работы. Выступление с докладом-презентацией.
ОПК-4	+	+	+	Опрос на лекциях. Отчет по практической работе. Результаты контрольной работы. Выступление с докладом-презентацией.
ПК-4	+	+	+	Опрос на лекциях. Отчет по практической работе. Результаты контрольной работы. Выступление с докладом-презентацией.

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы / Формы	Лекции (час)	ПЗ (час)	Всего
Мультимедийные презентации с видеороликами и раздаточным материалом с последующим обсуждением	8	2	10
Доклад-презентация		2	2
Итого интерактивных занятий	8	4	12

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

не предусмотрено

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	1	Зонные диаграммы изотропных и анизотропных гетеропереходов.	2	ОПК-2,4, ПК-4
2.	1	Распределение напряженности электрического поля в гетеропереходе.	2	ОПК-2,4, ПК-4
3.	1-2	Контактная резкость потенциалов в гетеропереходе.	2	ОПК-2,4, ПК-4
4.	1-2	Емкость гетеропереходов.	4	ОПК-2,4, ПК-4
5.	1-2	Вольтамперные характеристики гетеропереходов.	4	ОПК-2,4, ПК-4

Согласована на портале № 12225

6.	3	Лазеры на гетероструктурах.	2	ОПК-2,4, ПК-4
7.	1-3	КР. Расчет параметров гетероструктурных полупроводниковых приборов.	2	ОПК-2,4, ПК-4

Перечень тем и содержание практических занятий [12.3.1. стр.10–35].

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК	Контроль выполнения работы
1.	1-3	Проработка лекционного материала.	12	ОПК-2,4, ПК-4	Опрос на лекциях.
2.	1-3	Проработка лекционного материала и дополнительной литературы при подготовке к докладу-презентации.	26	ОПК-2,4, ПК-4	Выступлением с докладом-презентацией.
3.	1-3	Проработка лекционного материала и дополнительной литературы при подготовке к практическим занятиям.	26	ОПК-2,4, ПК-4	Защита отчетов по практическим занятиям.
4.	1-3	Проработка лекционного материала и дополнительной литературы при подготовке к контрольной работе.	14	ОПК-2,4, ПК-4	Оценка за контрольную работу.

Организация самостоятельной работы [12.3.1. стр. 36–40].

Примерная тематика докладов-презентаций:

1. Методы получения затворов с размерами 50-нм в технологии создания полевых транзисторов на гетеропереходах.
2. Сравнительный анализ существующих гетероструктурных полевых транзисторов.
3. Методы измерения СВЧ-характеристик транзисторов.
4. Последние достижения в области создания полупроводниковых лазеров.
5. Мощные светодиоды на GaN.
6. Области применения СВЧ-транзисторов с предельными частотами до терагерц.

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

не предусмотрено

11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Таблица 11.1. Балльные оценки для элементов контроля дисциплины

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
Практическое занятие 1	7			**7**
Практическое занятие 2	7			**7**
Практическое занятие 3		7		**7**
Практическое занятие 4		7		**7**
Практическое занятие 5			7	**7**
Практическое занятие 6			7	**7**
Контрольная работа			20	**20**
Доклад-презентация			20	**20**
Опрос на лекциях	4	4	4	**12**
Компонент своевременности	2	2	2	**6**
Итого максимум за период:	**20**	**20**	**60**	**100**
Нарастающим итогом	**20**	**40**	**100**	**100**

Согласована на портале № 12225

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

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)	63 – 70	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	58 – 62	B (очень хорошо)
	53 – 57	C (хорошо)
	49 – 52	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	46 – 48	
	42 – 44	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	Ниже 42 баллов	F (неудовлетворительно)

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Основная литература

12.1.1. Данилина Т.И., Кагадей В.А., Анищенко Е.В. Технология кремниевой наноэлектроники: учебн. пособие. – Томск, В-Спектр, 2011. – 262 с. **(3)**

