

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
 УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 (ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

УТВЕРЖДАЮ»
 Председатель ученого совета ФРТЭ

_____ В.А. Небольсин

« ____ » _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«МИКРООПТОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА»

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и наноэлектроники (ППЭНЭ)

Направление подготовки (специальности): 28.03.02 «Наноинженерия»

Профиль: «Инженерные нанотехнологии в приборостроении»

Часов по УП: 144 / **Часов по РПД:** 144

Часов по УП (без учета на экзамены): 144/ **Часов по РПД:** 144

Часов на самостоятельную работу по УП: 72 (50 %)

Часов на самостоятельную работу по РПД: 72 (50 %)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 4

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамен —; Зачеты 7; Курсовой проект —; Курсовая работа —.

Форма обучения: очная. **Срок обучения:** нормативный

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах																	
	1/18		2/18		3/18		4/18		5/18		6/18		7/18		8/12		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции													36	36			18	18
Лабораторные													36	36			36	36
Практические																		
Ауд. занятия													72	72			72	72
Сам. работа													72	72			72	72
Итого													144	144			144	144

Программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) — государственные требования к минимуму содержания и уровня подготовки бакалавра по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия». Утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 3 декабря 2015 г. № 1414.

Программу составил канд. техн. наук, доцент

Г.И. Липатов

Рецензент: д-р техн. наук, профессор

С.А. Акулинин

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 28.03.02 «Наноинженерия», профиль «Инженерные нанотехнологии в приборостроении».

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ППЭНЭ.

Протокол № 5 от «14» января 2016 г.

Заведующий кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии ФРТЭ.

Протокол № ___ от «22» января 2016 г.

Председатель методической комиссии ФРТЭ

А.Г. Москаленко

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Целью изучения дисциплины «Микрооптоэлектромеханические устройства» является формирование у обучающихся знаний о микрооптоэлектромеханических устройствах (МОЭМС), принципах их проектирования и моделирования, технологии изготовления и областях применения
1.2	Для достижения цели ставятся задачи приобретения студентами знаний:
1.2.1	принципов работы, конструкции, технологии изготовления и области применения чувствительных и исполнительных устройств МОЭМС
1.2.2	об особенностях построения математических моделей чувствительных элементов МОЭМС-устройств
1.2.3	способах реализации МОЭМС-устройств

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Цикл (раздел) ОПОП: вариативная часть		Код дисциплины в УП: Б1.В.ДВ.6.2
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося: Б1.Б.5 «Физика» Б1.Б.13 «Прикладная механика» Б1.Б.16 «Физико-химические основы нанотехнологии» Б1.Б.17 «Материаловедение наноматериалов и наносистем» Б1.В.ОД.9 «Процессы получения наноматериалов и наносистем» Б1.В.ДВ.4.1 «САПР в наноинженерии» Б1.В.ОД.10 «Микроэлектромеханические системы»	
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Выпускная квалификационная работа	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Код и наименование компетенции	
ОПК-1	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и экспериментального исследования

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать: конструкции, принципы работы, технологии изготовления и области применения чувствительных и исполнительных устройств МОЭМС (ОПК-1)
3.2	Уметь: разрабатывать элементную базу МОЭМС, удовлетворяющую функциональным требованиям и областям применения (ОПК-1)
3.3	Владеть: методами выполнения проекторочных расчетов элементов МОЭМС (ОПК-1)

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
			Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы	СРС	Всего часов
1	Классификация и модельный ряд базовых конструктивных реализаций МОЭМС	1, 2	8			12	20
2	Измерительные МОЭМС	3, 4	4		8	12	24
3	Математические модели МОЭМС	5—7	8		12	24	44

4	Технологические методы и оборудование для создания МОЭМС	8—12	8	8	12	28
5	Области применения МОЭМС	13—18	8	8	12	28
Итого часов:			36	36	72	144

