

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИМА

Баева Л. С.

Ф.И.О.

подпись

«23» января 2019 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплина

**Б1.В.ДВ.02.02 Физические основы электроники
сверхвысоких частот и квантовой электроники**

код и наименование дисциплины

Направление подготовки/специальность

11.05.01 Радиоэлектронные системы и

код и наименование направления подготовки /специальности

комплексы

Направленность/специализация

**специализация №2 "Радиоэлектронные системы передачи
наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы**

информации"

Квалификация выпускника

специалист

указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО

Кафедра-разработчик

Радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования

наименование кафедры-разработчика рабочей программы

Мурманск
2019

Лист изменений и дополнений, вносимых в РП

к рабочей программе по дисциплине (модулю), входящей в состав ОПОП по направлению подготовки/специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, направленности (профилю)/специализации Радиоэлектронные системы передачи информации, 2019 года начала подготовки.

Таблица 1 Изменения и дополнения

№ п/п	Дополнение или изменение, вносимое в рабочую программу в части	Содержание дополнения или изменения	Основание для внесения дополнения или изменения	Дата внесения дополнения или изменения
1	Титульного листа			
2	Листа утверждений	РП переутверждена на 20/21 уч.г.	Протокол заседания кафедры № 2 от 05.10.2020	
3	Структуры учебной дисциплины (модуля)			
4	Содержания учебной дисциплины (модуля)			
5	Методического обеспечения дисциплины (модуля)			
6	Структуры и содержания ФОС			
7	Рекомендуемой литературы			
8	Перечня интернет ресурсов (ЭБС)			
9	Перечня лицензионного программного обеспечения, профессиональных баз данных и информационных справочных систем			
10	Перечня МТО			

Аннотация рабочей программы дисциплины

Коды циклов дисциплин, модулей, практик	Название циклов, разделов, дисциплин, модулей, практик	Краткое содержание (Цель, задачи, содержание разделов дисциплины, реализуемые компетенции, формы промежуточного контроля, формы отчетности)
1	2	3
Б1.В. ДВ.02.02	Физические основы электроники сверхвысоких частот и квантовой электроники	<p>Цель дисциплины: Подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста и рабочим учебным планом специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.</p> <p>Задачи дисциплины:</p> <ul style="list-style-type: none"> - изучить основы теории твердого тела; - изучить основы физики полупроводников, позволяющие оценивать работу полупроводниковых приборов; - научить пользоваться современными средствами исследования процессов в полупроводниковых приборах. <p>В результате изучения дисциплины обучающийся должен:</p> <p>Знать: основные положения современной физики твердого тела, зонной теории, физики полупроводниковых материалов, контактные явления в полупроводниках p-n – переходы, гетеропереходы, переходы Шоттки, применение их в электронных приборах, функциональные свойства приборов и их основные параметры, принципы действия их типы и основные конструктивные и эксплуатационные характеристики, области применения.</p> <p>Уметь: применять теорию физики твердого тела при составлении математических моделей электронных приборов и применять соответствующие методы расчетов к анализу параметров электронных приборов с использованием средств компьютерного проектирования.</p> <p>Владеть: навыками экспериментального исследования антенных полупроводниковых электронных приборов, методами автоматизации измерений.</p> <p>Содержание основных разделов дисциплины: Раздел 1. Введение Понятие о квантовой физике. Раздел 2. Основы зонной теории твердых тел. Раздел 3. Концентрация носителей заряда и положение уровня Ферми Раздел 4. Концентрация электронов и дырок в собственном и примесном полупроводниках. Раздел 5. Контактные явления в полупроводниках. p-n переход. Раздел 6. Переход Шоттки. Гетеропереходы Раздел 7. Полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, МДП- структуры, полевые транзисторы Раздел 8. . Сверхъяркие светодиоды. Фотодиоды. Солнечные батареи. Полупроводниковые лазеры. Раздел 9. Транзисторы СВЧ.</p> <p>Реализуемые компетенции: ФГОС</p>

		ПК-3 Профстандарт 06.005 Инженер-радиоэлектронщик Формы отчетности: Семестр 4 –зачет, РГР.
--	--	--

Пояснительная записка

1. Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», утвержденного 09.02.2018, приказ № 94, профессионального стандарта 06.005 «Инженер-радиоэлектронщик», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 19.05.2014 № 315н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 09.06.2014 № 32622), с изменениями, внесенными приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12.12.2016 № 727н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 13.01.2017 № 45230), учебного плана в составе ОПОП по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», специализации Радиоэлектронные системы передачи информации, 2019 года начала подготовки, , утвержденного Ученым советом ФГБОУ ВО «МГТУ» (протокол № 7 от 28.02.2019 г).

