



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Утверждено:
на заседании кафедры
протокол от «05» июня 2018 г. №7
Зав. кафедрой  / Салихов Р.Б.

Согласовано:
Председатель УМК ФТИ

 / Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина МИКРО И НАНОСЕНСОРИКА

(наименование дисциплины)

по выбору

(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

программа бакалавриата

Направление подготовки (специальность)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность (профиль) подготовки


«Электронные приборы и устройства»

(наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация

бакалавр

Разработчик (составитель)
профессор, д.ф.-м.н., профессор
(должность, ученая степень, ученое звание)

 / Салихов Р.Б.
(подпись / Ф.И.О.)

Для приема: 2018 г.

Уфа 2018г.

Составитель / составители:
д.ф.-м.н., профессор Салихов Р.Б.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры инфокоммуникационных технологий и нанoeлектроники, протокол № 7 от «5» июня 2018 г.

Заведующий кафедрой



/ Салихов Р.Б./

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	5
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	6
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	8
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	9
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	11
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	11
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	11
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	12

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
(с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

ОПК-7- способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

ПК-2- способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1.Знать область применения нанотехнологий; теоретические основы нанoeлектроники и область их применимости; устройство технических систем для нанoeлектроники; новые технологии, обеспечивающие повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области нанoeлектроники	ОПК-7	
	2. Знать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и других нормативных документов	ПК-2	
Умения	1.Уметь собирать, систематизировать и анализировать научно-техническую информацию в области нанотехнологий и наноматериалов; планировать и проводить исследования и эксперименты с использованием нанотехнологии; генерировать новые плодотворные научно-технические и инновационные идеи с использованием нанотехнологий; переносить полученные знания о наносистемах на смежные предметные области; применять полученные знания для создания новых твердотельных, в том числе низкоразмерных сред при производстве электронных устройств нового поколения.	ОПК-7	
	2. Уметь разрабатывать нормативно-техническую документацию в области применения изделий нано- и микросистемной техники	ПК-2	
Владения (навыки / опыт деятель	1. Владеть методами экспериментального исследования, сведениями о современных технологиях изготовления устройств нанoeлектроники; приемами работы на современном исследовательском оборудовании, используемом в нанодиагностике материалов.	ОПК-7	

ности)	2. Владеть современными методами расчета, моделирования и проектирования электронных устройств на основе микро- и наносистем.	ПК-2	
--------	---	------	--

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Микро и наносенсорика» относится к выборочной части рабочего учебного плана.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре.

Цели изучения дисциплины: является формирование профессиональных знаний в области наноэлектроники и развития современных представлений в области микро- и наноэлектроники, а также ознакомление с физическими основами нанотехнологий наноструктурированных материалов для электроники. Ознакомить студентов с перспективами развития нанотехнологий, наноматериалов и наноэлектроники. Раскрыть основные функциональные возможности наносистем. Сформировать необходимый опыт работы с техническими системами применяемыми в нанотехнологиях. Раскрыть основные принципы и подходы построения наносистемных объектов.

Данный курс предназначен для студентов направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника». Курс «Микро и наносенсорика» дает информацию о недавно сформировавшихся или обновившихся направлениях сенсорики, включая измерительную микромеханику, датчики на ПАВах, оптические, ионизационные и магнитные, химические микросенсоры, оптико-волоконные измерительные системы.

По предмету и методу своих исследований данный курс тесно связан с «Химия», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм». Также дисциплина требует знание английского языка в объеме достаточном для понимания технической литературы и способствует формированию у будущих специалистов принципов физического и инженерного подхода к оценке возможностей использования материалов в конкретных элементах и устройствах электронной техники.

Знания, полученные в результате освоения курса «Микро и наносенсорика» призвана помочь студентам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение выпускной классифицированной работы, а так же изучению таких дисциплин как «Методы микро- и нанодиагностики», «Перспективные направления электронного приборостроения».

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ОПК-7 способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

Зачет:

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап (уровень)	Знать область применения нанотехнологий; теоретические основы нанoeлектроники и область их применимости; устройство технических систем для нанoeлектроники; новые технологии, обеспечивающие повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области нанoeлектроники	Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в содержание дисциплины	Сформированные (возможно неполные) представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в содержание дисциплины
Второй этап (уровень)	Уметь собирать, систематизировать и анализировать научно-техническую информацию в области нанотехнологий и наноматериалов; планировать и проводить исследования и эксперименты с использованием нанотехнологии; генерировать новые плодотворные научно-технические и инновационные идеи с использованием нанотехнологий; переносить полученные знания о наносистемах на смежные предметные области; применять полученные знания для создания новых твердотельных, в том числе низкоразмерных сред при производстве электронных устройств нового поколения.	Отсутствие умений или фрагментарные умения употреблять правильную терминологию, собирать, систематизировать и анализировать научно-техническую информацию в области нанотехнологий и наноматериалов; планировать и проводить исследования и эксперименты с использованием нанотехнологии; генерировать новые плодотворные научно-технические и инновационные идеи с использованием нанотехнологий; переносить полученные знания о наносистемах на смежные предметные области; применять полученные знания для создания новых твердотельных, в том числе низкоразмерных сред при производстве электронных устройств нового поколения.	В целом успешное (возможно не систематическое) умение употреблять правильную терминологию, умеет собирать, систематизировать и анализировать научно-техническую информацию в области нанотехнологий и наноматериалов; планировать и проводить исследования и эксперименты с использованием нанотехнологии; генерировать новые плодотворные научно-технические и инновационные идеи с использованием нанотехнологий; переносить полученные знания о наносистемах на смежные предметные области; применять полученные знания для создания новых твердотельных, в том числе низкоразмерных сред при производстве электронных устройств нового поколения.

