

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.

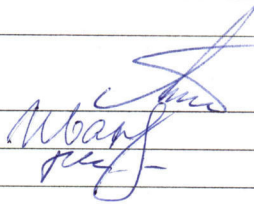
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2018 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Компоненты микросистемной техники			
Направление подготовки/ специальность Образовательная программа (направленность (профиль)) Специализация Уровень образования	11.03.04 Электроника и наноэлектроника		
	Прикладная электронная инженерия		
	Инжиниринг в электронике		
	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16	
	Практические занятия	8	
	Лабораторные занятия	24	
	ВСЕГО	48	
Самостоятельная работа, ч		60	
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.

1. Цели освоения дисциплины

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 нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	И. ПК(У)-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

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	Знать физические принципы построения микроэлектромеханических сенсоров	И. ПК(У)-1
РД-2	Уметь составлять математические модели компонентов микросистемной техники	И. ПК(У)-1
РД-3	Владеть методами моделирования микроэлектромеханических сенсоров	И. ПК(У)-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. История возникновения и развития элементной базы микросистемной техники.	РД-1	Лекции	2
		Практические занятия	0
		Лабораторные занятия	0
		Самостоятельная работа	10
Раздел 2. Сенсорные компоненты микросистемной техники.	РД-1; РД-2; РД-3	Лекции	8
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	16
		Самостоятельная работа	20
Раздел 3. Микромеханические приводы движения	РД-1; РД-2	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	20
Раздел 4. Микромеханические радиотехнические и оптоэлектромеханические компоненты.	РД-1; РД-3	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	10

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. История возникновения и развития элементной базы микросистемной техники.

История возникновения и развития элементной базы микросистемной техники. Классификация компонентов микросистемной техники по функциональному назначению и принципу действия.

Темы лекций:

1. Классификация компонентов микросистемной техники по функциональному назначению и принципу действия. Параметры и характеристики микросистем.

Раздел 2. Сенсорные компоненты микросистемной техники

Классификация, характеристики сенсоров. Микромеханические сенсоры. Механические конструкции: объемные, мембранные, балочные, струнные. Виды преобразователей: пьезоэлектрические, тензорезистивные, емкостные. Датчики на основе микромеханических преобразователей: давления, расхода, пульсаций, смещения, силы, ускорения, крена, микрогироскопы, микрофоны.

Темы лекций:

1. Микроэлектромеханические акселерометры.
2. Микроэлектромеханические гироскопы LL-типа.
3. Микроэлектромеханические гироскопы RR-типа.
4. Микроэлектромеханические датчики давления.

Темы практических занятий:

1. Расчет базовой конструкции тензорезистивного преобразователя.
2. Расчет базовой конструкции емкостного преобразователя.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование динамических характеристик МЭМС гироскопа LL –типа.

2. Исследование динамических характеристик МЭМС гироскопа RR –типа.
3. Исследование динамических характеристик МЭМС гироскопа LL-типа с расширенной полосой пропускания.
4. Исследование динамических характеристик МЭМС акселерометра

Раздел 3. Микромеханические приводы движения

Микромеханические приводы движения: пьезоэлектрические, емкостные, термомеханические, электромагнитные, пневматические актюаторы. Устройства микросмещения, микропозиционирования, , микрозахвата. Микро- и наноманипуляторы.

Темы лекций:

1. Пьезоэлектрические, емкостные, термомеханические, электромагнитные, пневматические актюаторы.
2. Устройства микросмещения, микропозиционирования, , микрозахвата.

Темы практических занятий:

1. Сравнительный анализ пьезоэлектрического и емкостного микроприводов.

Названия лабораторных работ:

1. Емкостные преобразователи микросистемной техники

Раздел 4. Микромеханические радиотехнические и оптоэлектромеханические компоненты

Управляемые микроэлектрорадиокомпоненты: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, микроантенны; микроэлектромеханические и микропневматические реле и коммутаторы.

Управляемые оптоэлектромеханические микрокомпоненты: резонаторы, зеркала, линзы, затворы, фильтры; оптопереключатели.

Темы лекций:

1. Управляемые микроэлектрорадиотехнические и оптоэлектромеханические компоненты.

