

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Страхов С.Ю.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Направление/специальность подготовки	12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии
Специализация/профиль/программа подготовки	Лазерная техника и лазерные технологии
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационные и управляющие системы
Выпускающая кафедра	И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	68	34	17	17	40	0	0	40	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

Киселев Игорь Алексеевич, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1.1 — Способен к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем

ПК-1.3 — Способен к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях

ПК-1.4 — Способен определять требования к лазерным системам дистанционного зондирования, выбирать и оценивать характеристики лазерных источников и приемников оптического излучения

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-1.1

знания:

- классификации и физических принципов работы приемников оптического излучения;
- параметров и характеристик приемников оптического излучения;
- критериев использования приемников оптического излучения в различных типах приборов;
- методик энергетического расчета и выбора приемников оптического излучения;
- методик оценки основных параметров преобразования оптического сигнала по пути его прохождения в оптико-электронном приборе;;

умения:

- выбирать приемники оптического излучения в зависимости от назначения лазерных и оптико-электронных приборов;
- применять методику энергетического расчета приемников оптического излучения;
- применять методики оценки основных параметров преобразования оптического сигнала в тракте оптико-электронного прибора;;

навыки:

- выбора приемника оптического излучения;
- энергетического расчета приемников оптического излучения;
- оценки параметров приемников оптического излучения;.

ПК-1.3

знания:

- классификации и физических принципов работы приемников оптического излучения;
- параметров и характеристик приемников оптического излучения;
- критериев использования приемников оптического излучения в различных типах приборов;
- методик энергетического расчета и выбора приемников оптического излучения;
- методик оценки основных параметров преобразования оптического сигнала по пути его прохождения в оптико-электронном приборе;;

умения:

- выбирать приемники оптического излучения в зависимости от назначения лазерных и оптико-электронных приборов;
- применять методику энергетического расчета приемников оптического излучения;
- применять методики оценки основных параметров преобразования оптического сигнала в тракте оптико-электронного прибора;;

навыки:

- выбора приемника оптического излучения;
- энергетического расчета приемников оптического излучения;
- оценки параметров приемников оптического излучения;.

ПК-1.4

знания:

- классификации и физических принципов работы приемников оптического излучения;
- параметров и характеристик приемников оптического излучения;
- критериев использования приемников оптического излучения в различных типах приборов;
- методик энергетического расчета и выбора приемников оптического излучения;
- методик оценки основных параметров преобразования оптического сигнала по пути его прохождения в оптико-электронном приборе;;

умения:

- выбирать приемники оптического излучения в зависимости от назначения лазерных и оптико-электронных приборов;
- применять методику энергетического расчета приемников оптического излучения;

- применять методики оценки основных параметров преобразования оптического сигнала в тракте оптико-электронного прибора;;

навыки:

- выбора приемника оптического излучения;
- энергетического расчета приемников оптического излучения;
- оценки параметров приемников оптического излучения;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ОСНОВЫ ОПТИКИ, ОСНОВЫ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ЛАЗЕРНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники
- ОПК-3 — Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств лазерных исследований и измерений
- ПК-1.1 — Способен к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем
- ПК-1.3 — Способен к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях
- ПК-1.5 — Способен проводить численные оценки параметров лазерного излучения и процессов взаимодействия лазерного излучения со средами

