

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан ФРТЭ В.А. Небольсин
«21» декабря 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

«Микросенсорика»

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль Компоненты микро- и наносистемной техники

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2022

Автор программы

/Королев К.Г./

И.о. заведующего кафедрой
Физики твердого тела

/Калинин Ю.Е./

Руководитель ОПОП

/Стогней О.В./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Изучение принципов работы сенсорных и актюаторных элементов микросистемной техники и их технологий получения

1.2. Задачи освоения дисциплины

Изучение принципов работы сенсорных элементов микросистемной техники

Изучение принципов работы актюаторных элементов микросистемной техники

Изучение принципов работы технологий получения элементов микросистемной техники

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Микросенсорика» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Микросенсорика» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 - Способен участвовать в исследованиях, направленных на разработку топологии монолитных интегральных схем, знаком с топологическими принципами построения интегральных схем.

ПК-5 - Способен исследовать, анализировать и прогнозировать влияние различных факторов на параметры наногетероструктурных объектов и изделий.

ПК-4 - Способен участвовать в реализации технологических процессов в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	Знать топологические принципы построения интегральных схем
	Уметь участвовать в исследованиях, направленных на разработку топологии монолитных интегральных схем
	Владеть навыками использования топологических принципов построения интегральных схем
ПК-5	Знать параметры наногетероструктурных объектов и изделий
	Уметь анализировать влияние различных факторов на параметры наногетероструктурных объектов и изделий
	Владеть навыками прогнозирования различных факторов на параметры наногетероструктурных

	объектов и изделий
ПК-4	Знать технологические процессы в рамках планарной технологии, обеспечивающие создание монолитных интегральных схем
	Уметь использовать технологические процессы в рамках планарной технологии, обеспечивающие создание монолитных интегральных схем
	Владеть навыками участия в технологических процессах в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Микросенсорика» составляет 2 з.е.
Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	48	48
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	12	12
Самостоятельная работа	24	24
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	72	72
зач.ед.	2	2

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий
очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Технологические процессы изготовления элементов микросистемной техники	Технология объемной микрообработки. LIGA-технология. Технология поверхностной микрообработки. MUMPs-технология. SUMMiT-технология.	12	4	8	24
2	Актуаторные элементы микросистемной техники	Микронасосы. Интегральные микрзеркала. Интегральные микромеханические ключи. Интегральные микродвигатели	12	4	8	24
3	Лаборатории на кристалле	Газовый хроматограф. Жидкостный хроматограф. Детектирующие устройства микролабораторий	12	4	8	24
Итого			36	12	24	72

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-3	Знать топологические принципы построения интегральных схем	<i>Активная работа на практических занятиях</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
	Уметь участвовать в исследованиях, направленных на разработку топологии монолитных интегральных схем	<i>Решение стандартных практических задач</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
	Владеть навыками использования топологических принципов построения интегральных схем	<i>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
ПК-5	Знать параметры наногетероструктурных объектов и изделий	<i>Активная работа на практических занятиях</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
	Уметь анализировать влияние различных факторов на параметры наногетероструктурных объектов и изделий	<i>Решение стандартных практических задач</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
	Владеть навыками прогнозирования различных факторов на параметры наногетероструктурных объектов и изделий	<i>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
ПК-4	Знать технологические процессы в рамках планарной технологии, обеспечивающие создание монолитных	<i>Активная работа на практических занятиях</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>

	интегральных схем			
	Уметь использовать технологические процессы в рамках планарной технологии, обеспечивающие создание монолитных интегральных схем	<i>Решение стандартных практических задач</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
	Владеть навыками участия в технологических процессах в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем	<i>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-3	Знать топологические принципы построения интегральных схем	<i>Тест</i>	<i>Выполнение теста с начальным проходным баллом 80% правильных ответов.</i>	<i>В тесте не набран проходной балл</i>
	Уметь участвовать в исследованиях, направленных на разработку топологии монолитных интегральных схем	<i>Решение стандартных практических задач</i>	<i>Выполнение теста с начальным проходным баллом 80% правильных ответов.</i>	<i>В тесте не набран проходной балл</i>
	Владеть навыками использования топологических принципов построения интегральных схем	<i>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</i>	<i>Выполнение теста с начальным проходным баллом 80% правильных ответов.</i>	<i>В тесте не набран проходной балл</i>
ПК-5	Знать параметры наногетероструктурных объектов и изделий	<i>Тест</i>	<i>Выполнение теста с начальным проходным баллом 80% правильных ответов.</i>	<i>В тесте не набран проходной балл</i>
	Уметь анализировать влияние различных факторов на параметры наногетероструктурных объектов и изделий	<i>Решение стандартных практических задач</i>	<i>Выполнение теста с начальным проходным баллом 80% правильных ответов.</i>	<i>В тесте не набран проходной балл</i>
	Владеть навыками прогнозирования различных факторов на параметры наногетероструктурных объектов и изделий	<i>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</i>	<i>Выполнение теста с начальным проходным баллом 80% правильных ответов.</i>	<i>В тесте не набран проходной балл</i>
ПК-4	Знать технологические процессы в рамках планарной технологии, обеспечивающие	<i>Тест</i>	<i>Выполнение теста с начальным проходным баллом 80% правильных</i>	<i>В тесте не набран проходной балл</i>