12.1.2. Айзенштат Г.И. Гетероструктурные полупроводниковые приборы: учебн. пособие. – Ч. 1. – Томск: ТУСУР, 2013. – 53 с. – [Электронный ресурс]. – http://miel.tusur.ru/images/files/Айзенштат_Гетероструктурные_полупроводниковые_приборы_УП_2013.pdf

12.2 Дополнительная литература

12.2.1. Шур М. Современные приборы на основе арсенида галлия: Пер. с нем. / Пер. С.Д. Барановский, Пер. Ю.Б. Кириллова, Пер. А.А. Кальфа, Пер. Г.С. Симин, Ред. пер. М.Е. Левинштейн, Ред. пер. В.Е. Челноков. – М.: Мир, 1991. – 632 с. **(4)**

12.2.2. Полевые транзисторы на арсениде галлия: Принципы работы и технология изготовления: Пер. с англ. / П.Ф. Линдквист, У.М. Форд, Л. Холлан и др.; Ред. Д.В. Ди Лоренцо, Ред. Д.Д. Канделуола, Ред. пер. Г.В. Петров. – М.: Радио и связь, 1988. – 496 с. **(23)**

12.2.3. Арсенид галлия в микроэлектронике: пер. с англ. / У.Ф. Уиссмен [и др.]; ред. Н. Айнспрук, ред. У.Ф. Уиссмен, ред. пер. В.Н. Мордкович. – М.: Мир, 1988. – 555 с. **(7)**

12.2.4. Драгунов В.П. Основы наноэлектроники: учебное пособие для вузов. – М.: Физматкнига, 2006; М.: Логос, 2006; М.: Университетская книга, 2006. – 494 с. **(31)**

12.2.5. Процессы микро- и нанотехнологии: учеб. пособие / Данилина Т.И. [и др.]. – Томск: ТУСУР, 2005. – 316 с. **(53)**

12.2.6. Кейси, Х. Лазеры на гетероструктурах: в 2 т.: Пер. с англ. / Х. Кейси, М. Паниш. – М.: Мир, 1981 – Т.1: Основные принципы: монография / Пер. А.Е. Дракин, Ред. пер. П.Г. Елисеев. – М.: Мир, 1981. – 299 с. **(2)**

12.2.7. Кейси, Х. Лазеры на гетероструктурах: в 2 т.: Пер. с англ. / Х. Кейси, М. Паниш. – М.: Мир, 1981. – Т.2: Материалы. Рабочие характеристики: монография / Пер. Б.Н. Свердлов, Ред. пер. П.Г. Елисеев. – М.: Мир, 1981. – 366 с. **(2)**

12.2.8. Варизонные полупроводники и гетероструктуры: учебное пособие / В.И. Ильин, С.Ф. Мусихин, А.Я. Шик; ред.: А.Я. Шик, В.И. Ильин. – СПб.: Наука, 2000. – 104 с. **(5)**

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

12.3.1. Айзенштат Г.И. Гетероструктурные полупроводниковые приборы: учебно-методическое пособие по аудиторным практическим и семинарским занятиям и самостоятельной работе для студентов, обучающихся по направлению 210100 «Электроника и наноэлектроника». – Томск: ТУСУР, 2013. – 44 с. – [Электронный ресурс]. – http://miel.tusur.ru/images/files/Айзенштат_Г_И_Гетероструктурные_полупроводниковые_приборы_УМП_2013_copy.pdf

12.3.2. Офисные программы Microsoft Office или Open Office.

ЭЛЕКТРОННАЯ ТУСУР

Согласована на портале № 12225

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации программы учебной дисциплины требуется аудитория, оснащенная мультимедийным проектором; для реализации практических занятий – компьютерный класс.

14. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

14.1. Лекционные занятия

Все лекции читаются с использованием *мультимедийных презентаций* с необходимым раздаточным и демонстрационным материалом и обязательным обсуждением. Также отдельные лекции будут сопровождаться показом видеороликов и их дальнейшим обсуждением.