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-1.1	ПК-1.3	ПК-1.4
4	7	Раздел 1. Электромагнитное излучение. Понятие оптико-электронного прибора (ОЭП). 1.1. Электромагнитное излучение. Термины и определения. Классификация. 1.2. Понятие ОЭП. 1.3. Методы работы ОЭП. 1.4. Помехи и искажения полезного сигнала. 1.5. Примеры ОЭП в оптических и лазерных системах.	3	2	2	0	0	1	10	15	15
4	7	Раздел 2. Классификация и характеристики приемников излучения. 2.1. Понятие приемника оптического излучения (ПОИ) 2.2. Классификация ПОИ 2.3. Параметры и характеристики оптического излучения 2.4. Параметры и характеристики ПОИ.	12	8	4	0	4	4	10	15	15
4	7	Раздел 3. Тепловые приемники излучения. 3.1. Тепловые приемник излучения. 3.2. Болотеры. 3.3. Термоэлектрические приемники. Термобатарея. 3.4. Акустооптические приемники излучения. 3.5. Пироэлектрические приемники излучения.	36	22	8	8	6	14	30	20	30
4	7	Раздел 4. Приемники излучения на основе внешнего фотоэффекта. 4.1 Основные определения. Внешний фотоэффект. 4.2 Электровакуумные фотодиоды. Основные характеристики, конструкции и схемы включения электровакуумных фотодиодов. 4.3 Фотоэлектронные умножители.	20	13	6	4	3	7	15	15	15
4	7	Раздел 5. Приемники излучения на основе внутреннего фотоэффекта. 5.1 Основные определения. Внутренний фотоэффект. 5.2 Фоторезисторы. Основные параметры и характеристики. Примеры фоторезисторов. 5.3 Фотодиоды. Основные характеристики. Лавинные фотодиоды.	20	13	8	5	0	7	15	15	15
4	7	Раздел 6. Многоэлементные приемники излучения. 6.1 Многоэлементные приемники излучения без накопления и переноса сигнала на основе фотодиодов и фоторезисторов. 6.2 Многоэлементные приемники на основе приборов с зарядовой связью. 6.3 Многоэлементные приемники на основе приборов с зарядовой инжекцией (ПЗИ). Принцип работы ПЗИ. ПЗС и КМОП матрицы. Их сравнение.	17	10	6	0	4	7	20	20	10
Всего за 7 семестр			108	68	34	17	17	40	100	100	100
Всего по дисциплине			108	68	34	17	17	40	100	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Классификация и характеристики приемников излучения.	Контрольная работа по решению задач.	2
2		Решение задач по оценке параметров ПОИ.	2
3	Раздел 3. Тепловые приемники излучения.	Оценка параметров неизотермического калориметра. Оценка параметров проточного изотермического калориметра.	2
4		Оценка и сравнение параметров металлического и полупроводникового болометров.	2
5		Оценка параметров и расчет дальности работы пирометра.	2
6	Раздел 4. Приемники излучения на основе внешнего фотоэффекта.	Внешний фотоэффект. Оценка порога чувствительности фотоэлектронного умножителя.	3
7	Раздел 6. Многоэлементные приемники излучения.	Итоговая расчетная работа. Энергетический расчет импульсного дальномера.	4
Всего за 7 семестр			17

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 3. Тепловые приемники излучения.	Исследование параметров и характеристик термоэлектрического приёмника оптического излучения	4
2		Исследование параметров и характеристик пироэлектрического приемника оптического излучения	4
3	Раздел 4. Приемники излучения на основе внешнего фотоэффекта.	Исследование характеристик приемника на основе внешнего фотоэффекта	4
4	Раздел 5. Приемники излучения на основе внутреннего фотоэффекта.	Исследование характеристик приемника на основе внутреннего фотоэффекта	5
Всего за 7 семестр			17

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Электромагнитное излучение. Понятие оптико-электронного прибора (ОЭП).	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	1
2	Раздел 2. Классификация и характеристики приемников излучения.	Подготовка к контрольной работе по решению задач.	2
3		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	2
4	Раздел 3. Тепловые приемники излучения.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе	4
5		Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	4
6		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Исследование характеристик термоэлектрического приёмника оптического излучения»	3
7		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Исследование характеристик пироэлектрического приёмника оптического излучения»	3
8		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе	3
9	Раздел 4. Приемники излучения на основе внешнего фотоэффекта.	Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	2
10		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Исследование характеристик приемника на основе внешнего фотоэффекта»	2
11	Раздел 5. Приемники излучения на основе внутреннего фотоэффекта.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе	4
12		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Исследование характеристик приемника на основе внутреннего фотоэффекта»	3
13	Раздел 6. Многоэлементные приемники излучения.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе	3

14	Выполнение индивидуального задания итоговой расчетной работы, и подготовка к защите работы	4
Всего за 7 семестр		40

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	Тест	Тест	Тест, ДЗ	Контр.Р.	Тест, ДЗ	ДР	Тест	ДЗ	Тест, ЛР	ДР	Тест, ДЗ	ЛР	Тест	ДЗ, Тест	ЛР	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Тест – тест;
- ДЗ – домашнее задание;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- тест;
- домашнее задание;
- контрольная работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов. . Приёмники оптического излучения. СПб.: Лань, 2014, 30 экз.
2. Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов. . Приёмники оптического излучения. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
3. Ю. Г. Якушенков. . Основы оптико-электронного приборостроения. Москва: Логос, 2013, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Mathcad Education - University Edition Term.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Mathcad Education - University Edition Term.

