

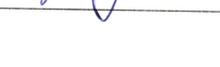
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
 Директор обеспечивающей
 Школы неразрушающего
 контроля и безопасности
 Д.А. Седнев
 « 30 » 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

| Сенсорные и актюаторные элементы микросистемной техники | | |
|---|--|-----|
| Направление подготовки/ специальность | 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника | |
| Образовательная программа (направленность (профиль)) | Прикладная электронная инженерия | |
| Специализация | Инжиниринг в электронике | |
| Уровень образования | высшее образование - бакалавриат | |
| Курс | 4 | 8 |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах) | 3 | |
| Виды учебной деятельности | Временной ресурс | |
| Контактная (аудиторная) работа, ч | Лекции | 11 |
| | Практические занятия | 11 |
| | Лабораторные занятия | 22 |
| | ВСЕГО | 44 |
| | Самостоятельная работа, ч | 64 |
| | ИТОГО, ч | 108 |

| | | | |
|------------------------------|---------|------------------------------|---------------------------------|
| Вид промежуточной аттестации | экзамен | Обеспечивающее подразделение | Отделение Электронной инженерии |
|------------------------------|---------|------------------------------|---------------------------------|

| | | |
|--|---|-----------------|
| Зав. кафедрой-руководитель отделения на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель |  | П.Ф. Баранов |
| |  | В.С. Иванова |
| |  | Т.Г. Нестеренко |

2020 г.

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции | Индикаторы достижения компетенций | | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) | |
|-----------------|---|-----------------------------------|--|---|---|
| | | Код индикатора | Наименование индикатора достижения | Код | Наименование |
| ПК(У)-1 | Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | И. ПК(У)-1.1. | Демонстрирует способность строить физические и математические модели микроэлектромеханических систем, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | ПК(У)-1.1В1 | Владеет опытом моделирования микромеханических систем |
| | | | | ПК(У)-1.1У1 | Умеет строить физические и математические модели компонентов микросистемной техники |
| | | | | ПК(У)-1.31 | Знает физические принципы построения компонентов микросистемной техники |
| ПК(У)-3 | Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | И. ПК(У)-3.1. | Демонстрирует способность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием | ПК(У)-31.В3 | Владеет опытом автоматизированного проектирования микросистемной техники |
| | | | | ПК(У)-3.1У3 | Умеет проектировать принципиальные электрические схемы микромеханических систем |
| | | | | ПК(У)-3.133 | Знает методы синтеза и исследования моделей микросистемной техники |

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине | | Индикатор достижения компетенции |
|---|--|----------------------------------|
| Код | Наименование | |
| РД-1 | Разрабатывать физические и математические модели микросистемной техники при их проектировании | И. ПК(У)-1.1 |
| РД-2 | Разрабатывать топологические чертежи микроэлектромеханической системы | И. ПК(У)-3.1 |
| РД-3 | Разрабатывать технические требования к блокам микромеханических систем и оценивать их характеристики | И. ПК(У)-1.1 |
| РД-4 | Выполнять анализ и расчёт электрических схем микромеханических систем | И. ПК(У)-3.1 |

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

| Разделы дисциплины | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|---|--|---------------------------|-------------------|
| Раздел 1. Системный подход к проектированию микросистем | РД-1 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | 0 |
| | | Лабораторные занятия | 2 |
| | | Самостоятельная работа | 10 |
| Раздел 2. Базовые конструкции микромеханических гироскопов | РД-1 РД-3 РД -4 | Лекции | 5 |
| | | Практические занятия | 5 |
| | | Лабораторные занятия | 12 |
| | | Самостоятельная работа | 20 |
| Раздел 3. Проектирование информационно-измерительной системы МЭМС | РД -4 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | 4 |
| | | Лабораторные занятия | 4 |
| | | Самостоятельная работа | 14 |
| Раздел 4. Технологический процесс изготовления элементов микросистемной техники | РД-2 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | 2 |
| | | Лабораторные занятия | 4 |
| | | Самостоятельная работа | 20 |

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Системный подход к проектированию микросистем

Уровни описания проектируемых объектов: системный, функциональный, конструкторский, технологический. Основные виды микромеханических элементов.

Механические свойства материалов микросистемной техники

Темы лекций:

1. Упругие подвесы микросистем.

Названия лабораторных работ:

1. Параметрическое компьютерное моделирование упругих элементов микромеханических систем.

Раздел 2. Базовые конструкции микромеханических гироскопов

Двух-, трёхкомпонентные гироскопы. Гироскопы с промежуточными телами, с расширенной полосой пропускания, с антифазным первичным движением.

Темы лекций:

1. Схемы и характеристики двухкомпонентных LL и RR гироскопов.
2. Схемы и характеристики МЭМС гироскопов с двумя массами по осям первичных и вторичных колебаний.
3. МЭМС гироскоп с распределённой массой.

Темы практических занятий:

1. Упругие подвесы микромеханических систем.
2. Механические свойства материалов микросистемной техники.

Названия лабораторных работ:

1. Определение собственных частот и форм колебаний микромеханических гироскопов в программе ANSYS.
2. Проведение модального анализа элементов микросистемной техники в программе ANSYS.
3. Определение ёмкости электродных структур в программе ANSYS.

Раздел 3. Проектирование информационно-измерительной системы МЭМС

Схемотехнические решения систем обработки сигналов. Преобразователи ёмкость-

напряжение, ёмкость-ток.

