МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«13» _____12_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

АКУСТОЭЛЕКТРОНИКА

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **электронных приборов (ЭП)**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	10	10	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	4	4	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	4	4	часов
Самостоятельная работа	64	64	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Экзамен	2

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 13.12.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 81336

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Приобретение обучающимися знаний по физическим основам акустоэлектроники, необходимых для разработки, исследования и эксплуатации перспективных акустоэлектронных приборов и устройств.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение физических основ и подходов к анализу процессов генерации, распространения и взаимодействия акустических волн и основных принципов разработки, исследования и эксплуатации акустоэлектронных приборов и устройств.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.02.01.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		
ПК-1. Способен к организации и проведению научных экспериментов с применением квантовых и оптических приборов и устройств	ПК-1.1. Знает принципы планирования и проведения экспериментов с применением квантовых и оптических приборов и устройств	Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований в области акустоэлектроники
	ПК-1.2. Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования	Умеет проводить экспериментальные исследования в области акустоэлектроники
	ПК-1.3. Владеет навыками проведения исследований с применением квантовых и оптических приборов и устройств	Владеет навыками проведения исследования в области акустоэлектроники с применением современных средств и методов

Согласована на портале № 81336

ПК-4. Способен разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий квантовой и оптической электроники	ПК-4.1. Знает современные технологические процессы производства изделий квантовой и оптической электроники	Знает современные технологические процессы производства изделий акустоэлектроники
	ПК-4.2. Умеет проводить анализ и выбор перспективных материалов, технологических процессов и оборудования для производства изделий квантовой и оптической электроники	Умеет проводить анализ технологических процессов и оборудования для производства изделий акустоэлектроники
	ПК-4.3. Владеет навыками проектирования технологических процессов производства изделий квантовой и оптической электроники	Владеет навыками проектирования технологических процессов производства изделий акустоэлектроники

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	44	44
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	10	10
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	64	64
Подготовка к тестированию	18	18
Подготовка к контрольной работе	4	4
Написание отчета по практическому занятию (семинару)	18	18
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	8
Написание отчета по лабораторной работе	16	16
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Согласована на портале № 81336

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
2 семестр						
1 Введение	2	-	-	2	4	ПК-1, ПК-4
2 Акустические волны в кристаллах	4	4	-	14	22	ПК-1, ПК-4
3 Генерация акустических волн в кристаллах	4	4	-	10	18	ПК-1, ПК-4
4 Нелинейное взаимодействие акустических волн	4	-	-	4	8	ПК-1, ПК-4
5 Устройства обработки сигналов	4	2	16	34	56	ПК-1, ПК-4
Итого за семестр	18	10	16	64	108	
Итого	18	10	16	64	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Введение	Цель и задачи изучения курса, его связь с другими дисциплинами. Основная и дополнительная литература.Содержание курса. История развития акустоэлектроники.	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
2 Акустические волны в кристаллах	Тензор деформаций. Тензор напряжений. Уравнения движения упругой среды. Уравнения состояния упругой пьезоэлектрической среды. Описание электрических и магнитных полей. Система связанных волновых уравнений. Граничные условия. Поверхностные (ПАВ) и объемные (ОАВ) акустические волны . Дифракция и затухание акустических волн в пьезокристаллах.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
3 Генерация акустических волн в кристаллах	Резонансные пьезопреобразователи. Встречноштыревые пьезопреобразователи (ВШП). Однонаправленные ВШП. Встречно-штыревой преобразователь как трансверсальный фильтр. Эквивалентные схемы. Методы расчета ВШП. Широкополосные пьезопреобразователи. Щелевой и торцевой пьезопреобразователи.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	