14.2. Практические занятия

Организация и проведение практических занятий осуществляются следующим образом:

– *практики* проводятся в классической форме – решение заданий, сдача отчета во время текущего или в начале следующего занятия;

– *доклады-презентации студентов*: для успешного формирования профессиональной компетенции студентам предлагается подготовить сообщения по определенной тематике (до 20 минут) в виде докладов-презентаций и выступить с ними во время практических занятий. При необходимости преподаватель дополняет сделанное студентом сообщение.

Согласована на портале № 12225

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
(Проректор по учебной работе)
_____ **П.Е. Троян**
«21» 10 _____ 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ГЕТЕРОСТРУКТУРНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

Уровень основной образовательной программы магистратура

Направления подготовки **11.04.04** «Электроника и наноэлектроника»

Профиль «Твердотельная электроника»

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 1 **Семестр** 1

Учебный план набора 2015 года и последующих лет.

Экзамен 1 **семестр**

Разработчик:
Ассистент кафедры ФЭ _____ / И.В. Кулинич

Томск 2016

Согласована на портале № 12225

1. ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе учебной дисциплины «дисциплины «Гетероструктурные полупроводниковые приборы» 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 учебной дисциплине «дисциплины «Гетероструктурные полупроводниковые приборы» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «дисциплины «Гетероструктурные полупроводниковые приборы» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК-2	способность использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры	*знать* основные тенденции развития приборов и схем на изучаемых материалах и тенденции развития технологий; *уметь* осуществлять выбор последовательности технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале *владеть* навыками разработки базовых технологических маршрутов для создания монолитных интегральных схем на разных приборах
ОПК-4	способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области	*знать* свойства полупроводниковых материалов группы $A^{III}B^{V}$ и особенности гетероструктур на их основе; *знать* типы приборных структур и интегральных схем на материалах группы; *уметь* осуществлять выбор последовательности технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале *владеть* навыками разработки базовых технологических маршрутов для создания монолитных интегральных схем на разных приборах
ПК-4	способность к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	*знать* основные характеристики приборов и схем, отличающие их от приборов на других материалах; *знать* основные технологические маршруты, используемые в производстве приборов и ИС для конкретных материалов; *уметь* осуществлять выбор последовательности технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале *владеть* навыками расчета основных характеристик гетеробиполярных транзисторов HBT и полевых транзисторов на гетероструктурах (HEMT, PHEMT, MHEMT)

2. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1 Компетенция ОПК-2

ОПК-2 способность использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	*знать* основные тенденции развития приборов и схем на изучаемых материалах и тенденции развития технологий;	*уметь* осуществлять выбор последовательности технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале	*владеть* навыками разработки базовых технологических маршрутов для создания монолитных интегральных схем на разных приборах

Согласована на портале № 12225

Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Самостоятельная работа	Практические занятия;
Используемые средства оценивания	Опрос на лекции; Практическое задание (защита); Зачет	Практическое задание (выполнение, оформление).	Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции 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

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	*знает* тенденции развития приборов и схем на изучаемых материалах и тенденции развития технологий	*осуществляет* выбор последовательности технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале	*владеет* навыками разработки технологических маршрутов для создания монолитных интегральных схем на разных приборах
Хорошо (базовый уровень)	*знает* основные тенденции развития приборов и схем на изучаемых материалах и тенденции развития технологий	*умеет* осуществлять выбор последовательности технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале	*владеет* навыками разработки основными технологических маршрутов для создания монолитных интегральных схем на разных приборах
Удовлетворительно (пороговый уровень)	*знает* базовые тенденции развития приборов и схем на изучаемых материалах и тенденции развития технологий	умеет выбирать последовательность технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры	*владеет* навыками разработки базовых технологических маршрутов для создания монолитных интегральных схем на разных приборах