2. **Цели и задачи учебной дисциплины «Физические основы электроники сверхвысоких частот и квантовой электроники»** является подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста и рабочим учебным планом специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.

Задачи:

- ознакомить с основными направлениями развития науки и техники в области физики твердого тела;
- информировать обучающихся об современных полупроводниковых приборах, их структуре, задачах и функциях;

3. Планируемые результаты обучения в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» и профессиональным стандартом 06.005 «Инженер-радиоэлектронщик»:

Таблица 3.1. – Компетенции ФГОС ВО, формируемые дисциплиной «Физические основы электроники сверхвысоких частот и квантовой электроники»

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций) ³
1	ПК-3 Способен к реализации программ экспериментальных исследований, в том числе в режиме удаленного доступа, включая выбор технических средств, обработку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных	Компетенция реализуется в части реализации экспериментальных исследований включая обработку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных	ПК-3.1 Знать принципы планирования экспериментальных исследований. ПК-3.2 Уметь обосновывать программу эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных. ПК-3.3 Владеть техникой проведения экспериментальных исследований.

³ Для ФГОС ВО 3 + 1

Таблица 3.2. - Обобщённые трудовые функции профессионального стандарта 06.005 «Инженер-радиоэлектронщик», формируемые дисциплиной «Физические основы электроники сверхвысоких частот и квантовой электроники»

№ п/п	Вид деятельности	Трудовая функция из ПС, на основе которой сформулирован индикатор (дескриптор)	Обобщенная трудовая функция
1.	Научно-исследовательский	Анализ научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников	Проведение исследований в целях совершенствования радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения
		Математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств и систем с целью оптимизации (улучшения) их параметров	Проведение исследований в целях совершенствования радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения
2.	Эксплуатационный	Наладка, настройка, регулировка и испытания радиоэлектронных средств и оборудования	Производство, внедрение и эксплуатация радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения

4. Структура и содержание учебной дисциплины (модуля)

Таблица 3⁴ - Распределение учебного времени дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 часа.

Вид учебной нагрузки ⁵	Распределение трудоемкости дисциплины			
	Очная			Всего часов
	Семестр			
	4			
Аудиторные часы				
Лекции	18			18
Практические работы	-			-
Лабораторные работы	18			18
Часы на самостоятельную и контактную работу				
Выполнение, консультирование, защита курсовой работы (проекта) ⁶				
Прочая самостоятельная и контактная работа	36			36
Подготовка к промежуточной аттестации ⁷				
Всего часов по дисциплине	72			72

⁴ Разработчикам РП можно убирать столбцы с формами обучения, если данная форма не реализуется в МГТУ

⁵ При отсутствии вида учебной нагрузки ставить прочерк в соответствующей ячейке

⁶ Контактная работа при выполнении курсовой работы (проекта) - 2 а.ч. (3 а.ч.) соответственно. Конкретный объем часов на выполнение курсовой работы (проекта) определяет разработчик

⁷ Для экзамена очной и очно-заочной формы обучения - 36 часов, для экзамена заочной формы обучения - 9 часов, для зачета заочной формы обучения - 4 часа.

Формы промежуточной аттестации и текущего контроля				
Экзамен				
Зачет/зачет с оценкой	+			+
Курсовая работа (проект)				
Количество расчетно-графических работ	1			1
Количество контрольных работ				
Количество рефератов				
Количество эссе				

Таблица 4⁸. - Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы

№ п/п	Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной работы			
		Очная			
		Л	ПР	ЛР	СР
1.	Введение. Понятие о квантовой физике.	1		2	4
2.	Основы зонной теории твердых тел.	1		2	4
3.	Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Распределение квантовых состояний в зонах. Концентрация носителей заряда и положение уровня Ферми.	1		2	4
4.	Концентрация электронов и дырок в собственном и примесном полупроводниках.	1		2	4
5.	Контактные явления в полупроводниках	2		2	4
6.	Барьер Шоттки. Понятие о гетеропереходе.	2		2	2
7.	Полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, МДП-структуры, полевые транзисторы.	2		2	2
8.	Использование гетеропереходов в диодах.	2		2	2
9.	Транзисторы СВЧ. Биполярные транзисторы с использованием гетеропереходов.	2		2	2
10.	Транзисторы СВЧ. Биполярные транзисторы с использованием гетеропереходов.	1			2
11.	Полевые транзисторы с управляющим переходом Шоттки.	1			2
12.	Полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов в канале. (HEMT). Формирование канала с высокой подвижностью электронов при помощи гетероперехода.	1			2
13.	GaAs полевой транзистор с барьером Шоттки. GaN полевой транзистор с барьером Шоттки Интегральные микросхемы СВЧ.	1			2
	Итого по дисциплине	18		18	36

