Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 01.07.2025 16:19:52
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ А.Г.Балашов
«29» мая 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Разработка и моделирование МЭМС-устройств»

Направление подготовки – 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств»

Направленность (профиль) – «Комплексное проектирование микросистем»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 00FCD5F6E07DC83F809D56CE1D350ACCD1
Владелец ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ"
Действителен с 09.04.2025 по 03.07.2026

Москва 2025 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК-4 «Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований» сформулирована на основе профессионального стандарта 25.036 «Специалист по электронике бортовых комплексов управления**».**

Обобщенная трудовая функция С. Техническое управление созданием и эксплуатацией электронных средств и электронных систем БКУ.

Трудовая функция С/02.7 Техническое управление разработкой и производством электронных средств и электронных систем БКУ.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	**Задачи профессиональной деятельности**	**Индикаторы достижения подкомпетенций**
ПК-4. МЭМС: Способен применять современные методы исследования МЭМС с помощью специализированных САПР.	Проектирование электронных средств, приборов и систем с учетом заданных требований.	**Знания:** основных технологических аспектов изготовления МЭМС. **Умения:** выполнять расчет конструкции чувствительного элемента МЭМС. **Опыт деятельности:** в области разработки математических моделей МЭМС с помощью прикладных программ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы (является элективной).

Входные требования к дисциплине

Знание: основных принципов построения электронных схем на биполярных транзисторах и операционных усилителях;

Умение: проводить оценочные расчеты характеристик электронных схем на биполярных транзисторах и операционных усилителях;

Владение: опытом по расчету электронных схем на биполярных транзисторах и операционных усилителях.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
2	3	3	108	-	16	16	76	*ЗаО*

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Практические занятия (часы)	Лабораторные работы (часы)		
М1: Технология изготовления микросистем. Разновидности чувствительных элементов микросистем	-	4	-	4	Тестирование
М2: Основные материалы изготовления микросистем.	-	4	-	4	Тестирование
М3: Способы монтажа микросистем.	-	4	-	4	Тестирование

М4: Расчет и моделирование МЭМС-акселерометра	-	4	16	64	Сдача практико-ориентированного задания для самостоятельного выполнения, контрольные работы, рубежный контроль (тестирование), сдача лабораторных работ

4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

4.2 Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	**Технология изготовления микросистем.** Объемные и поверхностные технологии обработки кремния. Изотропное и анизотропное травление кремния. Жидкостное и сухое травление кремния. Соединение пластин. Материалы, применяемые в технологии защитного слоя. Соединение слоев внутри микросистемы.
	2	2	**Разновидности чувствительных элементов микросистем.** Пьезорезистивные чувствительные элементы. Емкостные чувствительные элементы. Пьезолекрические чувствительные элементы. Резонансные чувствительные элементы.
2	3	2	**Основные материалы изготовления микросистем.** Термовакуумное напыление металлических пленок. Ионное распыление. Электрические и механические свойства полупроводников.
	4	2	**Основные материалы изготовления микросистем.** Способы получения кристаллов и пленок полупроводников. Формирование оксидных пленок.
3	5	2	**Способы монтажа микросистем.** Функции корпуса в микросистемах. Виды корпусов микросистем. Монтаж на подложке.
	6	2	**Способы монтажа микросистем.** Многокристальные микросистемы. Интеграция микросистем с микроэлектронными

			схемами. Надежность и основные неисправности механических частей.
4	7	2	**Расчет и моделирование МЭМС-акселерометра.** Расчет конструкции чувствительного элемента МЭМС-акселерометра.
	8	2	**Расчет и моделирование МЭМС-акселерометра.** Моделирование конструкции чувствительного элемента с точки зрения механики и электроники.

4.3 Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
4	1	4	Создание проекта модели конструкции чувствительного элемента МЭМС-акселерометра для анализа ее механических свойств.
	2	4	Задание свойств материалов, граничных условий и нагрузок.
	3	4	Моделирование перемещения инерционной массы чувствительного элемента МЭМС-акселерометра под воздействием статического ускорения.
	4	4	Разработка PSpice-модели чувствительного элемента МЭМС-акселерометра.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	4	Подготовка к лабораторной работе №1
2	4	Подготовка к лабораторной работе №2
3	4	Подготовка к лабораторной работе №3
4	6	Подготовка к контрольной работе №1
	10	Задания для самостоятельного выполнения 1
	6	Подготовка к контрольной работе №2
	10	Задания для самостоятельного выполнения 2
	6	Подготовка к контрольной работе №3
	10	Задания для самостоятельного выполнения 3

	6	Подготовка к контрольной работе №4
	5	Задания для самостоятельного выполнения 4
	5	Подготовка к рубежному контролю

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, http://orioks.miet.ru/):

Модули 1-3 «Технология изготовления микросистем. Разновидности чувствительных элементов микросистем», «Основные материалы изготовления микросистем», «Способы монтажа микросистем»

- ✔ Методические рекомендации студентам по СРС (Модули 1-3)
- ✔ Методические рекомендации преподавателям
- ✔ Описание лабораторных работ
- ✔ Описание практических занятий

Модуль 4 «Расчет и моделирование МЭМС-акселерометра**»**

- ✔ Методические рекомендации студентам по СРС (Модуль 4)

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Шалимов А.С. Проектирование МЭМС-устройств : Учеб. пособие / А.С. Шалимов, Е.С. Кочурина; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. С.П. Тимошенкова . - М. : МИЭТ, 2018. - 108 с. - ISBN 978-5-7256-897-7
2. Самойликов В.К. Тепловые МЭМС: основы расчета, проектирование, испытание : Учеб. пособие. Ч. 1 / В.К. Самойликов, С.П. Тимошенков, С.С. Евстафьев; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2017. - 240 с. - ISBN 978-5-7256-0864-9
3. Муханин, Л.Г. Схемотехника измерительных устройств : учебное пособие / Л.Г. Муханин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 284 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/111201. — Загл. с экрана.

