

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

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



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
П.Е.Троян

Документ подписан электронной подписью

6 г.

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРО- И НАНОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКИ

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
Профиль(и) «Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике»

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 4 Семестр 8

Учебный план набора 2016 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 | | | | | | | | 26(4) | 26 | часов |
| 2. | Лабораторные работы | | | | | | | | 8 | - | часов |
| 3. | Практические занятия | | | | | | | | 20(4) | 20 | часов |
| 4. | Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная) | | | | | | | | | - | часов |
| 5. | Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4) | | | | | | | | 54 | 54 | часов |
| 6. | Из них в интерактивной форме | | | | | | | | 8 | 8 | часов |
| 7. | Самостоятельная работа студентов (СРС) | | | | | | | | 54 | 54 | часов |
| 8. | Всего (без экзамена) (Сумма 5,7) | | | | | | | | 108 | 108 | часов |
| 9. | Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена | | | | | | | | 36 | 36 | часов |
| 10. | Общая трудоемкость (Сумма 8,9) | | | | | | | | 144 | 144 | часов |
| | (в зачетных единицах) | | | | | | | | 4 | 4 | ЗЕТ |

Экзамен 8 семестр

Томск 2016


Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (квалификация (бакалавр), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 06.03.2015г. № 177.

Рабочая программа учебной дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «30» 06 2016 г., протокол № 71.

Разработчик:

Доцент кафедры ФЭ

 / В.А.Мухачев


Заведующий кафедрой

Профессор кафедры ФЭ

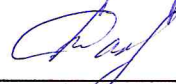
_____ / П.Е. Троян

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины является формирование знаний в области методов формирования и физических принципов функционирования компонентов микро- и наносистемной техники.

Задачи дисциплины – изучение физических основ функционирования устройств микро- и наносистемной техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

В соответствии с основной образовательной программой дисциплина «Физические основы микро- и наносистемной техники» относится к базовым дисциплинам профессионального цикла (Б1.В.ОД.14).

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по математике, физике, химии, материаловедению наноструктурированных материалов, физике конденсированного состояния, элементной базе микро- и наносистем, физике пленочных наноструктур.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при выполнении и написании выпускной квалификационной работы.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Способность представлять адекватному современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);

Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7);

Готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-2).

3.2. В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать - физические принципы работы основных структур и компонентов нано- и микросистемной техники (НиМСТ);

- базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов и компонентов (НиМСТ);

Уметь - применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов и компонентов НиМСТ;

- использовать современную и вычислительную технику в своей профессиональной деятельности;

Владеть:

- навыками расчета основных параметров материалов и компонентов НиМСТ;

- владеть основами обработки результатов экспериментальных данных.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестры |
|--|-------------|-----------|
| | | 8 |
| Аудиторные занятия (всего) | 54 | 54 |
| В том числе: | | |
| Лекции | 26 | 26 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 8 | 8 |
| Практические занятия (ПЗ) | 20 | 20 |
| Самостоятельная работа (всего) | 54 | 54 |
| В том числе: | | |
| Проработка лекций, подготовка к практическим и лабораторным занятиям | 54 | 54 |
| Всего без экзамена | 108 | 108 |
| Самостоятельная работа на подготовку и сдачу экзамена | 36 | 36 |

| | | |
|-------------------------------|-----|-----|
| Общая трудоемкость час | 144 | 144 |
| Зачетные единицы трудоемкости | 4 | 4 |

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекции | Практич. занятия | Самост. работа студента | Лабораторные работы | Всего час | Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК) |
|-------|--|--------|------------------|-------------------------|---------------------|-----------|---------------------------------------|
| 1. | Чувствительные элементы микросистемной техники (МСТ) | 6 | 4 | 18 | 4 | 32 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 |
| 2. | Сенсорные компоненты МСТ | 6 | 4 | 10 | | 20 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 |
| 3. | Акселерометры МСТ | 6 | 6 | 18 | 4 | 34 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 |
| 4. | Актюаторы | 8 | 6 | 8 | | 22 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 |
| | Итого: | 26 | 20 | 54 | 8 | 108 | |

