

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью  
Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
Владелец: Троян Павел Ефимович  
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**АКУСТООПТИКА**

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: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**  
Курс: **1**  
Семестр: **2**  
Учебный план набора 2019 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

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

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Экзамен                        | 2       |

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

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

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Индекс дисциплины: Б1.В.ДВ.02.02.

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  |
|--|--|--|
| <b>Универсальные компетенции</b>   |  |  |
| -  | -  | -  |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>  |  |  |
| -  | -  | -  |
| <b>Профессиональные компетенции</b>  |  |  |
| ПКР-10. Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач | ПКР-10.1. Знает принципы построения и функционирования изделий микро- и нанoeлектроники.                                   | Знает принципы построения и функционирования акустооптических приборов и устройств                       |
|  | ПКР-10.2. Умеет рассчитывать предельно допустимые и предельные режимы работы изделий микро- и нанoeлектроники.             | Умеет рассчитывать предельно допустимые и предельные режимы работы акустооптических приборов и устройств |
|  | ПКР-10.3. Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и нанoeлектроники. | Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий акустооптики      |

|   |   |   |
|---|---|---|
| ПКР-13. Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов                              | ПКР-13.1. Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований.  | Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований в области акустооптики                |
|   | ПКР-13.2. Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования.  | Умеет проводить экспериментальные исследования в области акустооптики                                       |
|   | ПКР-13.3. Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов.   | Владеет навыками проведения исследования в области акустооптики с применением современных средств и методов |
| ПКР-5. Способен разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники | ПКР-5.1. Знает современные технологические процессы производства изделий микро- и нанoeлектроники.  | Знает современные технологические процессы производства изделий акустооптики                                |
|   | ПКР-5.2. Умеет проводить анализ и выбор перспективных материалов, технологических процессов и оборудования для производства изделий микроэлектроники. | Умеет проводить анализ технологических процессов и оборудования для производства изделий акустооптики       |
|   | ПКР-5.3. Владеет навыками проектирования технологических процессов производства изделий микро- и нанoeлектроники.                                     | Владеет навыками проектирования технологических процессов производства изделий акустооптики                 |

**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 |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>   | 44          | 44        |
| Лекционные занятия  | 18          | 18        |
| Практические занятия  | 10          | 10        |
| Лабораторные занятия  | 16          | 16        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 64          | 64        |
| Подготовка к тестированию   | 20          | 20        |
| Подготовка к контрольной работе   | 4           | 4         |
| Написание отчета по практическому занятию (семинару)  | 16          | 16        |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета  | 8           | 8         |
| Написание отчета по лабораторной работе   | 16          | 16        |

|                                     |     |     |
|-------------------------------------|-----|-----|
| Подготовка и сдача экзамена         | 36  | 36  |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b> | 144 | 144 |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 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

| Названия разделов (тем) дисциплины         | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|--|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>                           |              |               |           |              |                            |                         |
| 1 Введение                                 | 2            | -             | -         | 2            | 4                          | ПКР-10                  |
| 2 Акустические волны в кристаллах          | 4            | 4             | -         | 14           | 22                         | ПКР-10, ПКР-13, ПКР-5   |
| 3 Генерация акустических волн в кристаллах | 4            | 4             | -         | 10           | 18                         | ПКР-10, ПКР-13, ПКР-5   |
| 4 Дифракция света на акустических волнах   | 4            | -             | -         | 4            | 8                          | ПКР-10, ПКР-13          |
| 5 Устройства обработки сигналов            | 4            | 2             | 16        | 34           | 56                         | ПКР-13, ПКР-5, ПКР-10   |
| 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 |
|------------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>                   |  |                                      |                         |
| 1 Введение                         | Цель и задачи изучения курса, его связь с другими дисциплинами. Основная и дополнительная литература. Содержание курса. История развития акустоэлектроники.  | 2                                    | ПКР-10                  |
|                                    | 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                                    | ПКР-10, ПКР-13          |
|                                    | Итого  | 4                                    |                         |

|  |  |    |                       |
|--|--|----|-----------------------|
| 3 Генерация акустических волн в кристаллах | Резонансные пьезопреобразователи. Встречноштыревые пьезопреобразователи (ВШП). Однонаправленные ВШП. Встречноштыревой преобразователь как трансверсальный фильтр. Эквивалентные схемы. Методы расчета ВШП. Широкополосные пьезопреобразователи. Щелевой и торцевой пьезопреобразователи.   | 4  | ПКР-10, ПКР-13, ПКР-5 |
|  | Итого  | 4  |                       |
| 4 Дифракция света на акустических волнах   | Качественный анализ дифракции света на акустических волнах. Дифракция Рамана-Ната. Дифракция Брэгга в изотропной среде, метод волнового уравнения. Анализ соотношений для дифрагированного светового поля. Эффективность дифракции Брэгга. Коэффициент акустического качества среды. Зависимость эффективности дифракции от акустической мощности и размеров пьезопреобразователя. | 4  | ПКР-10, ПКР-13        |
|  | Итого  | 4  |                       |
| 5 Устройства обработки сигналов            | Акустооптические модуляторы. Планарные акустооптические модуляторы. Акустооптические анализаторы спектра. Акустооптические фазометры-частотомеры. Акустооптические дефлекторы.   | 4  | ПКР-13, ПКР-5         |
|  | 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 |
|------------------------------------|--|-----------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>                   |  |                 |                         |
| 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               | ПКР-10, ПКР-5           |
|                                    | Итого  | 4               |                         |

