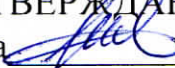


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  В.А. Небольсин

«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины (модуля)

**«Устройства функциональной электроники в радиоэлектронных си-
стемах и комплексах»**

Специальность 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность Радиоэлектронные системы передачи информации

Квалификация выпускника Инженер

Нормативный период обучения 5,5 лет

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2019 г.

Автор программы



/ Сукачев А.И./

Заведующий кафедрой
радиоэлектронных устройств
и систем



/Журавлёв Д.В./

Руководитель ОПОП



/ Журавлёв Д.В./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Обеспечение студентов базовыми знаниями, навыками и представлениями в области разработки устройств функциональной электроники (УФЭ) для создания радиоэлектронных систем и комплексов

1.2. Задачи освоения дисциплины

Изучение физико-технических основ создания элементной базы устройств функциональной электроники; Освоение методов компьютерного моделирования и исследования устройств функциональной электроники; Изучение принципов построения основных структур и схемотехника УФЭ; Освоение методов анализа и выбора параметров и характеристик УФЭ; Освоение методик проектирования УФЭ для создания радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Устройства функциональной электроники в радиоэлектронных системах и комплексах» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.

ПК-3. - Способен к проведению диагностики и проверки на работоспособность при эксплуатации составных частей радиоэлектронных систем и комплексов

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	Знать: <i>- методы, средства и условия диагностики;</i> <i>- алгоритмы выполнения операций по определению одной или нескольких взаимосвязанных характеристик свойств объекта;</i> <i>- формы представления данных и методы оценивания точности, достоверности результатов.</i>
	Уметь <i>- применять методики оценки максимальной эффективности процесса диагностики для получения результатов с минимальными погрешностями;</i> <i>- проводить диагностику, проверку на работоспособность и</i>

	<i>оценку функционального состояния составных частей радиоэлектронных систем</i>
	Владеть <i>-навыками проектирования, ремонта и обслуживания составных частей радиоэлектронных систем</i>

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Устройства функциональной электроники в радиоэлектронных системах и комплексах» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		8			
Аудиторные занятия (всего)	90	90			
В том числе:					
Лекции	36	36			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
Лабораторные работы (ЛР)	36	36			
Самостоятельная работа	90	90			
Курсовой проект	-	-			
Контрольная работа	-	-			
Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой	+	+			
Общая трудоемкость час зач. ед.	180	180			
	5	5			

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Начала функциональной электроники	Понятие о функциональной электронике, терминология, устройства памяти. Классификация устройств функциональной электроники. Модели прибора функциональной электроники	6	2	4	16	28
2	Основы функциональной акустоэлектроники	Физические основы функциональной акустоэлектроники. Динамические неоднородности. Континуальные среды. Генераторы динамических неоднородностей. Устройства управления динамическими неоднородностями. Детектирование динамических неоднородностей.	6	4	8	14	32
3	Приборы функциональной акустоэлектроники	Линии задержки. Устройства частотной селекции. Генераторы на ПАВ. Усилители.	6	4	8	16	34
4	Нелинейные устройства.	Физические основы. Конвольверы. Фурье - процессоры	6	2	4	14	26
5	Функциональная	Физические основы. Динамические	6	4	8	14	32

	диэлектрическая электроника	неоднородности. Континуальные среды. Генераторы динамических неоднородностей.					
6	Приборы и устройства функциональной диэлектрической электроники	Слоистые структуры. Устройства памяти. Процессоры.	6	2	4	16	28
Итого			36	18	36	90	180

5.2 Перечень лабораторных работ

№№	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
1	Исследование параметров и характеристик устройств функциональной акустоэлектроники (устройства частотной селекции)	8	отчет
2	Исследование параметров и характеристик устройств функциональной акустоэлектроники (линии задержки)	12	отчет
3	Исследование параметров и характеристик устройств функциональной диэлектрической электроники (устройства памяти)	8	отчет
4	Исследование параметров и характеристик устройств функциональной диэлектрической электроники (процессоры)	8	отчет
Итого		36	