Согласована на портале № 81336

4 Нелинейное взаимодействие акустических волн	Волновое уравнение нелинейной кристаллоакустики. Типы взаимодействий акустических волн в кристаллах. Нелинейное взаимодействие поверхностных акустических волн. Акустоэлектронное взаимодействие в полупроводниках и слоистых структурах.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
5 Устройства обработки сигналов	Линии задержки. Резонаторы. Генераторы. Полосовые фильтры. Фильтры линейно-частотно-модулированных сигналов. Устройства формирования и обработки сигналов с фазовой модуляцией. Нелинейная обработка сигналов. Пьезоэлектрические конвольверы. Акустооптические устройства. Планарные акустооптические устройства.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
	Итого за семестр	18	
	Итого	18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
2 Акустические волны в кристаллах	Тензор деформаций. Тензор напряжений. Уравнения движения упругой среды. Уравнения состояния упругой пьезоэлектрической среды. Описание электрических и магнитных полей. Система связанных волновых уравнений. Граничные условия. Поверхностные (ПАВ) и объемные (ОАВ) акустические волны . Дифракция и затухание акустических волн в пьезокристаллах.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
3 Генерация акустических волн в кристаллах	Встречно-штыревые пьезопреобразователи (ВШП). Встречно-штыревой преобразователь как трансверсальный фильтр. Эквивалентные схемы. Методы расчета ВШП.	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
5 Устройства обработки сигналов	Линии задержки. Резонаторы. Генераторы. Полосовые фильтры. Фильтры линейно-частотно-модулированных сигналов. Устройства формирования и обработки сигналов с фазовой модуляцией. Нелинейная обработка сигналов. Пьезоэлектрические конвольверы. Акустооптические устройства. Планарные акустооптические устройства.	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	

Согласована на портале № 81336

Итого за семестр	10	
Итого	10	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
5 Устройства обработки сигналов	Исследование линий задержки на ПАВ	4	ПК-1, ПК-4
	Акустооптический модулятор лазерного излучения	4	ПК-1, ПК-4
	Исследование планарного акустооптического модулятора	4	ПК-1, ПК-4
	Исследование полосового фильтра на ПАВ	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	16	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
2 семестр				
1 Введение	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Итого	2		
2 Акустические волны в кристаллах	Подготовка к контрольной работе	4	ПК-1, ПК-4	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	6	ПК-1, ПК-4	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	14		
3 Генерация акустических волн в кристаллах	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	6	ПК-1, ПК-4	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	10		

Согласована на портале № 81336

4 Нелинейное взаимодействие акустических волн	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Итого	4		
5 Устройства обработки сигналов	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	6	ПК-1, ПК-4	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	ПК-1, ПК-4	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	16	ПК-1, ПК-4	Отчет по лабораторной работе
	Итого	34		
Итого за семестр		64		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		100		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию (семинару), Тестирование, Экзамен
ПК-4	+	+	+	+	Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию (семинару), Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
2 семестр				
Контрольная работа	10	0	0	10
Лабораторная работа	0	2	2	4

Согласована на портале № 81336

Тестирование	6	6	6	18
Отчет по лабораторной работе	0	8	8	16
Отчет по практическому занятию (семинару)	10	6	6	22
Экзамен				30
Итого максимум за период	26	22	22	100
Нарастающим итогом	26	48	70	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Смирнов, Ю. А. Основы нано- и функциональной электроники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/211205.

7.2. Дополнительная литература

1. Кайно, Г. Акустические волны: Устройства, визуализация и аналоговая обработка сигналов : пер. с англ. / Г. Кайно. – М.: Мир, 1990. – 656 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.).

2. Информационная оптика / Под ред. Н.Н. Евтихеева. Учебное пособие – М., Издательство МЭИ, 2000. – 516 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 18 экз.).

3. Введение в оптическую физику: Учебное пособие / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов, А. С. Акрестина - 2023. 252 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11001.

7.3. Учебно-методические пособия

Согласована на портале № 81336

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Акустоэлектронные приборы и устройства: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе для студентов технических направлений подготовки / Н. И. Буримов, С. М. Шандаров, Л. Я. Серебренников, А. С. Акрестина - 2024. 10 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11025.

2. Акустооптический модулятор лазерного излучения: Методические указания к лабораторной работе для студентов технических направлений подготовки / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов, А. Е. Мандель, А. С. Акрестина - 2024. 10 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11029.