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

| № п/п | Наименование разделов | Содержание разделов | Трудоемкость (час.) | Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК) |
|-------|--|---|---------------------|---------------------------------------|
| 1 | Чувствительные элементы для микросистемной техники (МСТ) | Основные понятия МСТ. Пьезорезистивные и пьезоэлектрические чувствительные элементы (ЧЭ). Резонансные ЧЭ, ЧЭ на поверхностных акустических волнах (ПАВ). | 6 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 |
| 2 | Сенсорные компоненты МСТ | Сенсоры температуры, магнитного поля, угловых скоростей. Гироскопы: волоконно-оптический гироскоп, микромеханический сенсор угловых скоростей. | 6 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 |
| 3 | Акселерометры для МСТ | Микромеханические акселерометры L-типа, микромеханические акселерометры R-типа. Акселерометры с нагревательной пластиной, акселерометры с нагревательным газом. | 6 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 |
| 4 | Актюаторы | Актюаторные элементы МСТ. Микромеханические ключи. Интегральные микрзеркала. Интегральные микродвигатели. Электростатические планарные микродвигатели. | 8 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 |

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 из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | |
| 1 | Математика | + | + | + | + | | | |
| 2 | Физика | + | + | + | + | | | |
| 3 | Химия | + | | + | | | | |
| 4 | Планирование эксперимента | + | + | + | + | | | |
| 5 | Физика конденсированного состояния | + | + | + | + | | | |
| 6 | Элементная база микро- и наносистем | + | + | + | + | | | |
| 7 | Физика пленочных наноструктур | + | + | | + | | | |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | |
| 1 | Выпускная квалификационная работа | + | + | + | + | | | |

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

| Перечень компетенций | Формы контроля | | | |
|----------------------|----------------|-----|-----|---|
| | Л | Пр. | СРС | |
| ОПК-1 | + | + | + | Доклады, сообщения о последних достижениях в области МСТ по данным научных журналов |
| ОПК-7 | + | + | + | Опрос, обсуждение принципов работы элементов МСТ |
| ПК-2 | + | + | + | Защита лабораторных работ |

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы | Формы | Лекции (час) | Практические занятия (час) | Лабораторные работы (час) | Всего |
|--------|--|--------------|----------------------------|---------------------------|-------|
| | Тесты | 2 | | 2 | 4 |
| | Обсуждение новых сообщений об изделиях МСТ | | 4 | | 4 |
| | Итого интерактивных занятий | 2 | 4 | 2 | 8 |

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

| № | № раздела дисциплины | Тематика лабораторных работ | Трудоемкость | Компетенции |
|---|----------------------|--|--------------|--------------------|
| 1 | 1,3 | Исследование конструкции и характеристик струнного акселерометра | 4 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 |
| 2 | 2,3 | Исследование динамических характеристик кантилевера | 4 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 |

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика практических занятий (семинаров) | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК |
|-------|----------------------|---|---------------------|-------------------------|
| 1. | 1 | Параметры и характеристики МСТ. Термины и буквенные обозначения параметров МСТ. Прямой и обратный пьезоэффекты. ЧЭ на пьезоэффекте. Емкостные ЧЭ, ЧЭ на ПАВ | 4 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 |
| 2. | 2 | Физические основы датчиков температуры: эффекты Пельтье и Зеебека. Датчики магнитного поля: прямые – непосредственное измерение магнитной индукции (например, использование эффекта Холла), косвенные – обнаружение электрического поля по его магнитному полю, регистрация механического перемещения при воздействии магнитного поля. Датчики угловых скоростей – гироскопы: волоконно-оптические и микромеханические. Конструкции микромеханических гироскопов. | 4 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 |
| 3. | 3 | Микромеханические сенсоры линейных скоростей - микромеханические акселерометры (ММА): ММА L-типа и R-типа: конструкции и принципы действия. Акселерометры с нагреваемой пластиной и с нагреваемым газом. | 4 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 |
| 4. | 4 | Актуаторы. Микромеханические ключи: термические, пьезоэлектрические, электростатические, магнитные – принцип действия и конструкции. Интегральные микрзеркала: одноосные и двуосные – принцип действия и конструкции. Микродвигатели: электростатические и пьезоэлектрические. Обсуждение докладов по материалам журнала НиМСТ. | 8 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 |