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

Не предусмотрены учебный планом

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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: - методы, средства и условия диагностики; - алгоритмы выполнения операций по определению одной или нескольких взаимосвязанных характеристик свойств	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	объекта; - формы представления данных и методы оценивания точности, достоверности результатов.			
	Уметь - применять методики оценки максимальной эффективности процесса диагностики для получения результатов с минимальными погрешностями; - проводить диагностику, проверку на работоспособность и оценку функционального состояния составных частей радиоэлектронных систем	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть -навыками проектирования, ремонта и обслуживания составных частей радиоэлектронных систем	Решение прикладных задач в конкретной предметной области,	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-3	Знать: - методы, средства и условия диагностики; - алгоритмы выполнения операций по определению	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	ю одной или нескольких взаимосвязанных характеристик свойств объекта; - формы представления данных и методы оценивания точности, достоверности результатов.					
	Уметь - применять методики оценки максимальной эффективности процесса диагностики для получения результата в с минимальными погрешностями; - проводить диагностику, проверку на работоспособность и оценку функционального состояния составных частей радиоэлектронных систем	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания составных частей радиоэлектронных	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	систем					
--	--------	--	--	--	--	--

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые 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. Акустоэлектроника – это:

- а) Направление функциональной микроэлектроники, основанное на использовании пьезоэлектрического эффекта;
- б) Направление функциональной микроэлектроники, занимающееся преобразованием оптических сигналов в электрические и электрических в оптические;
- в) Область науки и техники, изучающая и использующая взаимодействие низкочастотных акустических волн с электрическими полями и электронами в твердых телах;
- г) Область техники изучающая применения АВ (ультразвука) в радиоэлектронных системах обработки и передачи информационных сигналов;

2. Свойства АВ, обуславливающие их применение в радиотехнике и электронике:

- а) Относительно низкая скорость распространения, простота и высокая эффективность возбуждения в пьезоэлектрических материалах;
- б) Высокая частота, высокая скорость распространения;
- в) Простота и высокая эффективность возбуждения в пьезоэлектрических материалах, низкая частота;
- г) Высокая скорость распространения, быстрое затухание;

3. ВШП представляет собой:

- а) Периодическую структуру из вложенных одна в другую гребенок металлических электродов на поверхности пьезоэлектрика;
- б) Канал распространения АВ;
- в) Прибор для усиления АВ;
- г) Периодическую структуру из вложенных одна в другую гребенок пьезоэлектрика и полупроводника;

4. Период структуры ВШП равен:

- а) Половине длины волны;
- б) Двум длинам волн;
- в) Длине волны;
- г) Задается произвольно;

5. Среди изделий на ПАВ большую часть рынка составляют:

- а) Линии задержки;
- б) Сенсоры;
- в) Полосовые фильтры;
- г) Дисперсионные фильтры;

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Свойства АВ, обуславливающие их применение в радиотехнике и электронике:

- а) Относительно низкая скорость распространения, простота и высокая эффективность возбуждения в пьезоэлектрических материалах;
- б) Высокая частота, высокая скорость распространения;
- в) Простота и высокая эффективность возбуждения в пьезоэлектрических материалах, низкая частота;
- г) Высокая скорость распространения, быстрое затухание;

2. Явление прямого пьезоэффекта заключается в:

- а) Возникновении разности потенциалов при геометрическом сжатии кристалла;
- б) Усилении ОАВ сверхзвуковым дрейфовым потоком электронов;
- в) Изменении геометрических размеров кристалла при приложении к нему разности потенциалов;
- г) "Электронном" поглощении АВ;

3. Явление обратного пьезоэффекта заключается в:

- а) Изменении геометрических размеров кристалла при приложении к нему разности потенциалов;
- б) "Электронном" поглощении АВ;
- в) Усилении ОАВ сверхзвуковым дрейфовым потоком электронов;
- г) Возникновении разности потенциалов при геометрическом сжатии кристалла;

4. Акустическая волна в ЭАУ на поверхностных волнах возбуждается:

- а) Встречно-штырьевым преобразователем;
- б) Во входном пьезопреобразователе при подаче на вход переменного напряжения;
- в) Движением электронов в звукопроводе;
- г) Разностью потенциалов на границе пьезоэлектрика и полупроводника;

5. Период структуры ВШП равен:

- а) Половине длины волны;
- б) Двум длинам волн;

- в) Длине волны;
- г) Задаётся произвольно;