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
1 Классификация и модельный ряд базовых конструктивных реализаций МОЭМС		
1	Что такое МОЭМС?	2
2, 3	Напряженно-деформированное состояние несущих элементов микромеханических приборов	4
4	Напряженно-деформированное состояние опорных элементов микромеханических приборов	2
2 Измерительные МОЭМС		
5	Электромеханика микросистем	2
6	Электростатические микроактюаторы	2
3 Математические модели МОЭМС		
7	Конструкция и уравнения движения микромеханического зеркала	2
8	Конструктивные параметры микромеханического зеркала. Электростатические силы	2
9	Демпфирование колебаний системы	2
10	Температурные деформации и проверка на прочность торсионов микромеханического зеркала	2
4 Технологические методы и оборудование для создания МОЭМС		
11—13	Основные технологические процессы изготовления механических компонентов	6
14	КМОП и микрообработка	2
5 Области применения МОЭМС		
15, 16	Расчет параметров микромеханического зеркала	4
17, 18	Инженерный анализ микросистемных устройств	4
Итого часов:		36

4.2 Практические занятия: не предусмотрены

4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
1 Классификация и модельный ряд базовых конструктивных реализаций МОЭМС			Проверка отчета по лабораторной работе
2, 4	Изучение методов обобщенного описания и комплексного анализа элементов микросистем различной физической природы	8	
6, 8	Изучение элементной базы микрооптомеханических приборов	8	
2 Измерительные МОЭМС			
10, 12	Изучение принципа работы и характеристик микромеханического гироскопа	8	
14	Моделирование конструкционных и динамических характеристик элементов МОЭМС	4	
5 Области применения МОЭМС			
16, 18	Исследование одномассового двухосевого сенсора угловых скоростей и линейных ускорений	8	
Итого часов:		36	

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17	Проработка материала лекций с использованием рекомендуемой литературы	Опрос	8
2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18	Подготовка к лабораторным работам	Ответы на контрольные вопросы	6
6, 12	Подготовка к контрольным работам	Результаты выполнения задания	4
Итого часов:			18

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:	
5.1	Лекции
5.2	Лабораторные работы
5.3	Самостоятельная работа
5.4	Консультации по всем вопросам учебной программы

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1	Контрольные вопросы и задания
6.1.1	Для текущего контроля успеваемости используются контрольные вопросы, помещенные в конце каждой лабораторной работы
6.1.2	В качестве заданий предусмотрены выдаваемые для самостоятельного решения задачи
6.2	Темы письменных работ не предусмотрены
6.3	Другие виды контроля не предусмотрены

Полная спецификация оценочных средств, процедур и контролируемых результатов в привязке к формируемым компетенциям, показателей и критериев оценивания приводится в Фонде оценочных средств по дисциплине, являющемся приложением к рабочей программе.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы/ составители	Заглавие	Вид и годы издания	Обеспеченность
7.1.1 Основная литература				
Л1.1	Распопов В.Я.	Микромеханические приборы. М.: Машиностроение. 2007. 400 с.	Учеб. пособие, 2007	1
Л1.2	Вардан В., Виной К., Джозе К.	ВЧ МЭМС и их применение. М.: Техносфера, 2004. 528 с.	Учеб. пособие, 2004	
Л1.3	Тимофеев В.Н.	Техническая механика микросистем. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 176 с.	Учеб. пособие, 2013	
7.1.2 Дополнительная литература				
Л2.1	Бхушан Б.	Справочник Шпрингера по нанотехнологиям (в 3-х томах) / Под ред. Б. Бхушана. М.: Техносфера, 2010.	Справочник, 2010	1
Л2.2	Фрайден Дж.	Современные датчики. Справочник. М.: Техносфера, 2006. 592 с.	Справочник, 2006	1
Л2.3	Джексон Р.	Новейшие датчики. М.: Техносфера, 2007. 384 с.	Справочник, 2007	1