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п | Тематика самостоятельной работы (детализация) | Трудо- емкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК | Контроль выполне- ния работы |
|-------|--|-----------------------------|----------------------------|---|
| 1. | Проработка лекций, подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам | 34 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 | Опрос на практике, тесты, защита лабораторных работ |
| 2 | Изучение рекомендованных преподавателем статей в научных журналах | 20 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 | Доклады, сообщения, обсуждение |
| 3 | Самостоятельная работа на подготовку и сдачу экзамена | 36 | ОПК-1, ОПК-7, ПК-2 | Оценка на экзамене |

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

не предусмотрено

11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

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 |
|---|--|---|---|------------------|
| Посещение занятий | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Активность и качество ответов на практических занятиях и лабораторных работах | 20 | 20 | 21 | 61 |
| Итого максимум за период: | 23 | 23 | 24 | 70 |
| Сдача экзамена | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 23 | 46 | 70 | 100 |

Экзаменационный билет содержит три теоретических вопроса (1 вопрос – 10 баллов)

Пример экзаменационного билета:

1. Пьезорезистивные сенсоры в качестве датчиков давления.
2. Влияние массы чувствительного элемента (ЧЭ) на частотные характеристики датчика.
3. Акселерометры с нагреваемым газом.

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) | 90 – 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) | 85 – 89 | B (очень хорошо) |

| | | |
|--|----------------|-------------------------|
| (зачтено) | 75 - 84 | С (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

12.1.1. Мухачев В.А. Физические основы микро- и наносистемной техники. – Учебное пособие.- Томск: ТУСУР, 2016.- 192 с.- [электронный ресурс] – <http://miel.tusur.ru/>

12.1.2. Игнатов А.Н. Микросхемотехника и наноэлектроника.- Учебное пособие. – СПб:изд.»Лань», 2011.-528 с. (4 экз.)

12.2 Дополнительная литература

12.2.1. Косцов Э.Г. Состояние и перспективы микро- и наносистемной техники.//Автометрия.-2009.-Т.45,№3, - с. 3-52

12.2.2. Яшин К.Д., Лацапнев Е.В. Англо-русский терминологический словарь по микро- и наносистемной технике//Нано и микросистемная техника, 2006, №1-12, 2007, №1-11

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

12.3.1. Мухачёв В.А. Физические основы микро- и наносистемной техники:учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».- Томск:ТУСУР, 2014.-18 с. - [электронный ресурс] - <http://miel.tusur.ru/>

12.3.2. Мухачев В.А. Физические основы микро- и наносистемной техники. Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».- Томск: ТУСУР, 2015.-23 с.(25 экз.) - [электронный ресурс] - <http://miel.tusur.ru/>

12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

12.4.1. Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет портал: <http://www.portalnano.ru/>.

12.4.2. Ежемесячный междисциплинарный теоретический и прикладной научно-технический журнал «Нано- и микросистемная техника».- <http://www.microsystems.ru/about.shtml>

12.4.3. Ежемесячный журнал «Российские нанотехнологии».- <http://www.nanorf.ru/>.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В связи с большим количеством графического материала и рисунков по данной дисциплине лекционные занятия следует проводить с применением проектора и компьютера. Конспектирование студентами лекционного материала обязательно.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
П. Е. Троян
« 6 » 04 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Физические основы микро- и наносистемной техники

(полное наименование учебной дисциплины или практики)

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Направление(я) подготовки (специальность) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

(полное наименование направления подготовки (специальности))

Профиль(и) «Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике»

(полное наименование профиля направления подготовки (специальности))

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Факультет электронной техники (ФЭТ)

(сокращенное и полное наименование факультета)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

(сокращенное и полное наименование кафедры)

Курс 4

Семестр 8

Учебный план набора 2016 года и последующих лет.