Темы практических занятий:

1. Расчёт конденсатора, управляемого напряжением

Названия лабораторных работ:

1. Исследование МЭМС конденсатора, управляемого напряжением.

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;
- 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 Вавилов, В. Д.. Микросистемные датчики физических величин: в двух частях [Электронный ресурс] / Вавилов В. Д., Тимошенко С. П., Тимошенко А. С.. — Москва: Техносфера, 2018. — 550 с.. — Книга из коллекции Техносфера - Инженерно-технические науки.. — ISBN 978-5-94836-498-8. Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/110960>

Дополнительная литература

1. Распопов, Владимир Яковлевич. Микромеханические приборы : учебное пособие / В. Я. Распопов. — Москва: Машиностроение, 2007. — 400 с.: ил.. — Для вузов. — Библиогр.: с. 394-396. — Предметный указатель: с. 397-399.. — ISBN 5-217-03360-6.
2. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения - 2008 год : [сборник] / под ред. П. П. Мальцева. — Москва: Техносфера, 2008. — 432 с.: ил.. — Мир материалов и технологий. — Приложение: с. 415-430.. — ISBN 978-5-94836-180-2.
3. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам : сборник статей / под ред. П. П. Мальцева. — Москва: Техносфера, 2005. — 592 с.: ил.. — Мир электроники. — Библиография в конце статей.. — ISBN 5-94836-063-6.
4. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: учебное пособие для вузов: в 2 ч. / под ред. Ю. А. Чаплыгина. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. Ч. 2: Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования. — 2009. — 423 с.: ISBN 978-5-94774-585-6.
5. 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. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях: учебное пособие / В.А. Галперин, Е.В. Данилкин, А.И. Мочалов; под ред. С.П. Тимошенко. —М.: БИНОМ, 2010. — 283 с.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. LMS Moodle "Гироскопы и акселерометры на новых физических принципах" <http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=154>
2. Yole Development [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.yole.fr>.
3. mCube [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.mcubemems.com>.
4. AnalogDevices [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.analog.com>.
5. STMicroelectronics [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.st.com>.
6. Colibrys [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.colibrys.com>.
7. Bosh Sortec [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.bosch-sensortec.com>.
8. Sensor Technology LTD [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.sensortech.ca/site/index.cfm>.
9. Silicon Sensing Systems [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.siliconsensing.com>.
10. Murata Electronics [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.murata.com>.
11. InvenSense [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.invensense.com>.
12. MEMSIC [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.memsic.com>.

13. ОАО КОНЦЕРН ЦНИИ «ЭЛЕКТРОПРИБОР» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.elektropribor.spb.ru>.
14. ОАО «ГИРООПТИКА» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gyro.ru>.
15. Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных НТБ - <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

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

1. Cisco Webex Meetings;
2. Document Foundation LibreOffice;
3. Google Chrome;
4. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b;
5. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
6. Mozilla Firefox ESR;
7. Zoom Zoom;
8. Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic;

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 контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 105	Проектор - 1 шт.; Компьютер - 18 шт. Комплект учебной мебели на 15 посадочных мест.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов. 634034 г. Томская область, Томск, пр. Ленина 30а, учебный корпус № 4, аудитория 210	Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест; Проектор - 1 шт.; Компьютер - 20 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 11.03.04 Электроника и микроэлектроника, специализации «Инжиниринг в электронике» (приема 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Т.Г. Нестеренко

Программа одобрена на заседании Отделения электронной инженерии ИШНКБ (протокол от «07» июня 2018 г. № 6).

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)
2018/2019 учебный год	1. Изменена система оценивания	От 29.08.2018 г. № 8
2019/2020 учебный год	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 28.06.2019 г. № 19
2020/2021 учебный год	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
2021/22 учебный год	1. Обновлено цели освоения дисциплины 2. Обновлено планируемые результаты обучения по дисциплине 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлено ПО в рабочей программе дисциплины 5. Обновлен список литературы 6. Обновлен перечень профессиональных баз 7. Обновлена аннотация рабочей программы дисциплины 8. Обновлено материалы в ФОС дисциплины	От 30.08.2021 г. № 54