3. Исследование полосового фильтра на ПАВ: Методические указания к лабораторной работе для студентов технических направлений подготовки / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов, А. С. Акрестина - 2026. 12 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11028.

4. Исследование линии задержки на ПАВ: Методические указания к лабораторной работе для студентов технических направлений подготовки / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов, А. С. Акрестина - 2024. 13 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11027.

5. Исследование планарного акустооптического модулятора: Методические указания к лабораторной работе для студентов технических направлений подготовки / А. И. Башкиров, Н. И. Буримов, А. С. Акрестина - 2024. 12 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11026.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной

Согласована на портале № 81336

аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 237 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор;
- Проекционный экран;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 111 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Учебный стенд "Оптика" - 2 шт.;
- Генератор АКИП-3409/3 - 2 шт.;
- Источник питания "Марс";
- Генератор Г5-54;
- Генератор функциональный АКТАКОМ АНР-3121;
- Мультиметр: DT 0205A, S-Line DT-830B;
- Осциллограф: Tektronix TBS2000, Rigol;
- Мультиметр Mastech MY68;
- Лабораторные стенды "Электрооптический эффект" - 2 шт., "Фазовый портрет" - 2 шт.;
- Лабораторный стенд "Полупроводниковые фотоприемники";
- Лабораторный стенд "Полупроводниковый лазер";
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой,

Согласована на портале № 81336

аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение	ПК-1, ПК-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Акустические волны в кристаллах	ПК-1, ПК-4	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
3 Генерация акустических волн в кристаллах	ПК-1, ПК-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
4 Нелинейное взаимодействие акустических волн	ПК-1, ПК-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 81336

5 Устройства обработки сигналов	ПК-1, ПК-4	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции

Согласована на портале № 81336

2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Амплитуда поверхностной акустической волны:
   а) не изменяется при удалении точки наблюдения от поверхности в глубину кристалла;
   б) возрастает при удалении точки наблюдения от поверхности в глубину кристалла;
   в) убывает при удалении точки наблюдения от поверхности в глубину кристалла;
   г) изменяется по синусоидальному закону при удалении точки наблюдения от поверхности в глубину кристалла.
2. Амплитуда объемной акустической волны:
   а) не изменяется при удалении точки наблюдения от поверхности в глубину кристалла;
   б) возрастает при удалении точки наблюдения от поверхности в глубину кристалла;
   в) убывает при удалении точки наблюдения от поверхности в глубину кристалла;
   г) изменяется по синусоидальному закону при удалении точки наблюдения от поверхности в глубину кристалла.
3. Вектор поляризации продольной объемной акустической волны:
   а) ортогонален направлению распространения продольной акустической волны;
   б) совпадает с вектором поляризации поперечной акустической волны;
   в) имеет направление, противоположное направлению распространения продольной акустической волны;
   г) совпадает с направлением распространения продольной акустической волны.
4. При аномальной дифракции Брэгга векторы поляризации падающей и дифрагированной световых волн:
   а) ортогональны;
   б) коллинеарны;
   в) имеют противоположное направление;
   г) совпадают с направлением распространения акустической волны.
5. В планарном волноводе показатель преломления волноводного слоя:
   а) не должен превышать показатели преломления как для подложки, так и для покровной среды;
   б) должен быть равным показателю преломления покровной среды и превышать показатель преломления подложки;
   в) должен быть равным показателю преломления подложки и превышать показатель преломления покровной среды;

Согласована на портале № 81336

г) должен превышать показатели преломления подложки и покровной среды.