|  |   |    |                       |
|--|---|----|-----------------------|
| 3 Генерация акустических волн в кристаллах | Встречно-штыревые пьезопреобразователи (ВШП). Встречно-штыревой преобразователь как трансверсальный фильтр. Эквивалентные схемы. Методы расчета ВШП                           | 4  | ПКР-10, ПКР-13        |
|  | Итого   | 4  |                       |
| 5 Устройства обработки сигналов            | Акустооптические модуляторы. Планарные акустооптические модуляторы. Акустооптические анализаторы спектра. Акустооптические фазометры-частотомеры. Акустооптические дефлекторы | 2  | ПКР-10, ПКР-13, ПКР-5 |
|  | Итого   | 2  |                       |
| 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 |
|------------------------------------|--|-----------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>                   |  |                 |                         |
| 5 Устройства обработки сигналов    | Исследование линий задержки на ПАВ                   | 4               | ПКР-10, ПКР-13, ПКР-5   |
|                                    | Акустооптический модулятор лазерного излучения       | 4               | ПКР-13, ПКР-5           |
|                                    | Исследование планарного акустооптического модулятора | 4               | ПКР-13, ПКР-5           |
|                                    | Исследование полосового фильтра на ПАВ               | 4               | ПКР-13, ПКР-5           |
|                                    | 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 |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| <b>2 семестр</b>                   |                             |                 |                         |                |
| 1 Введение                         | Подготовка к тестированию   | 2               | ПКР-10                  | Тестирование   |
|                                    | Итого                       | 2               |                         |                |

|  |  |     |                       |   |
|--|--|-----|-----------------------|---|
| 2 Акустические волны в кристаллах          | Подготовка к контрольной работе                      | 4   | ПКР-10, ПКР-13        | Контрольная работа                        |
|  | Подготовка к тестированию                            | 6   | ПКР-10, ПКР-13        | Тестирование                              |
|  | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 4   | ПКР-10, ПКР-5         | Отчет по практическому занятию (семинару) |
|  | Итого  | 14  |                       |   |
| 3 Генерация акустических волн в кристаллах | Подготовка к тестированию                            | 4   | ПКР-10, ПКР-13, ПКР-5 | Тестирование                              |
|  | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 6   | ПКР-10, ПКР-13        | Отчет по практическому занятию (семинару) |
|  | Итого  | 10  |                       |   |
| 4 Дифракция света на акустических волнах   | Подготовка к тестированию                            | 4   | ПКР-10, ПКР-13        | Тестирование                              |
|  | Итого  | 4   |                       |   |
| 5 Устройства обработки сигналов            | Подготовка к тестированию                            | 4   | ПКР-10, ПКР-13, ПКР-5 | Тестирование                              |
|  | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 6   | ПКР-10, ПКР-13, ПКР-5 | Отчет по практическому занятию (семинару) |
|  | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета   | 8   | ПКР-10, ПКР-13, ПКР-5 | Лабораторная работа                       |
|  | Написание отчета по лабораторной работе              | 16  | ПКР-10, ПКР-13, ПКР-5 | 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 учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности 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. |                |
|                         |                           |            |           |           |                |

|        |   |   |   |   |   |
|--------|---|---|---|---|---|
| ПКР-10 | + | + | + | + | Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию (семинару) |
| ПКР-13 | + | + | + | + | Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию (семинару) |
| ПКР-5  | + | + | + | + | Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию (семинару)                     |

## 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 |
|---|--|---|---|------------------|
| <b>2 семестр</b>                          |  |   |   |                  |
| Контрольная работа                        | 10   | 0   | 0   | 10               |
| Лабораторная работа                       | 0  | 2   | 2   | 4                |
| 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        | E (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64        |                         |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Гуляев, Ю.В. Акустооптические лазерные системы формирования телевизионных изображений: монография / Ю.В. Гуляев, М.А. Казарян, Ю.М. Мокрушин, О.В. Шакин. — Электрон. дан. — Москва Физматлит, 2016. — 240 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91155>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Акустоэлектронные приборы и устройства: Учебное пособие / Л. Я. Серебренников, С. М. Шандаров, Н. И. Буримов - 2012. 70 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2851>.