Л2.4	Войтович И.Д., Корсунский В.М.	Интеллектуальные сенсоры. М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 624 с.	Учеб. пособие, 2011	
7.1.3 Методические разработки				
7.1.4 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы				
1	Системы компьютерной математики MathCAD, MATLAB			
2	Программный комплекс ANSYS			
3	Нано- и микросистемная техника. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.microsystems.ru . An information portal for the MEMS and Nanotechnology community [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.memnet.org . Новости МЭМС и нанотехники [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.smalltimes.com .			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1	Учебный компьютерный класс, оснащенный компьютерными программами для выполнения расчетов, и рабочими местами для самостоятельной подготовки обучающихся с выходом в Интернет
8.2	Контрольно-измерительное оборудование
8.3	Презентации и учебные видеофильмы

9. СТРУКТУРА И СОСТАВ ФОНДОВ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонды оценочных средств по дисциплине представляют собой: перечень вопросов для рейтинговых и контрольных мероприятий, варианты экзаменационных билетов.

9.1. Перечень вопросов для рейтинговых и контрольных мероприятий

1. Каковы основные факторы развития микросистемной техники?
2. Классифицируйте микросистемную технику с учетом сложности и массогабаритных характеристик.
3. Как влияют компоненты микросистемной техники на характеристики измерительных и исполнительных средств нового поколения?
4. Опишите основные характеристики сенсоров.
5. Опишите основные конструктивные варианты элементов микромеханических сенсоров. Дайте характеристику их свойств.
6. Опишите назначение, общую классификацию актюаторов.
7. Опишите основные конструктивные варианты пьезоэлектрических актюаторов. Дайте характеристику их свойств.
8. Какие физические механизмы определяют проявление обратного пьезоэффекта?
9. Опишите основные конструктивные варианты емкостных актюаторов. Дайте характеристику их свойств.
10. Опишите основные конструктивные варианты электромагнитных актюаторов. Дайте характеристику их свойств.
11. Опишите принцип работы электромагнитных актюаторов.
12. Какие физические механизмы определяют проявление эффекта «памяти формы»?
13. Какие механизмы активации используют для создания устройств микросмещения и микропозиционирования? Каковы конструктивные особенности этих устройств?
14. Приведите примеры применения микросистемных компонентов в высокочастотных устройствах.
15. Назовите сходные черты и различие технологических процессов микроэлектроники и микромеханики.

16. Каково основное конструктивно-топологическое отличие элементов микроэлектроники и микросистемной техники?
17. Опишите основные технологические процессы, используемые в микросистемной технике.
18. Опишите основные операции и область применения технологии с использованием «жертвенного» слоя.
19. Опишите основные операции и область применения технологий анизотропного жидкостного и глубокого реактивно-ионного травления.

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель ученого совета ФРТЭ

_____ В.А. Небольсин

« ____ » _____ 20 г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД

«Микрооптоэлектромеханические системы»

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

Изменения (дополнения) в УМКД обсуждены на заседании кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники.

Протокол № _____ от « ____ » _____ 20 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.А. Рембеза

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией ФРТЭ

Председатель методической комиссии ФРТЭ

А.Г. Москаленко

«Согласовано»

С.А. Рембеза

Карта обеспеченности рекомендуемой литературой

№ п/п	Авторы/ составители	Заглавие	Вид и годы издания	Обеспе- ченность
1. Основная литература				
Л1.1	Распопов В.Я.	Микромеханические приборы. М.: Машиностроение. 2007. 400 с.	Учеб. посо- бие, 2007	1
2. Дополнительная литература				
Л2.1	Бхушан Б.	Справочник Шпрингера по нанотехнологиям (в 3-х томах) / Под ред. Б. Бхушана. М.: Техносфера, 2010.	Справоч- ник, 2010	1
Л2.2	Фрайден Дж.	Современные датчики. Справочник. М.: Техносфера, 2006. 592 с.	Справоч- ник, 2006	1
Л2.3	Джексон Р.	Новейшие датчики. М.: Техносфера, 2007. 384 с.	Справоч- ник, 2007	1
3. Методические разработки				

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.А. Рембеза

Директор НТБ

Т.И. Буковшина

Лист регистрации изменений

Порядковый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (заменить, аннулировать, добавить)	Номер и дата приказа об изменении	Фамилия и инициалы, подпись лица, внесшего изменение	Дата внесения изменения