Периодические издания

1. Нано- и микросистемная техника : ежемес. междисциплинарный теорет. и приклад. науч.-техн. журн. / РАН, Отделение информационных технологий и вычислительных систем. - М. : Новые технологии : Нано-микросистемная техника, 1999 - .
2. Электронные информационные системы : научный журнал / Научно-технический центр ЭЛИНС. - М. : НТЦ ЭЛИНС, 2014 -.
3. Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника : научно-технический журнал /

Научно-исследовательский институт молекулярной электроники. - М. : НИИМЭ, 2014 - .

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. ФИПС: Информационно-поисковая система: сайт. - Москва, 2009 - . - URL: https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/ (дата обращения: 10.10.2020)
2. Радио-Комплект. Радиоэлектронные компоненты: справочник по параметрам транзисторов : сайт. – Тула, 2005 - . - URL: https://radio-komplekt.ru/component_ref.php?param=transistors (дата обращения: 10.10.2020)
3. ChipFind : электронные компоненты и радиодетали : сайт. – Москва, Капитал Плюс, 2006-2011. - URL: https://www.chipfind.ru/ (дата обращения: 10.10.2020).

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дисциплина изучается в смешанном формате.

Изучение проходит в соответствии с моделью «On-line Driver Model» («Драйвер – онлайн обучение») согласно которой предусмотрено ведение образовательного процесса через электронную платформу WebTutor на портале moc.miet.ru и установление удаленного контакта со студентами. На начальном этапе преподаватель создает на платформе WebTutor пользователей (студентов) и назначает им логины и пароль, которые автоматически рассылаются системой на указанные студентами почтовые адреса. Далее преподаватель назначает каждому студенту дисциплину, после чего каждый из студентов получает второе письмо от системы с сообщением о том, что ему назначен электронный курс. После этого у студента открывается доступ к прохождению занятий на платформе.

Студент изучает материал практических занятий, сохраняя их на свой домашний ПК. Также студент дистанционно выполняет контрольные работы и задания для самостоятельного выполнения.

Результаты лабораторных работ отправляются преподавателю в виде текстового отчета со скриншотами ключевых этапов. Сами лабораторные работы выполняются в Компас 3D. Консультации проводятся в очном и/или дистанционном формате по Skype.

Корпоративная информационно-технологическая платформа ОРИОКС (http://orioks.miet.ru).

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	**Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы**	**Перечень программного обеспечения**
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	ОС Windows, Microsoft Office, браузер, Компас 3D, доступ к ПО через удаленный рабочий стол skylab.sipc.miet.ru
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows Microsoft Office Acrobat Reader DC браузер

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции **ПК-4.МЭМС** «Способен применять современные методы исследования МЭМС с помощью специализированных САПР».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС // URL: http://orioks.miet.ru/

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Студенты изучают данную дисциплину в смешанном формате.

На почтовый адрес студента отправляются данные (логин и пароль) для обеспечения доступа на портале http://moc.miet.ru/ к электронной части курса.

Студент изучает теоретический материал в соответствии с рабочей программой, сохраняя необходимые материалы на свой домашний ПК. Также они дистанционно отвечают на тестовые вопросы, выполняют задания. Результаты лабораторных работ отправляются преподавателю в виде текстового отчета со скриншотами ключевых этапов. Все результаты отправляются преподавателю (либо автоматически, либо студентом лично) на почтовый ящик miet_training@mail.ru в точном соответствии с графиком

контрольных мероприятий. Консультации осуществляются по электронной почте или они могут быть проведены очно.

Проверка выполнения практико-ориентированного задания происходит на контрольных работах.

Максимальный балл за активность/посещаемость ставится, в случае если у студента не было ни одной задержки в сдаче контрольных мероприятий. В случае, если была допущена одна задержка, то ставится 0 баллов.

Обязательным условием допуска к диф.зачету является выполнение всех лабораторных работ и успешное прохождение рубежного контроля.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оценивается: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 100 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и сроки сдачи контрольных мероприятий см. в журнале успеваемости в ОРИОКС, http://orioks.miet.ru/

РАЗРАБОТЧИК:

Доцент Института НМСТ, к.т.н., доцент _____ /А.С.Шалимов/

Рабочая программа дисциплины «Разработка и моделирование МЭМС-устройств» по направлению подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств», направленности (профилю) «Комплексное системное проектирование» разработана в Институте НМСТ и утверждена на заседании Института НМСТ 27 мая 2025 года, протокол № 11

Директор Института НМСТ д.т.н., профессор_____/ С.П. Тимошенков /

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК _____/ И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки _____/ Т.П. Филиппова /