2. 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.).

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Приборы и методы управления оптическим излучением: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / Н. И. Буримов, С. М. Шандаров - 2018. 45 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8484>.

2. Акустоэлектронные приборы и устройства: Методические указания по самостоятельной работе / Л. Я. Серебренников, Н. И. Буримов, С. М. Шандаров - 2012. 12 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2853>.

3. Акустооптический модулятор лазерного излучения: Методические указания к лабораторной работе / А. Е. Мандель, С. М. Шандаров, Н. И. Буримов - 2018. 11 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8053>.

4. Исследование полосового фильтра на ПАВ: Методические указания к лабораторной работе / Н. И. Буримов, С. М. Шандаров - 2013. 14 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2857>.

5. Исследование линий задержки на ПАВ: Методические указания к лабораторной работе / Н. И. Буримов, С. М. Шандаров - 2013. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2856>.

6. Исследование планарного акустооптического модулятора: Методические указания к лабораторной работе / А. И. Башкиров, Н. И. Буримов - 2012. 14 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1077>.

#### 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**

1. 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 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 АКПП-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, 201 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, 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                         | ПКР-10                  | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий                      |
|                                    |                         | Экзамен                                   | Перечень экзаменационных вопросов                        |
| 2 Акустические волны в кристаллах  | ПКР-10, ПКР-13, ПКР-5   | 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 | ПКР-10, ПКР-13, ПКР-5 | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий |
|  |                       | Экзамен                                   | Перечень экзаменационных вопросов   |
|  |                       | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий           |
| 4 Дифракция света на акустических волнах   | ПКР-10, ПКР-13        | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий |
|  |                       | Экзамен                                   | Перечень экзаменационных вопросов   |
| 5 Устройства обработки сигналов            | ПКР-13, ПКР-5, ПКР-10 | 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<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания  | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков              |
| 3<br>(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  |
|----------------------------|--|
| 2<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , 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<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.   |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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

- Амплитуда поверхностной акустической волны:
  - не изменяется при удалении точки наблюдения от поверхности в глубину кристалла;
  - возрастает при удалении точки наблюдения от поверхности в глубину кристалла;
  - убывает при удалении точки наблюдения от поверхности в глубину кристалла;
  - изменяется по синусоидальному закону при удалении точки наблюдения от поверхности в глубину кристалла.
- Принцип работы акустооптического модулятора основан:
  - на нелинейном взаимодействии акустических волн;
  - на взаимодействии ПАВ и световых волн;
  - на нелинейном взаимодействии световых волн;
  - на взаимодействии световых и объемных акустических волн.
- Вектор поляризации продольной объемной акустической волны:
  - ортогонален направлению распространения продольной акустической волны;
  - совпадает с вектором поляризации поперечной акустической волны;
  - имеет направление, противоположное направлению распространения продольной акустической волны;
  - совпадает с направлением распространения продольной акустической волны.
- При аномальной дифракции Брэгга векторы поляризации падающей и дифрагированной световых волн:
  - ортогональны;
  - коллинеарны;
  - имеют противоположное направление;
  - совпадают с направлением распространения акустической волны.
- В планарном волноводе показатель преломления волноводного слоя:
  - не должен превышать показатели преломления как для подложки, так и для покровной среды;
  - должен быть равным показателю преломления покровной среды и превышать показатель преломления подложки;
  - должен быть равным показателю преломления

- подложки и превышать показатель преломления покровной среды;
- 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. ПАВ рэлеевского типа имеет:
- а) линейную поляризацию с вектором, ортогональным поверхности кристалла;
  - б) линейную поляризацию с вектором, направленным вдоль направления распространения;
  - в) эллиптическую поляризацию;
  - г) круговую поляризацию.

### 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
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. Акустооптические модуляторы. Планарные акустооптические модуляторы. Акустооптические анализаторы спектра. Акустооптические фазометры-частотомеры. Акустооптические дефлекторы

### **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 здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – 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.



## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП  
протокол № 73 от «12» 12 2018 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                         | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|-----------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ЭП    | С.М. Шандаров     | Согласовано,<br>ab3ff0e2-dc9a-420c-<br>9fb4-5f882facc349 |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | С.М. Шандаров     | Согласовано,<br>ab3ff0e2-dc9a-420c-<br>9fb4-5f882facc349 |
| Начальник учебного управления     | Е.В. Саврук       | Согласовано,<br>fa63922b-1fce-4aba-<br>845d-9ce7670b004c |

### ЭКСПЕРТЫ:

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

### РАЗРАБОТАНО:

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