6.3. Лабораторные занятия:

1. Лазер юстировочный ЛГН;
2. Осциллограф цифровой АКИП–4116/2;
3. Измеритель мощности Ophir Vega с измерительными головками;
4. Камера Ophir Spiricon SP620U;
5. Комплект оптики.

6.4. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии*. Дисциплина реализуется на факультете *И Информационные и управляющие системы* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-1.1 Способен к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем;

ПК-1.3 Способен к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях;

ПК-1.4 Способен определять требования к лазерным системам дистанционного зондирования, выбирать и оценивать характеристики лазерных источников и приемников оптического излучения.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с приемниками оптического излучения, их принципами действия, основными параметрами и характеристиками, областями применения, а также принципами выбора приемников.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- тест;
- домашнее задание;
- контрольная работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Электромагнитное излучение. Понятие оптико-электронного прибора (ОЭП).		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	Ю. Г. Якушенков. . Основы оптико-электронного приборостроения: Москва: Логос, 2013 (Глава 1,2,3,5)	1
Итого по разделу 1		1
Раздел 2. Классификация и характеристики приемников излучения.		
Подготовка к контрольной работе по решению задач.	Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов. . Приёмники оптического излучения: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (Глава 1.)	2
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.		2
Итого по разделу 2		4
Раздел 3. Тепловые приемники излучения.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе	Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов. . Приёмники оптического излучения: СПб.: Лань, 2014 (Глава 5.)	4
Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы		4
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Исследование характеристик термоэлектрического приёмника оптического излучения»		3
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Исследование характеристик пироэлектрического приёмника оптического излучения»		3
Итого по разделу 3		14
Раздел 4. Приемники излучения на основе внешнего фотоэффекта.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе	Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов. . Приёмники оптического излучения: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (Глава 4.)	3
Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы		2
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Исследование характеристик приемника на основе внешнего фотоэффекта»		2
Итого по разделу 4		7

Раздел 5. Приемники излучения на основе внутреннего фотоэффекта.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе	Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов. . Приёмники оптического излучения: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (Глава 2.)	4
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Исследование характеристик приемника на основе внутреннего фотоэффекта»		3
Итого по разделу 5		7
Раздел 6. Многоэлементные приемники излучения.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе	Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов. . Приёмники оптического излучения: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (Глава 3.)	3
Выполнение индивидуального задания итоговой расчетной работы, и подготовка к защите работы		4
Итого по разделу 6		7

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- тест;
- контрольная работа;
- домашнее задание;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Тест

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=31896>

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=31898>

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=31903>

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=31908>

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=31913>

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=31915>

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=31923>

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=31925>

<https://moodle.voenmeh.ru/mod/quiz/view.php?id=31927>

Тесты содержат 5 вопросов, для получения оценки "зачтено" необходимо правильно ответить на 4 вопроса.

<https://moodle.voenmeh.ru/course/view.php?id=4152#section-8>

Итоговый тест содержит 20 вопросов. 90...100 баллов-оценка "отлично", 80...90 баллов-оценка "хорошо", 50...80 баллов-оценка "удовлетворительно".

Контрольная работа

Контрольная работа включает в себя четыре задачи по расчету параметров ПОИ, три задачи обычной и одна повышенной сложности. За правильное решение обычной задачи дается 2 балла, за сложную задачу - 4 балла. 9...10 баллов-оценка "отлично", 6...8 баллов-оценка "хорошо", 4...5 баллов-оценка "удовлетворительно".

Домашнее задание

Домашнее задание считается выполненным, если студент произвел все необходимые расчеты, получил правильный ответ и оформил отчет.