Согласована на портале № 12225

		на заданном материале при наблюдении руководителя	

2.2 Компетенция ОПК-2

ОПК-2 способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	*знать* свойства полупроводниковых материалов группы $A^{III}B^{V}$ и особенности гетероструктур на их основе; *знать* типы приборных структур и интегральных схем на материалах группы;	*уметь* осуществлять выбор последовательности технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале	*владеть* навыками разработки базовых технологических маршрутов для создания монолитных интегральных схем на разных приборах
Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Самостоятельная работа	Практические занятия;
Используемые средства оценивания	Опрос на лекции; Практическое задание (защита); Зачет	Практическое задание (выполнение, оформление).	Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	*знать* свойства полупроводниковых материалов группы $A^{III}B^{V}$ и особенности гетероструктур на их основе; *знать* типы приборных структур и интегральных схем на материалах группы	*осуществляет* выбор последовательности технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале	*владеет* навыками разработки технологических маршрутов для создания монолитных интегральных схем на разных приборах
Хорошо (базовый уровень)	*знает* свойства полупроводниковых материалов группы $A^{III}B^{V}$ и особенности гетероструктур на их основе; знает типы полупроводниковых структур	*умеет* осуществлять выбор последовательности технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале	*владеет* навыками разработки основными технологических маршрутов для создания монолитных интегральных схем на разных приборах
Удовлетворительно (пороговый уровень)	*знает* свойства полупроводниковых материалов группы $A^{III}B^{V}$ и особенности гетероструктур на их основе	умеет выбирать последовательность технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или тополо-	*владеет* навыками разработки базовых технологических маршрутов для создания монолитных интегральных схем на разных

Согласована на портале № 12225

		гического слоя структуры на заданном материале при наблюдении руководителя	приборах

2.3 Компетенция ПК-4

ПК-4 способность к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	*знать* основные характеристики приборов и схем, отличающие их от приборов на других материалах; *знать* основные технологические маршруты, используемые в производстве приборов и ИС для конкретных материалов;	*уметь* осуществлять выбор последовательности технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале	*владеть* навыками расчета основных характеристик гетеробиполярных транзисторов HBT и полевых транзисторов на гетероструктурах (HEMT, PHEMT, MHEMT)
Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Самостоятельная работа	Практические занятия;
Используемые средства оценивания	Опрос на лекции; Практическое задание (защита); Зачет	Практическое задание (выполнение, оформление).	Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	*знает* характеристики приборов и схем, отличающие их от приборов на других материалах; *знает* основные технологические маршруты, используемые в производстве приборов и ИС для конкретных материалов;	*осуществляет* выбор последовательности технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале	*владеет* навыками расчета характеристик гетеробиполярных транзисторов HBT и полевых транзисторов на гетероструктурах (HEMT, PHEMT, MHEMT)
Хорошо (базовый уровень)	*знает* основные характеристики приборов и схем, отличающие их от приборов на других материалах;	*умеет* осуществлять выбор последовательности технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале	*владеет* навыками расчета основных характеристик гетеробиполярных транзисторов HBT и полевых транзисторов на гетероструктурах (HEMT, PHEMT, MHEMT)
Удовлетворительно (пороговый уровень)	*знает* базовые характеристики приборов и схем,	умеет выбирать последовательность технологических	*владеет* навыками расчета базовых характеристик ге-

Согласована на портале № 12225

	отличающие их от приборов на других материалах;	операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале при наблюдении руководителя	теробиполярных транзисторов НВТ и полевых транзисторов на гетероструктурах (HEMT, PHEMT, MHEMT)

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

– типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе: практические задания, контрольные работы, самостоятельная работа, экзамен.

3.1 Темы для практических занятий

1. Зонные диаграммы изотропных и анизотропных гетеропереходов.
2. Распределение напряженности электрического поля в гетеропереходе.
3. Контактная резкость потенциалов в гетеропереходе.
4. Емкость гетеропереходов.
5. Вольтамперные характеристики гетеропереходов.
6. Лазеры на гетероструктурах.

3.2 Тема контрольной работы

Расчет параметров гетероструктурных полупроводниковых приборов.

3.3 Темы для самостоятельной работы

1. Полевые гетероструктурные транзисторы и МИС на их основе.
2. Гетеробиполярные транзисторы и МИС на их основе.
3. Оптоэлектронные приборы на гетероструктурах.