⁸ Разработчикам РП можно убирать столбцы с формами обучения, если данная форма не реализуется в МПТУ

Таблица 5. - Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий с учетом форм контроля

Перечень компетенций	Виды занятий и оценочные средства ⁹				Формы контроля
	Л	ЛР	РГР	СР	
ПК-3	+	+	+	+	Конспект лекций, отчет по практической работе, РГР

Примечание: Л – лекции, ЛР – лабораторные работы, СР – самостоятельная работа, РГР – расчетно-графическая работа

Таблица 6. - Перечень лабораторных работ

№ п\п	Лабораторные работы	Кол-во часов
1	2	3
1.	Исследование вольт-амперной характеристики полупроводниковых диодов	4
2.	Исследование вольт-амперной характеристики транзисторов различных видов	5
3.	Исследование разброса параметров серии биполярных транзисторов	5
4.	Исследование характеристик сверхъяркого светодиода	4
	Итого	18

Таблица 7. - Перечень практических работ

№ п\п	Практические работы	Кол-во часов
1	2	3
	Не предусмотрены учебным планом	

5. Перечень примерных тем расчетно-графической работы

РГР № 1. Решение задач по физике твердого тела.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине^{10*}

1. Гурин А.В. Практикум по дисциплине «Физические основы электроники сверхвысоких частот и квантово электроники» для студентов специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», всех форм обучения– Мурманск, издательство МГТУ. [электронное издание]

7. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств является компонентом ОП, разрабатывается в форме отдельного документа и включает в себя критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования и процедуры оценивания.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

⁹ Оценочные средства указываются в соответствии с учебным планом

Основная литература

1. Гуртов В.А. Твердотельная электроника : Учеб. пособие – 3-е издание., доп. Москва: Техносфера 2008. – 512 с.
2. Гуртов В.А. Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров : Учеб. пособие – 2-е издание., доп. Москва: Техносфера 2012. – 560 с.
3. Физика твердого тела для инженеров : учеб. пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко; науч. ред. Л. А. Алешина. - Москва : Техносфера, 2007. - 518, [1] с. : ил. - Библиогр.: с. 505-510.
4. Электронные приборы : учеб. пособие для вузов / Г. Г. Червяков, С. Г. Прохоров, О. В. Шиндор. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2012. - 333, [1] с. : ил. - (Серия "Высшее образование"). - Библиогр.: с. 329-331.
5. Твердотельная фотоэлектроника: физические основы : учеб. пособие для вузов / А. М. Филачёв, И. И. Таубкин, М. А. Трищенко. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Москва : Физматкнига, 2007. - 381, [2] с. : ил. - Библиогр.: с. 379-381.
6. Основы физики полупроводников / Ю. Питер, М. Кардона; под ред. Б. П. Захарчени ; пер. с англ. И. И. Решиной. - 3-е изд. - Москва : Физматлит, 2002. - 560 с.
7. Зиненко, В. И. Основы физики твердого тела : учеб. пособие для вузов / В. И. Зиненко, Б. П. Сорокин, П. П. Турчин. - Москва : Физматлит, 2001. - 336 с.
8. Садченков, Д. А. Маркировка радиодеталей отечественных и зарубежных : справ. пособие / Д. А. Садченков. - Москва : Солон-Р, 2000. - 212 с. : ил.
9. Власов, А. Б. Физические основы электронной техники : учеб. пособие для курсантов (студентов) всех форм обучения. В 2 ч. Ч. 1. Физика полупроводников / А. Б. Власов; МГАРФ. - Мурманск, 1994. - 143 с. : ил.