Зачет _____ семестр

Диф. зачет _____ семестр

Экзамен 8 семестр

Разработчик: доцент каф. ФЭ Мухачев В.А.

Томск 2016

1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Физические основы микро- и наносистемной техники» 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 «Физические основы микро- и наносистемной техники» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Физические основы микро- и наносистемной техники» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенции |
|-------|--|--|
| ОПК-1 | Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики. | Знать основные законы физики: динамики, электродинамики, оптики, физики твердого тела, атомной физики и квантовой механики, математического анализа; Уметь пользоваться законами физики для понимания принципа работы элементов микросистемной техники (МСТ), вычислять критические характеристики (предел прочности, резонансную частоту и др.) элементов МСТ; Владеть навыками работы с элементами МСТ и анализа их характеристик. |
| ОПК-7 | Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности | Знать методы измерения механических, электрических, оптических характеристик элементов МСТ; Уметь вычислять критические характеристики элементов МСТ с использованием современной вычислительной техники; Владеть навыками работы с необходимыми измерительными приборами |

| | | |
|------|--|---|
| ПК-2 | Готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники | Знать методики проведения экспериментальных исследований; Уметь выбирать необходимые приборы и оптимальную методику измерений; Владеть методами обработки и анализа экспериментальных данных, возможностью рекомендовать границы применимости исследуемых элементов МСТ. |
|------|--|---|

2 Реализация компетенций

1 Компетенция ОПК-1

ОПК-1: Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

Таблица 2.– Этапы формирования компетенции ОПК-1 и используемые средства оценивания

| 1. Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|--|--|
| Содержание этапов | Знать основные законы физики: динамики, электродинамики, оптики, физики твердого тела, атомной физики и квантовой механики, математического анализа; | Уметь выбрать нужные законы и применить для объяснения изучаемого явления; сделать необходимые вычисления | Владеть навыками работы с измерительной аппаратурой, методикой измерений и методами обработки экспериментальных результатов |
| Виды занятий | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа | Практические занятия; Лабораторные работы | Практические занятия; Лабораторные работы; |
| Используемые средства оценивания | Тесты, обсуждение изучаемого материала и новых данных, | Доклады и опрос на практических занятиях, защита лабораторных | Защита лабораторных работ, тесты, |

| | | | |
|--|---------------------------|--------|----------------------------|
| | защита лабораторных работ | работ. | решение задач на практике. |
|--|---------------------------|--------|----------------------------|

2 Компетенция ОПК-7

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

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 ОПК-7 и используемые средства оценивания

| 2. Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|--|
| Содержание этапов | Знать современный уровень развития электроники, измерительной и вычислительной техники | Уметь выбрать необходимые приборы и методики измерений и нужную вычислительную технику | Владеть навыками работы с измерительными приборами и вычислительной техники |
| Виды занятий | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы | Практические занятия; Лабораторные работы | Лабораторные работы |
| Используемые средства оценивания | Тесты, обсуждение докладов, защита лабораторных работ | Доклады и сообщения о новых разработках, решение задач, защита лабораторных работ | Выполнение и защита лабораторных работ |

3 Компетенция ПК-2

ПК- 2 - Готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого вида занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 4.

