

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.07 Компоненты микросистемной техники

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль)

11.03.04.31 Микросистемная техника

Форма обучения

очная

Год набора

2022

Красноярск 2023

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой, доцент,

\_\_\_\_\_ Левицкий А.А. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

формирование знаний о компонентах микросистемной техники, физических принципах их функционирования, конструкциях, характеристиках, базовых технологиях и особенностях применения;

освоение методик экспериментального и теоретического исследования компонентов микросистемной техники.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

К задачам изучения дисциплины относятся:

получение знаний об основных видах компонентов микросистемной техники, принципах их функционирования, основных конструктивных вариантах, характеристиках, базовых технологиях и особенностях применения;

формирование умений использовать полученные знания при моделировании, экспериментальном исследовании и применении компонентов микросистемной техники;

овладение навыками работы с отдельными компонентами микросистемной техники, исследования их характеристик и применения при создании технических систем различного функционального назначения.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Запланированные результаты обучения по дисциплине   |
|--|---|
| <b>ПК-2: Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения</b> |   |
| ПК-2.1: Понимает технические требования, предъявляемые к изготавливаемым изделиям микроэлектроники   | технические требования, предъявляемые к изготавливаемым изделиям<br>анализировать технические требования, предъявляемые к изготавливаемым изделиям<br>назначать технические требования, предъявляемые к изготавливаемым изделиям<br>навыками составления проектной документации |

|  |   |
|--|---|
| <p>ПК-2.2: Анализирует схемы контроля технических характеристик изделий микроэлектроники</p>             | <p>методы и способы контроля технических характеристик изделий<br/>анализировать схемы контроля технических характеристик изделий<br/>навыками контроля технических характеристик изделий<br/>методикой выбора схем контроля технических</p>  |
|  | <p>характеристик изделий<br/>методикой выбора средств контроля технических характеристик изделий</p>  |
| <p>ПК-2.3: Выбирает схемы контроля технических требований, предъявляемых к изделиям микроэлектроники</p> | <p>технические требования, предъявляемые к изделиям микросистемной техники<br/>средства контроля технических требований<br/>определять методы и способы контроля технических требований<br/>анализировать схемы контроля технических требований<br/>анализировать возможности средств контроля технических требований<br/>навыками контроля технических требований, предъявляемых к изделиям микросистемной техники<br/>методикой выбора схем контроля технологических требований, предъявляемых к изделиям</p> |

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

| Вид учебной работы                         | Всего,<br>зачетных<br>единиц<br>(акад.час) | е |
|--|--|---|
|  |  | 1 |
| <b>Контактная работа с преподавателем:</b> | <b>1,67 (60)</b>                           |   |
| занятия лекционного типа                   | 1 (36)                                     |   |
| лабораторные работы                        | 0,67 (24)                                  |   |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся:</b> | <b>1,33 (48)</b>                           |   |
| курсовое проектирование (КП)               | Нет  |   |
| курсовая работа (КР)                       | Да   |   |

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

| №<br>п/п                                |  | Модули, темы (разделы) дисциплины                     |  | Контактная работа, ак. час.    |  |   |                          |  |                          |                                     |  |
|---|--|---|--|--------------------------------|--|---|--------------------------|--|--------------------------|-------------------------------------|--|
|   |  |   |  | Занятия<br>лекционного<br>типа |  | Занятия семинарского типа                 |                          |  |                          | Самостоятельная<br>работа, ак. час. |  |
|   |  |   |  |                                |  | Семинары и/или<br>Практические<br>занятия |                          | Лабораторные<br>работы и/или<br>Практикумы |                          |                                     |  |
|   |  |   |  |                                |  | Всего                                     | В том<br>числе в<br>ЭИОС | Всего                                      | В том<br>числе в<br>ЭИОС |                                     |  |
| <b>1. Технологические процессы МЭМС</b> |  |   |  |                                |  |   |                          |  |                          |                                     |  |
|   |  | 1. Введение в микросистемную технику                  |  | 2                              |  |   |                          |  |                          |                                     |  |
|   |  | 2. Технологические процессы МЭМС                      |  | 4                              |  |   |                          |  |                          |                                     |  |
|   |  | 3. Моделирование процессов травления в программе ACES |  |                                |  |   |                          | 2  |                          |                                     |  |
|   |  | 4.  |  |                                |  |   |                          |  |                          | 12                                  |  |
| <b>2. Сенсоры и микроактюаторы</b>      |  |   |  |                                |  |   |                          |  |                          |                                     |  |
|   |  | 1. Базовые элементы и узлы МЭМС                       |  | 2                              |  |   |                          |  |                          |                                     |  |
|   |  | 2. Микросистемные преобразователи                     |  | 2                              |  |   |                          |  |                          |                                     |  |
|   |  | 3. Микроактюаторы                                     |  | 2                              |  |   |                          |  |                          |                                     |  |
|   |  | 4. Микроакселерометры                                 |  | 2                              |  |   |                          |  |                          |                                     |  |
|   |  | 5. Микрогироскопы                                     |  | 2                              |  |   |                          |  |                          |                                     |  |
|   |  | 6. Микродатчики давления                              |  | 2                              |  |   |                          |  |                          |                                     |  |