			поколения.
Третий этап (уровень)	Владеть методами экспериментального исследования, сведениями о современных технологиях изготовления устройств нано-электроники; приемами работы на современном исследовательском оборудовании, используемом в нанодиагностике материалов.	Отсутствие владения или фрагментарное владение экспериментальными навыками, методами экспериментального исследования, сведениями о современных технологиях изготовления устройств нано-электроники; приемами работы на современном исследовательском оборудовании, используемом в нанодиагностике материалов..	В целом успешное (возможно не систематическое) владение экспериментальными навыками, методами экспериментального исследования, сведениями о современных технологиях изготовления устройств нано-электроники; приемами работы на современном исследовательском оборудовании, используемом в нанодиагностике материалов.

ПК-2 способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения

Зачет:

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап (уровень)	Знать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и других нормативных документов	Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в содержание дисциплины	Сформированные (возможно неполные) представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в содержание дисциплины
Второй этап (уровень)	Уметь разрабатывать нормативно-техническую документацию в области применения изделий нано- и микросистемной техники	Отсутствие умений или фрагментарные умения употреблять правильную терминологию, определения, разрабатывать нормативно-техническую документацию в области применения изделий нано- и микросистемной техники	В целом успешное (возможно не систематическое) умение употреблять правильную терминологию, определения, разрабатывать нормативно-техническую документацию в области применения изделий нано- и микросистемной техники
Третий этап (уровень)	Владеть современными методами расчета, моделирования и проектирования электронных устройств на основе микро- и наносистем.	Отсутствие владения или фрагментарное владение экспериментальными навыками, современными методами расчета, моделирования и	В целом успешное (возможно не систематическое) владение экспериментальными навыками, современными методами расчета,

		проектирования электронных устройств на основе микро- и наносистем.	моделирования и проектирования электронных устройств на основе микро- и наносистем.
--	--	---	---

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для экзамена*: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; *для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

для зачета:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов), не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап (Знания)	Знать область применения нанотехнологий; теоретические основы наноэлектроники и область их применимости; устройство технических систем для наноэлектроники; новые технологии, обеспечивающие повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области наноэлектроники	ОПК-7	Устный опрос. Коллоквиум
	Знать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и других нормативных документов	ПК-2	
2-й этап (Умения)	Уметь собирать, систематизировать и анализировать научно-техническую информацию в области нанотехнологий и наноматериалов; планировать и проводить исследования и эксперименты с	ОПК-7	Устный опрос.

	использованием нанотехнологии; генерировать но-вые плодотворные научно-технические и инновационные идеи с использованием нанотехнологий; переносить полученные знания о наносистемах на смежные предметные области; применять полученные знания для создания новых твердотельных, в том числе низкоразмерных сред при производстве электронных устройств нового поколения. стандартных пакетов автоматизированного проектирования ;составлять и готовить отчеты, научные публикации, презентации.		
	Уметь разрабатывать нормативно-техническую документацию в области применения изделий нано- и микросистемной техники	ПК-2	
3-й этап (Владеть навыками)	Владеть методами экспериментального исследования, сведениями о современных технологиях изготовления устройств нано-электроники; приемами работы на современном исследовательском оборудовании, используемом в нанодиагностике материалов.	ОПК-7	Устный опрос. Коллоквиум.
	Владеть современными методами расчета, моделирования и проектирования электронных устройств на основе микро- и наносистем.	ПК-2	

4.3. *Рейтинг-план дисциплины*

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

Вопросы к текущему и рубежному контролю по теоретическому материалу 7 семестр

Примерные вопросы для зачета:

- 1) Классификация сенсоров.
- 2) Системный подход к сенсорам.