Таблица 4– Этапы формирования компетенции ПК-2 и используемые средства оценивания

| 3. Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|--|--|
| Содержание этапов | Знать физические основы и принципы работы основных компонентов микросистемной техники (МСТ); знать, какие материалы используются при изготовлении этих компонентов | Уметь анализировать характеристики прибора, возможности экспериментального исследования с использованием новых материалов | Владеть методикой и приборами для проведения экспериментальных исследований |
| Виды занятий | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы | Лекции; Практические занятия; | Практические занятия; Лабораторные работы |
| Используемые средства оценивания | Тесты, обсуждение докладов, защита лабораторных работ | Доклады на практических занятиях, анализ сведений о новых принципах компонентов МСТ и используемых материалов | Выполнение и защита лабораторных работ |

1. Компетенция ОПК-1 - способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в таблице 5

Таблица 5 – 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 | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует методику 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 компетенции ОПК-1 приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|--|--|---|
| Отлично (высокий уровень) | Знает основные приборы и элементы МСТ, причины их работы, основные технологии изготовления элементов МСТ | Уметь соотносить элементы микроэлектроники с возможностями элементов МСТ | Владеть методическим аппаратом, достаточным для расчетов основных характеристик элементов МСТ |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Хорошо (базовый уровень) | Знает основные приборы и элементы МСТ, принципы их работы | Умеет оценивать основные характеристики элементов МСТ | Владеет математическим аппаратом, достаточным для оценивания предельных характеристик приборов МСТ |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Знает принципы работы некоторых элементов МСТ | Умеет качественно оценивать возможности (предельные характеристики) элементов МСТ | Владеет некоторыми приемами оценки возможностей элементов МСТ под наблюдением специалиста |

2. Компетенция ОПК-7 - способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в **таблице 7**.

Таблица 7 – 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 | Работает при прямом наблюдении |

| | | | |
|--|--|---------------|--|
| | | простых задач | |
|--|--|---------------|--|

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ОПК-7 приведена в таблице 8.

Таблица 8 - Характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|--|--|--|---|
| Отлично (высокий уровень) | Знает современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники; | Умеет использовать современные приборы электроники и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности | Владеет навыками работы с современной измерительной и вычислительной техникой |
| Хорошо (базовый уровень) | Знает основные приборы и вычислительную технику, используемую при работе с элементами МСТ | Умеет работать с приборами электроники и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности | Владеет навыками работы с некоторыми основными приборами и вычислительной техникой |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Знает некоторые приборы и вычислительную технику, используемую в конкретной деятельности | Умеет решать простые задачи по выбору необходимых приборов электроники и вычислительной техники | Владеет методикой работы на простых приборах под наблюдением специалиста |

3. Компетенция ПК-2 - Готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники. Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в таблице 9.

Таблица 9 – 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 | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует методику 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 компетенции ПК-2 приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|--|--|--|
| Отлично (высокий уровень) | Знает методики экспериментальных исследований компонентов и материалов НиМСТ | Уметь проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов НиМСТ | Владеть навыками работы по исследованию материалов и компонентов НиМСТ |
| Хорошо (базовый) | Знает методики | Умеет проводить и | Владеет |

| | | | |
|--|--|--|---|
| уровень) | экспериментальных исследований некоторых (основных) приборов НиМСТ | анализировать результаты экспериментальных исследований приборов НиМСТ | некоторыми навыками экспериментальных исследований приборов НиМСТ |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Знает базовые методики экспериментальных исследований компонентов НиМСТ | Умеет проводить элементарные исследования компонентов НиМСТ | Может проводить исследования приборов НиМСТ под наблюдением специалиста |

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе: тесты, доклады и сообщения, практические задания, лабораторные работы, экзамен.