	создание монолитных интегральных схем		ответов.	
	Уметь использовать технологические процессы в рамках планарной технологии, обеспечивающие создание монолитных интегральных схем	Решение стандартных практических задач	Выполнение теста с начальным проходным баллом 80% правильных ответов.	В тесте не набран проходной балл
	Владеть навыками участия в технологических процессах в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение теста с начальным проходным баллом 80% правильных ответов.	В тесте не набран проходной балл

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

- 1) Верно ли, что элементы микросистемной техники имеют трехмерную структуру?
- 2) Верно ли, что типовые элементы планарных интегральных схем имеют трехмерную структуру?
- 3) Верно ли, что типовой размер элемента микросистемной техники порядка 100 мкм?
- 4) Верно ли, что типовой размер элемента микросистемной техники порядка 1 мкм?
- 5) Верно ли, что типовой размер элемента интегральных схем порядка 1 мкм?
- 6) Верно ли, что типовой размер элемента интегральных схем порядка 100 мкм?
- 7) Верно ли, что аспектное отношение элемента микросистемной техники 6:1?
- 8) Верно ли, что аспектное отношение элемента микросистемной техники 2:1?
- 9) Верно ли, что аспектное отношение элемента интегральных схем 2:1?
- 10) Верно ли, что аспектное отношение элемента интегральных схем 6:1?

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

- 1) Верно ли, что объемная микрообработка основана на травлении материала подложки?
- 2) Верно ли, что поверхностная микрообработка основана на травлении материала подложки?
- 3) Используется ли объемная микрообработка для получения элементов микросистемной техники?
- 4) Используется ли поверхностная микрообработка для получения элементов микросистемной техники?
- 5) Какие технологии используются для получения элементов микросистемной техники?
 - i) объемная микрообработка
 - ii) LIGA-технология
 - iii) поверхностная микрообработка
 - iv) MUMPs-технология
 - v) SUMMiT-технология

- 6) Какое общее количество слоев в SUMMiT V-технологии?
- 7) Какое общее количество слоев в SUMMiT-технологии?
- 8) Какое общее количество слоев в MUMPs-технологии?
- 9) Верно ли, что операция микромеханической полировки призвана снизить текстурирование поверхностей верхних структурных слоев поликремния?
- 10) Верно ли, что операция микромеханической полировки призвана повысить текстурирование поверхностей верхних структурных слоев поликремния?

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

- 1) Относится ли микронасос на основе электрогидродинамического эффекта к немеханическим?
- 2) Относится ли микронасос на основе электрогидродинамического эффекта к механическим?
- 3) Относится ли микронасос на основе электроосмотического эффекта к немеханическим?
- 4) Относится ли микронасос на основе электроосмотического эффекта к механическим?
- 5) Относится ли микронасос на основе ультразвукового эффекта к немеханическим?
- 6) Относится ли микронасос на основе ультразвукового эффекта к механическим?
- 7) Относится ли электростатический микронасос к механическим?
- 8) Относится ли электростатический микронасос к немеханическим?
- 9) Относится ли микронасос на основе пьезоэлектрического эффекта к механическим?
- 10) Относится ли микронасос на основе пьезоэлектрического эффекта к немеханическим?
- 11) Относится ли термопневматический микронасос к механическим?
- 12) Относится ли термопневматический микронасос к немеханическим?

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Технология объемной микрообработки. LIGA-технология. Технология поверхностной микрообработки. MUMPs-технология. SUMMiT-технология. Микронасосы. Интегральные микрзеркала. Интегральные микромеханические ключи. Интегральные микродвигатели. Газовый хроматограф. Жидкостный хроматограф. Детектирующие устройства микролабораторий

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 20 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Не зачтено» ставится, если студент набрал менее 80 %
2. Оценка «Зачтено» ставится, если студент набрал не менее 80 %

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Технологические процессы изготовления элементов микросистемной техники	ПК-3, ПК-5, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому

			проекту....
2	<i>Актюаторные элементы микросистемной техники</i>	ПК-3, ПК-5, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	<i>Лаборатории на кристалле</i>	ПК-3, ПК-5, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. *Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие / А.Н. Игнатов. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2011. – 544 с.*

2. *Салех Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения: В 2 т.: [Учеб. пособие]. Т.1 / Б. Салех, М. Тейх; пер. с англ. В. Л. Дербова. – Долгопрудный: Издательский Дом "Интеллект", 2012. – 760 с.*

3. *Салех Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения: В 2 т.: [Учеб. пособие]. Т. 2 / Б. Салех, М. Тейх; пер. с англ. В.Л. Дербова. – Долгопрудный: Издательский Дом "Интеллект", 2012. – 784 с.*

4. *Оптика: учебное пособие: допущено Научно-методическим советом по физике Министерства образования и науки Российской Федерации / Акинъшин Виктор Сергеевич [и др.]; под ред. С.К. Стафеева. – 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2015 (Архангельск: ОАО "Издат.-полиграф. предприятие "Правда Севера", 2014).*

– 232 с.

5. Бутиков Е.И. *Оптика: учеб. пособие / Е.И. Бутиков. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Невский диалект: БХВ-Петербург, 2003. – 480 с.*

6. Калгин А.В. *Сборник задач к практическим занятиям по дисциплине «Микрооптика и фотоника» для студентов направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (профиль «Компоненты микро- и наносистемной техники») очной формы обучения – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2018. – 33 с.*

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1) <https://elibrary.ru>

2) <https://cchgeu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных, лабораторных и практических занятий необходима аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой, персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Микросенсорика» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета в области *разработки устройств микро- и наносистемной техники*. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.

<p>Практическое занятие</p>	<p>Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.</p>
<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>