3.4 Зачет

1. Методы получения затворов с размерами 50-нм в технологии создания полевых транзисторов на гетеропереходах.
2. Сравнительный анализ существующих гетероструктурных полевых транзисторов.
3. Методы измерения СВЧ-характеристик транзисторов.
4. Последние достижения в области создания полупроводниковых лазеров.
5. Мощные светодиоды на GaN.
6. Области применения СВЧ-транзисторов с предельными частотами до терагерц.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

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

4.1 Основная литература

1. Данилина Т.И., Кагадей В.А., Анищенко Е.В. Технология кремниевой наноэлектроники: учебн. пособие. – Томск, В-Спектр, 2011. – 262 с. **(3)**

2. Айзенштат Г.И. Гетероструктурные полупроводниковые приборы: учебн. пособие. – Ч. 1. – Томск: ТУСУР, 2013. – 53 с. – [Электронный ресурс]. – http://miel.tusur.ru/images/files/Айзенштат_Гетероструктурные_полупроводниковые_приборы_УП_2013.pdf

4.2 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. Шур М. Современные приборы на основе арсенида галлия: Пер. с нем. / Пер. С.Д. Барановский, Пер. Ю.Б. Кириллова, Пер. А.А. Кальфа, Пер. Г.С. Симин, Ред. пер. М.Е. Левинштейн, Ред. пер. В.Е. Челноков. – М.: Мир, 1991. – 632 с. **(4)**

2. Полевые транзисторы на арсениде галлия: Принципы работы и технология изготовления: Пер. с англ. / П.Ф. Линдквист, У.М. Форд, Л. Холлан и др.; Ред. Д.В. Ди Лоренцо, Ред. Д.Д. Канделуола, Ред. пер. Г.В. Петров. – М.: Радио и связь, 1988. – 496 с. **(23)**

3. Арсенид галлия в микроэлектронике: пер. с англ. / У.Ф. Уиссмен [и др.]; ред. Н. Айнспрук, ред.

Согласована на портале № 12225

У.Ф. Уиссмен, ред. пер. В.Н. Мордкович. – М.: Мир, 1988. – 555 с. (7)

4. Драгунов В.П. Основы наноэлектроники: учебное пособие для вузов. – М.: Физматкнига, 2006; М.: Логос, 2006; М.: Университетская книга, 2006. – 494 с. **(31)**

5. Процессы микро- и нанотехнологии: учеб. пособие / Данилина Т.И. [и др.]. – Томск: ТУСУР, 2005. – 316 с. **(53)**

6. Кейси, Х. Лазеры на гетероструктурах: в 2 т.: Пер. с англ. / Х. Кейси, М. Паниш. – М.: Мир, 1981 – Т.1: Основные принципы: монография / Пер. А.Е. Дракин, Ред. пер. П.Г. Елисеев. – М.: Мир, 1981. – 299 с. **(2)**

7. Кейси, Х. Лазеры на гетероструктурах: в 2 т.: Пер. с англ. / Х. Кейси, М. Паниш. – М.: Мир, 1981. – Т.2: Материалы. Рабочие характеристики: монография / Пер. Б.Н. Свердлов, Ред. пер. П.Г. Елисеев. – М.: Мир, 1981. – 366 с. **(2)**

8. Варизонные полупроводники и гетероструктуры: учебное пособие / В.И. Ильин, С.Ф. Мусихин, А.Я. Шик; ред.: А.Я. Шик, В.И. Ильин. – СПб.: Наука, 2000. – 104 с. **(5)**

4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. Айзенштат Г.И. Гетероструктурные полупроводниковые приборы: учебно-методическое пособие по аудиторным практическим и семинарским занятиям и самостоятельной работе для студентов, обучающихся по направлению 210100 «Электроника и наноэлектроника». – Томск: ТУСУР, 2013. – 44 с. – [Электронный ресурс]. – http://miel.tusur.ru/images/files/Айзенштат_Г_И_Гетероструктурные_полупроводниковые_приборы_УМП_2013_copy.pdf

2. Офисные программы Microsoft Office или Open Office.

Согласована на портале № 12225