Типовые задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

3.1. Доклады и сообщения по материалам журнала «Нано- и микросистемная техника»:

- 1) Галушков А.И., Погалов А.И., Сауров А.Н. Моделирование виброрезонансных наноэлементов для сверхчувствительных устройств контроля массы НиМСТ, №2, 2008.-с.8-12
- 2) Драгунов В.П., Остертак Д.И. Электростатические взаимодействия с МЭМС с плоскопараллельными электродами. Часть 1. Расчет емкостей. Нано- и микросистемная техника, № 7, 2010.-с.37-41
- 3) Драгунов В.П., Остертак Д.И. Электростатические взаимодействия в МЭМС с плоскопараллельными электродами. Часть 2. Расчет электростатических сил НиМСТ, № 8, 2010.-с. 40-47

3.2. Тесты по следующим разделам:

- 1) Чувствительные элементы для микросистемной техники (МСТ): Пьезорезистивные и пьезоэлектрические чувствительные элементы (ЧЭ), резонансные ЧЭ;
- 2) Сенсорные компоненты МСТ: сенсоры температуры, магнитного поля, ускорений, микромеханические гироскопы;

3) Акселерометры для МСТ: микромеханические акселерометры L- и R-типа, акселерометры с нагреваемой пластиной или нагреваемым газом;

4) Актюаторы: Микромеханические ключи, интегральные микрозеркала и микродвигатели.

3.3. Темы практических занятий:

1) Чувствительные элементы (ЧЭ) на пьезоэффекте, емкостные ЧЭ;

2) Расчет моментов инерции консолей различного профиля;

3) Конструкции и принципы работы датчиков температуры, магнитного поля, перемещений;

4) Микродвигатели: электростатические (планарные) и пьезоэлектрические;

5) Актюаторы: термические, пьезоэлектрические, электростатические, магнитные;

6) Гироскопы: вибрационные гироскопы L- и R-типа: принцип действия;

7,8,9,10) Обсуждение докладов, сделанных студентами по материалам журнала НиМСТ.

3.4. Лабораторные работы:

1) Исследование конструкции и характеристик струнного акселерометра;

2) Исследование динамических характеристик кантилевера.

3.5. Экзамен:

Примеры билетов на экзамене по ФОМСТ:

1) а) Пьезорезистивные чувствительные элементы;

б) Электростатические датчики ускорений

в) Устройство и принцип работы газового хроматографа.

2) а) Принцип работы вибрационного гироскопа;

б) Интегральные микрозеркала: устройство и принцип работы;

в) Электростатические планарные микродвигатели.

4 Методические материалы

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

4.1 Основная литература

4.1.1. Мухачев В.А. Физические основы микро- и наносистемной техники. – Учебное пособие.- Томск: ТУСУР, 2016.- 192 с.- [электронный ресурс] – <http://miel.tusur.ru/>

4.1.2. Игнатов А.Н. Микросхемотехника и наноэлектроника.- Учебное пособие. – СПб:изд.«Лань», 2011.-528 с.(4 экз.)

4.2 Дополнительная литература

4.2.1. Косцов Э.Г. Состояние и перспективы микро- и наносистемной техники.//Автометрия.-2009.-Т.45,№3, - с. 3-52

4.2.2. Яшин К.Д., Лацапнев Е.В. Англо-русский терминологический словарь по микро- и наносистемной технике//Нано и микросистемная техника, 2006, №1-12, 2007, №1-11

4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

4.3.1. Мухачёв В.А. Физические основы микро- и наносистемной техники:учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».- Томск:Тусур, 2014.- 18 с. - [электронный ресурс] - <http://miel.tusur.ru/>

4.3.2. Мухачев В.А.Физические основы микро- и наносистемной техники. Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».- Томск: ТУСУР, 2015.- 23 с.(25 экз.), - [электронный ресурс] - <http://miel.tusur.ru/>

4.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

4.4.1. Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет портал: <http://www.portalnano.ru/>.

4.4.2. Ежемесячный междисциплинарный теоретический и прикладной научно-технический журнал «Нано- и микросистемная техника».- <http://www.microsystems.ru/about.shtml>

4.4.3. Ежемесячный журнал «Российские нанотехнологии».- <http://www.nanorf.ru/>.