6. Геометрическое место точек, в которых фаза волны остается постоянной называют:
   а) фазовой скоростью волны;
   б) фазовым или волновым фронтом;
   в) эквипотенциальной поверхностью волны;
   г) плоскостью поляризации волны;
   д) поверхностью волновой нормали.
7. Какая среда является анизотропной:
   а) свойства среды в различных направлениях внутри этой среды различны;
   б) свойства среды в различных направлениях внутри этой среды одинаковы;
   в) свойства среды изменяются вдоль выделенного направления внутри этой среды;
   г) свойства среды изменяются во времени вдоль выделенного направления внутри этой среды.
8. Фотоупругий эффект описывается:
   а) вектором;
   б) тензором второго ранга;
   в) тензором третьего ранга;
   г) тензором четвертого ранга.
9. Обратный пьезоэлектрический эффект описывается:
   а) вектором;
   б) тензором второго ранга;
   в) тензором третьего ранга;
   г) тензором четвертого ранга.
10. Тензор упругих постоянных это:
    а) тензором второго ранга;
    б) тензором третьего ранга;
    в) тензором четвертого ранга;
    г) скалярная величина.

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Свойства поверхностных акустических волн
2. Распространение объемных акустических волн в пьезокристаллах
3. Полосовые фильтры на ПАВ
4. Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики фильтров на ПАВ
5. Методы аподизации преобразователей ПАВ
6. Ложные сигналы в устройствах на ПАВ
7. Акустооптические модуляторы
8. Затухание ПАВ
9. Резонансное возбуждение ПАВ
10. Встречно-штыревые пьезопреобразователи (ВШП)
11. Трансверсальные фильтры
12. Генераторы на поверхностных акустических волнах (ПАВ)
13. Резонаторы на ПАВ
14. Линии задержки на поверхностных акустических волнах (ПАВ)
15. Технология изготовления встречно-штыревых пьезопреобразователей (ВШП)
16. ПАВ в слоистых средах
17. Дифракция ПАВ
18. Акустоэлектронные конвольверы
19. Вырожденные конвольверы
20. Запоминающие конвольверы
21. Мультиплексоры на ПАВ
22. Акустооптическое взаимодействие в кристаллах
23. Акустооптические модуляторы
24. Планарные акустооптические устройства
25. Фазокодированные преобразователи ПАВ
26. Эквивалентные схемы ВШП
27. Фильтры сжатия импульсов на ПАВ

Согласована на портале № 81336

28. Широкополосные устройства на ПАВ

9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Уравнения движения упругой среды.
2. Уравнения состояния упругой пьезоэлектрической среды.
3. Описание электрических и магнитных полей.
4. Система связанных волновых уравнений.
5. Дифракция и затухание акустических волн в пьезокристаллах.

9.1.4. Темы практических занятий

1. Тензор деформаций. Тензор напряжений. Уравнения движения упругой среды. Уравнения состояния упругой пьезоэлектрической среды. Описание электрических и магнитных полей. Система связанных волновых уравнений. Граничные условия. Поверхностные (ПАВ) и объемные (ОАВ) акустические волны . Дифракция и затухание акустических волн в пьезокристаллах.
2. Встречно-штыревые пьезопреобразователи (ВШП). Встречно-штыревой преобразователь как трансверсальный фильтр. Эквивалентные схемы. Методы расчета ВШП.
3. Линии задержки. Резонаторы. Генераторы. Полосовые фильтры. Фильтры линейно-частотно-модулированных сигналов. Устройства формирования и обработки сигналов с фазовой модуляцией. Нелинейная обработка сигналов. Пьезоэлектрические конвольверы. Акустооптические устройства. Планарные акустооптические устройства.

9.1.5. Темы лабораторных работ

1. Исследование линий задержки на ПАВ
2. Акустооптический модулятор лазерного излучения
3. Исследование планарного акустооптического модулятора
4. Исследование полосового фильтра на ПАВ

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями

Согласована на портале № 81336

здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;
– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 81336

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 11 от «24» 11 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ЭП	Н.И. Буримов	Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	Н.И. Буримов	Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ЭП	А.И. Аксенов	Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961
Профессор, каф. ЭП	Л.Н. Орликов	Согласовано, 8afa57b7-3fcf-44bc-922a-3c3f168876e6

РАЗРАБОТАНО:

и.о. заведующего кафедрой, каф. ЭП	Н.И. Буримов	Разработано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca

Согласована на портале № 81336