Темы лекций:

1. Система возбуждения первичных колебаний и съёма выходной информации МЭМС сенсоров.

Темы практических занятий:

1. Виды электродных структур гироскопов
2. Ёмкостные преобразователи перемещений

Названия лабораторных работ:

1. Определение ёмкости электродных структур аналитически в программе MathCad

| |
|---|
| Раздел 4. Технологические процессы изготовления элементов микросистемной техники |
|---|

Технология объёмной микрообработки. Iiga-технология. Технология поверхностной микрообработки. Mumps-технология. Summit-технология.

Темы лекций:

1. Технологические операции изготовления микросистем.

Темы практических занятий:

1. Разработка топологии МЭМС сенсора.

Названия лабораторных работ:

1. Определение влияния температуры на собственные частоты однокомпонентного микромеханического гироскопа в программе ANSYS.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Игнатов, А. Н.. Микросхемотехника и наноэлектроника [Электронный ресурс] / Игнатов А. Н.. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 528 с.. Лань - Инженерно-технические науки.. — ISBN 978-5-8114-1161-0.
(https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2035 (контент)).
2. .Микросистемные датчики физических величин: монография в двух частях / Вавилов В.Д., Тимошенко С.П., Тимошенко А.С. Москва: ТЕХНОСФНРА, 2018. — 550 с. (<https://e.lanbook.com/reader/book/110960/#2>).

Дополнительная литература

1. Техническая механика микросистем : учебное пособие / В. Н. Тимофеев [и др.]; Московский государственный институт электронной техники (Технический университет) (МИЭТ) ; под ред. В. Н. Тимофеева. — 2-е изд.. — Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. — 176 с.: ил.. — Библиогр.: с. 173-174. — Список сокращений: с. 175-176.. — ISBN 978-5-9963-0636-7.
2. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам. / Под ред. П. П. Мальцева. М.: Техносфера, 2005. 592 с. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях: учебное пособие
3. Галперин, Е.В. Данилкин, А.И. Мочалов; под ред. С.П. Тимошенко. —М.: БИНОМ, 2010. — 283 с. Всего в биб-ке
4. Резнев, А. А.. Тенденции развития МЭМС / А. А. Резнев, В. Д. Вернер. — Москва: Амиант, 2010. — 275 с.: ил.. — Библиогр.: с. 268-272. —с. 264-267.. — ISBN 978-5-4231-0042-1..

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. mCube [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mcubemems.com>.
2. AnalogDevices [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.analog.com>.
3. STMicroelectronics [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.st.com>.
4. Colibrys [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.colibrys.com>.
5. Bosh Sortec [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.bosch-sensortec.com>.
6. Sensor Technology LTD [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sensortech.ca/site/index.cfm>.
7. Silicon Sensing Systems [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.siliconsensing.com>.
8. Murata Electronics [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.murata.com>.
9. InvenSense [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.invensense.com>.
10. MEMSIC [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.memsic.com>.
11. ОАО КОНЦЕРН ЦНИИ «ЭЛЕКТРОПРИБОР» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.elektropribor.spb.ru>.
12. T- FLEX CAD 3D [Электронный ресурс]. – URL: <ftp://ftp.topsystems.ru>
13. LMS Moodle "Гироскопы и акселерометры на новых физических принципах" <http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=154>
14. <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Используемое лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; Cisco Webex Meetings; Dassault Systemes SOLIDWORKS Education; MathWorks MATLAB Full Suite R2017b; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Zoom Zoom; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; Ansys; Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic; Top Systems T-FLEX CAD Education;

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

| № | Наименование специальных помещений | Наименование оборудования |
|----|---|--|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего | Комплект учебной мебели на 15 посадочных мест; Компьютер - 18 шт.; Принтер - 1 шт.; |

| | | |
|----|--|---|
| | контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 105 | Проектор - 1 шт.; Телевизор - 1 шт. |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 46 | Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 210 | Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест; Компьютер - 20 шт.; Принтер - 2 шт.; Проектор - 1 шт. |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, специализации «Инжиниринг в электронике» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность | ФИО |
|------------------|-----------------|
| Доцент ОЭИ ИШНКБ | Нестеренко Т.Г. |

Программа одобрена на заседании Отделения электронной инженерии ИШНКБ (протокол № 19 от 28.06.2019).

Зав. кафедрой – руководитель отделения
на правах кафедры,
к.т.н.



П.Ф. Баранов

подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

| Учебный год | Содержание /изменение | Обсуждено на заседании ОЭИ ИШНКБ (протокол) |
|-----------------------|---|---|
| 2020/2021 учебный год | <ol style="list-style-type: none"> 1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС | от 01.09.2020 г. № 37 |
| 2021/2022 учебный год | <ol style="list-style-type: none"> 1. Обновлено содержание разделов дисциплины 2. Обновлено ПО в рабочей программе дисциплины 3. Обновлен список литературы 4. Обновлен перечень профессиональных баз 5. Обновлена аннотация рабочей программы дисциплины 6. Обновлены материалы в ФОС дисциплины | от 30.08.2021 г. № 54 |
| 2022/2023 учебный год | <ol style="list-style-type: none"> 1. Обновлено содержание разделов дисциплины 2. Обновлено ПО в рабочей программе дисциплины 3. Обновлен список литературы 4. Обновлен перечень профессиональных баз 5. Обновлены материалы в ФОС дисциплины | от 27.06.2022 г. № 67 |