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

- 1.) Длина волны излучаемого светодиода свет зависит от
 - 1. потока инжектированных через переход носителей
 - 2. ширины запрещенной зоны полупроводника
 - 3. величины приложенного к переходу прямого напряжения
- 2.) При работе фотоэлектрических приборов в фотовентильном режиме
 - 1. внешнее напряжение не прикладывается
 - 2. на переход подается прямое напряжение
 - 3. на переход подается обратное напряжение
- 3.) Если n_1 – показатель преломления сердцевины световода, а n_2 – показатель преломления его оболочки, то для них будет выполняться следующее условие
 - 1. $n_2 > n_1$
 - 2. $n_2 < n_1$
 - 3. $n_2 = n_1 = 1$
- 4.) Если в поперечном сечении оптического волокна уменьшение показателя преломления от центра к краю происходит плавно, то этот элемент –
 - 1. линейный световод
 - 2. рассеивающий световод
 - 3. градиентный световод
- 5.) Создать жидкокристаллический индикатор с изменяемым цветом ячейки можно, если использовать эффект
 - 1. "твист-эффект"
 - 2. "гость-хозяин"
 - 3. Шоттки
- 6.) Длинноволновая граница спектральной чувствительности фотодиода определяется
 - 1. скоростью поверхностной рекомбинации
 - 2. шириной запрещенной зоны полупроводника
 - 3. величиной приложенного к фотодиоду напряжения
- 7.) Для изготовления фоторезисторов применяются
 - 1. собственные полупроводники
 - 2. сегнетоэлектрики
 - 3. сильнолегированные полупроводники

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

- 1. Что такое функциональная электроника?
- 2. Что такое акустоэлектроника?

3. Какие свойства АВ обуславливают их применение в радиотехнике и электронике?
4. В чем состоит преимущество использования поверхностных волн вместо объемных?
5. Какие эффекты исследуются в рамках электроакустики?
6. Что такое "акустоэлектрический"?
7. В чем заключается явление прямого пьезоэффекта?
8. В чем заключается явление обратного пьезоэффекта?
9. В чем состоит эффект усиления ОАВ сверхзвуковым дрейфовым потоком электронов?
10. Чем возбуждается акустическая волна в ЭАУ на объемных волнах?
11. Какие пьезополупроводники используются в промышленности?
12. В чем заключается трудность практической реализации эффекта усиления объемных АВ дрейфовым потоком электронов?
13. Чем возбуждается акустическая волна в ЭАУ на поверхностных волнах?
14. Что представляет собой ВШП?
15. Чему равен период структуры ВШП?
16. В чем состоит главное достоинство ЭАУ поверхностного типа?
17. Что используется в качестве материала полупроводникового слоя в ЭАУ?
18. Какие изделия составляют большую часть рынка приборов на ПАВ?
19. Пространственные решетки.
20. Группы симметрии кристаллов.
21. Тензор деформации и упругих напряжений.
22. Продольная и поперечная волна.
23. Закон Гука для изотропного тела.
24. Рылеевские волны в изотропном полупространстве.
25. Уравнение движения в анизотропной среде.
26. Волны в анизотропных средах.и в пьезоэлектрическом полупространстве.
- 27.Различные типы волн в анизотропных однородных средах.
- 28.Зависимость тензоров упругих, пьезо и диэлектрических постоянных от амплитуды входного сигнала.
- 29.Свойства параметрического взаимодействия ПАВ в среде, обладающей нелинейными свойствами.
- 30.Линии задержки.
- 31 ПАВ: полосовые фильтры, резонаторы, устройства формирования и сжатия сложных сигналов.
- 32.Классификация анизотропных сред.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрены

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 10 стандартных задач и 10 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 16 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (темы)	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Введение. Начала функциональной электроники	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
2	Основы функциональной акустоэлектроники	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
3	Приборы функциональной акустоэлектроники	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
4	Нелинейные устройства.	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
5	Функциональная диэлектрическая электроника	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
6	Приборы и устройства функциональной диэлектрической электроники	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос

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.

Защита курсового проекта осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	Щука А.А.,	Электроника	2008 печат.	
7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Кравченко А.Ф	Физические основы функциональной электроники	2000 печат.	
7.1.2.2	Соляник С.П.	Перспективные направления функциональной микроэлектроники	2009 печат.	

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

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная плакатами и пособиями по профилю.
Компьютерный класс в ауд. 229/3.

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

По дисциплине «Устройства функциональной электроники в радиоэлектронных системах и комплексах» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовой проект.

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 устройств функциональной электроники и подготовки рефератов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Освоение дисциплины оценивается на зачете.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать 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.
Практические занятия	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.
Подготовка к дифференцированному зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.