Дополнительная литература

1. Покровский Ф.Н. Материалы и компоненты радиоэлектронных средств : Учеб.пособие для вузов / М-во образования РФ. 2-е изд. - М. : Горячая линия – телеком, 2016. - 350 с. : ил.
2. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс) : Учеб.пособие для вузов / М-во образования РФ. Под ред. О.П.Глудкина 2-е изд. - М.: Горячая линия – телеком, 2017. - 768 с. : ил.
3. Игумнов Д.В., Костюнина Г.П. Основы полупроводниковой электроники. : Учеб.пособие для вузов / М-во образования РФ. - М.: Горячая линия – телеком, 2015. - 394 с. : ил.
4. Соколов С.В., Титов Е.В. Электроника. : Учеб.пособие для вузов / М-во образования РФ. - М.: Горячая линия – телеком, 2013. - 204 с. : ил.
5. Твердотельная фотоэлектроника: фоторезисторы и фотоприемные устройства : учеб. пособие для вузов / А. М. Филачёв, И. И. Таубкин, М. А. Трищенко. - Москва : Физматкнига, 2012. - 363, [2] с. : ил. - Библиогр.: с. 362-363.

9. Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины *

1. Электронно-библиотечная система ЭБС - <http://www.rucont.ru/>
2. ЭБС издательства "ЛАНЬ" - <http://e.lanbook.com>
3. ЭБС BOOK.ru - <http://book.ru/>
4. ЭБС eLIBRARY.RU
5. Информационная система доступа к российским научно-техническим журналам и обзорам ВИНТИ – <http://www.viniti.ru>
6. ЭБС ibooks.ru - <http://ibooks.ru/>
7. ЭБС znanium.com издательства "ИНФРА-М" - <http://www.znanium.com>
8. ЭБС НИТУ "МИСиС" - <http://lib.misis.ru/registr.html>

10. Перечень программного обеспечения, профессиональных баз данных и информационных справочных систем, реквизиты подтверждающего документа.

1 Операционная система Microsoft Windows Vista Business Russian Academic OPEN, лицензия № 44335756 от 29.07.2008 (договор №32/379 от 14.07.08 г.)

2. Офисный пакет Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN, лицензия № 45676388 от 08.07.2009 (договор 32/224 от 14.0.2009 г.)

3 Операционная система Microsoft Windows Vista Business Russian Academic OPEN, лицензия № 44335756 от 29.07.2008

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Таблица 8. - Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	511 бВ: "Лаборатория радионавигационных систем" Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации.	511 бВ: Количество столов - 10 Количество стульев - 20 Посадочных мест - 20 Доска аудиторная - 1
2	510 В «Лаборатория технической защиты информации» Специальное помещение для проведения лабораторных работ, практических занятий.	510В Количество столов - 3 Количество стульев - 7 Посадочных мест - 7 ПК - 1 шт., учебный макет испытателя маломощных транзисторов и диодов Л2-54, - 2 шт.
3	227 В Специальное помещение для самостоятельной работы	Укомплектовано специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории - персональные компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета – 6 шт.; - копировальный аппарат XEROX CopyCentre C118 – 1 шт.; - принтер HP LJ Pro P1566 – 2 шт.; - сканер EPSON Perfection V10 – 1 шт.

Таблица 9. - Технологическая карта текущего контроля и промежуточной аттестации (промежуточная аттестация – «зачет»)

№ п/п	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения (неделя сдачи)
		min	max	
Текущий контроль				
1	Посещение лекций (9 лекции- 18 ч.)	18	28	1-17 недели
	Нет посещений (меньше 3 лекций) – 0 баллов, (10 лекций), 55% - 18 баллов; (6 лекций) 66% - 20 баллов; (9 лекции) 100 % - 28 баллов			
2	Выполнение лабораторных работ (9 практ.-18 ч.)	18	36	По расписанию
	Выполнение одной лаб/зан. – 4 балла, не в срок – 2 балла (выполнение фиксируется преподавателем)			
3	Выполнение ргр	24	36	
	ИТОГО за работу в семестре	60	100	16- неделя
	ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	60	100	Сессия
	<p>Промежуточная аттестация «зачет». Если обучающийся набрал зачетное количество баллов 60 согласно установленному диапазону по дисциплине с зачетом, то он считается аттестованным с итоговой оценкой «зачтено». Итоговая оценка проставляется в экзаменационную ведомость и зачетную книжку обучающегося</p>			
	ИТОГО за дисциплину	60	100	

Таблица 10 - Ведомость для фиксирования результатов текущего контроля (промежуточная аттестация – зачёт)

(заполняется преподавателем в последний рабочий день месяца)

ФИО	Количество баллов					
	Посещени е лекций	Выполнени с л/р	Выполнени с п/р	Защита л/р	Контр. точки	Итого