- 3) Фоторезистивные микросенсоры.
- 4) Термодинамический и микроскопические подходы к сенсорам.
- 5) Резистивные микросенсоры для измерения состава и концентрации газов.
- 6) Резистивные микросенсоры. Классификация.
- 7) Тензорезистивные микросенсоры на основе поликремния.
- 8) Терморезистивные микросенсоры на основе чистых металлов и сплавов.
- 9) Микросенсоры на основе эффекта Холла.
- 10) Газовые резистивные сенсоры на основе твердых электролитов.
- 11) Емкостные микросенсоры.
- 12) Терморезистивные микросенсоры на основе оксидных полупроводников.
- 13) Терморезистивные микросенсоры. Классификация.
- 14) Термоэлектрические микросенсоры.
- 15) Терморезистивные микросенсоры на основе сегнетоэлектриков.
- 16) Магниторезистивные микросенсоры.
- 17) Терморезистивные микросенсоры на основе монокристаллических полупроводников.
- 18) Микросенсоры на основе р-п-перехода для измерения температуры.
- 19) Тензорезистивные микросенсоры на основе металлов.
- 20) Микросенсоры на основе р-п-перехода для измерения параметров магнитного поля.
- 21) Тензорезистивные микросенсоры на основе монокристаллических полупроводников.

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра, и баллов, полученных на зачете.

За работу в семестре студент получает до 70 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля и дополнительно до 10 баллов за результаты участия в олимпиаде студентов. Для допуска к зачету студент должен набрать в семестре не менее 35 баллов.

Вопросы на коллоквиум

На коллоквиуме задается 5 вопроса из списка. На подготовку дается 15 минут.

1. Резистивные микросенсоры для измерения состава и концентрации газов.
2. Тензорезистивные микросенсоры на основе монокристаллических полупроводников.
3. Классификация сенсоров.

Критерии оценки (в баллах)

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов	5 баллов
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но имеются один или несколько недостатков	2 баллов
Нет правильного ответа	0 баллов

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Войтович, И.Д. Интеллектуальные сенсоры [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Д. Войтович, В.М. Корсунский. — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 1164 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100608>. —

Дополнительная литература:

1. Патрушева, Т. Н. Сенсорика. Современные технологии микро- и наноэлектроники : учеб. пособие / Т. Н. Патрушева ; Министерство образования и науки Российской Федерации ; Сибирский федеральный университет .— Москва ; Красноярск : ИНФРА-М : Сибирский федер. ун-т, 2017 .— 260 с. : [библ. БашГУ имеется в 2 экз.]

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1	Электронно-библиотечная система «ЭБ БашГУ»	Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	https://elib.bashedu.ru/
2	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»	Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	http://www.biblioclub.ru/
3	Электронно-библиотечная	Полнотекстовая БД учебных и	Авторизованный доступ	Регистрация из	http://e.lanbook.com/

	система издательства «Лань»	научных электронных изданий	по паролю из любой точки сети Интернет	сети БашГУ, дальнейш ий доступ из любой точки сети Интернет	
--	-----------------------------------	-----------------------------------	---	--	--

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения лекционных занятий используется аудиторный фонд физико-технического института.

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитория (414 кабинет)	Лекции	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска
Аудитория (414 кабинет)	Практические занятия	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска
помещения для самостоятельной работы: читальный зал № 2 (физико-математический корпус учебное)	Для самостоятельной работы	Читальный зал №2 Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, стенд по пожарной безопасности, моноблоки стационарные – 5 шт., принтер – 1 шт., сканер-1 шт.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины Микро и наносенсорика на 7 семестре
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
	7 семестр
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	54,2
лекций	18
практических/ семинарских	36
лабораторных	-
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	53,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	

Форма(ы) контроля:
зачет 7 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Динамическая характеристика сенсора.	2	4		6	[1]: § 1.5	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос.
2	Резонансные сенсоры. Сенсоры на вибрирующем проводе.	2	4		6	[1]: § 2.1 – 2.11	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос.
3	Механические микро-сенсоры.	2	4		6	[1]: § 3.2	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос.
4	Датчики на поверхностных акустических волнах (ПАВ).	2	4		6	[1]: § 3.3	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос. Коллоквиум
5	Химические микросенсоры. Газовые сенсоры на основе ПТ.	2	4		6	[1]: § 3.4	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос.
6	Оптические сенсоры. Детекторы с поверхностным фотоэффектом. Полупроводниковые фотодетекторы	2	4		6	[1]: § 3.5	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос.
7	Датчики	2	4		6	[1]: § 3.6 – 3.7	Домашняя проработка	Устный опрос.

	температуры. Детекторы ионизирующего излучения.						лекций и изучение литературы по теме.	
8	Оптические волоконные сенсоры. Оптоволоконные сенсоры на основе внешних и внутренних эффектов.	4	8		17,8	1] : § 4.1 – 4.4	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос. Коллоквиум
	Всего часов:	18			53,8			

Рейтинг-план дисциплины Микро и наносенсорика

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

специальность Электроника и наноэлектроника
курс 4, семестр 7

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1.			0	50
Текущий контроль	5	5	0	25
1. Коллоквиум	5	5	0	25
Рубежный контроль	5	5	0	25
1. Коллоквиум	5	5	0	25
Модуль 2.			0	50
Текущий контроль	5	5	0	25
1. Коллоквиум	5	5	0	25
Рубежный контроль	5	5	0	25
1. Коллоквиум	5	5	0	25
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
1. Посещение лекционных занятий			0	-6
2. Посещение практических (семинарских занятий)			0	-10
Итоговый контроль				
1. Зачет (дифференцированный зачет)				