|   |    |  |  |  |    |  |    |  |
|---|----|--|--|--|----|--|----|--|
| 7. Исследование характеристик микроактюатора в программе ANSYS Mechanical APDL (ANSYS Workbench)  |    |  |  |  | 2  |  |    |  |
| 8. Исследование характеристик микроакселерометра в программе ANSYS Workbench                      |    |  |  |  | 2  |  |    |  |
| 9. Исследование характеристик микрогироскопа в программе ANSYS Workbench                          |    |  |  |  | 2  |  |    |  |
| 10. Исследование характеристик кантилевера атомно-силового микроскопа в программе ANSYS Workbench |    |  |  |  | 2  |  |    |  |
| 11.   |    |  |  |  |    |  | 12 |  |
| <b>3. Радиочастотные и оптические МЭМС</b>  |    |  |  |  |    |  |    |  |
| 1. Радиочастотные и оптические МЭМС   | 14 |  |  |  |    |  |    |  |
| 2. Исследование характеристик микромеханического переключателя в программе ANSYS Mechanical APDL  |    |  |  |  | 4  |  |    |  |
| 3. Исследование характеристик микромеханического варактора в программе ANSYS Mechanical APDL      |    |  |  |  | 4  |  |    |  |
| 4. Исследование характеристик микромеханического резонатора в программе ANSYS Mechanical APDL     |    |  |  |  | 4  |  |    |  |
| 5. Исследование характеристик микромеханического управляемого зеркала в программе ANSYS Workbench |    |  |  |  | 2  |  |    |  |
| 6.  |    |  |  |  |    |  | 12 |  |
| <b>4. Микрофлюидные МЭМС</b>  |    |  |  |  |    |  |    |  |
| 1. Микрофлюидные системы  | 4  |  |  |  |    |  |    |  |
| 2.  |    |  |  |  |    |  | 12 |  |
| Всего   | 36 |  |  |  | 24 |  | 48 |  |

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Круглик И. В., Левицкий А. А., Левицкая З. В., Ситников А. М., Егоров Н. М. Компоненты микросистемной техники: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины(Красноярск: ИПК СФУ).
2. Левицкий А. А., Трегубов С. И. Электронные компоненты: учеб.-метод. пособие [для курс. и самостоят. работы для студентов по ФГОС ВПО-3 напр. 211000.62 «Конструирование и технология электронных средств»] (Красноярск: СФУ).
3. Бахтина В.А., Левицкий А. А., Маринушкин П. С., Трегубов С. И. Электронные компоненты: лабораторный практикум(Красноярск: СФУ).
4. Левицкий А. А., Липунова А. А. Проектирование микросистем. Моделирование элементов микроэлектромеханических устройств: лаб. практикум для студентов напр. 210100.62 «Электроника и наноэлектроника»(Красноярск: СФУ).
5. Клаассен К., Воронин Е. В., Ларин А. Л. Основы измерений. Датчики и электронные приборы: учебное пособие(Долгопрудный: Интеллект).
6. Трегубов С. И., Сарафанов А. В., Левицкий А. А. Информационные технологии проектирования электронных средств: учеб.-метод. пособие для самостоят. работы [для студентов спец. 210100.68 «Электроника и наноэлектроника», 210200.68 «Проектирование и технология электронных средств» и 200100.68 «Приборостроение»](Красноярск: СФУ).

### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Математический пакет MathCAD.
2. Математический пакет MATLAB.
3. Пакет программ SUGAR для моделирования устройств МЭМС в среде MATLAB.
4. Универсальный CAE–пакет COMSOL Multiphysics.
5. Универсальный CAE–пакет ANSYS (Academic Research).

### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Библиотечная поисково-информационная система E-Library. Режим доступа: <http://elibrary.ru>
2. Поисково-информационная система Google. Режим доступа: <http://www.google.ru>
3. НИЦ "Инфра-М" ЭБС. Режим доступа: <http://www.znanium.com>



## **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

## **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Образцы компонентов микросистемной техники различного функционального назначения.

Презентация дисциплины – слайдовая презентация динамических и статических видеоматериалов.

Лабораторные стенды, обеспечивающие выполнение комплекса лабораторных работ.

СД-проектор, плакаты.