Лабораторная работа

Отчет по ЛР:

Отчеты по лабораторным работам представляются в печатной или рукописной форме. Допускается выполнение расчетов «вручную» или использование систем автоматизации математических расчетов. Каждое задание на лабораторную работу содержит набор параметров в соответствии с индивидуальным вариантом.

Критерии оценивания:

Лабораторная работа считается выполненной успешно (принимается) при следующих условиях: правильное выполнение всех пунктов (задач), предусмотренных заданием; правильное построение и оформление в соответствии с требованиями государственных стандартов ЕСКД графиков для всех получаемых в ходе выполнения задания характеристик.

Защита ЛР:

Защита ЛР предусматривает обсуждение результатов выполнения задания, включая проверку усвоения студентом соответствующих сведений из теории.

Вопросы к экзамену

1. Электромагнитное излучение. Термины и определения. Понятие оптико-электронного прибора (ОЭП). Методы работы ОЭП. Помехи и искажения полезного сигнала. Примеры ОЭП в оптических и лазерных системах.
2. Классификация приемников излучения. Параметры и характеристики приемников излучения.
3. Тепловые приемники излучения. Классификация тепловых приемников излучения.
4. Боллометры. Принцип действия, конструкция и схемы включения металлических и полупроводниковых боллометров. Шумы боллометров. Постоянная времени и спектральные характеристики.
5. Калориметры. Принцип действия, конструкция и основные параметры и радиационных калориметров.
6. Термоэлектрические приемники. Термопара. Термобатарея. Анизотропные термоэлектрические приемники излучения.
7. Акустооптические приемники излучения. Основные оптические схемы лазерных оптико-акустических приборов.
8. Пироэлектрические приемники. Пироэлектрический эффект. Основные типы конструкций пироэлектрических приемников.
9. Приемники излучения на основе внутреннего фотоэффекта. Основные определения. Внутренний фотоэффект. Фоторезисторы. Принцип действия, конструкция и основные параметры и характеристики. Примеры фоторезисторов.
10. Фотодиоды. Принцип действия, конструкция и основные параметры и характеристики. Лавинные фотодиоды.
11. Приемники излучения на основе внешнего фотоэффекта. Классификация и принцип действия.
12. Основные определения. Внешний фотоэффект. Электровакуумные фотодиоды. Основные характеристики, конструкции и схемы включения электровакуумных фотодиодов.
13. Фотоэлектронные умножители. Принцип действия, конструкция и основные параметры и характеристики.
14. Многоэлементные приемники излучения без накопления и переноса сигнала на основе фотодиодов и фоторезисторов.
15. Многоэлементные приемники на основе приборов с зарядовой связью.
16. Многоэлементные приемники на основе приборов с зарядовой инжекцией (ПЗИ). Принцип работы ПЗИ. ПЗС и КМОП матрицы. Их сравнение.
17. Пересчет параметров приемника излучения от энергетических единиц одного источника к энергетическим единицам для произвольного источника.
18. Пересчет параметров приемника излучения от световых единиц в энергетические.

Экзамен

К экзамену допускаются студенты, которые успешно сдали все домашние задания, предусмотренные рабочей программой, выполнили лабораторные работы и сдали отчеты, сдали все тесты.

Экзамен проводится в устной форме по билетам, выданным преподавателем. Студент должен подготовить, пользуясь конспектом, составленным по материалам курса, ответить на два вопроса. Оценка «отлично» ставится, если ответ является полным и правильным. Материал изложен в определенной логической последовательности. При ответе на дополнительные вопросы студент показал знание основных понятий и формул.

Оценка «хорошо» ставится, если ответ является полным и правильным, при этом допущены несущественные ошибки, исправленные после наводящих вопросов преподавателя. При ответе на дополнительные вопросы студент демонстрирует понимание основного содержания учебного материала. Студент свободно ориентируется в материале, изложенном в конспекте.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент обнаруживает знание и понимание материала курса, но излагает материал неполно и допускает существенные ошибки в формулировке основных понятий и формул. Ответ на дополнительные вопросы вызывает у экзаменуемого затруднения или содержит ошибки, которые он может исправить после наводящих вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если при ответе обнаружено непонимание основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые учащийся не может исправить при наводящих вопросах преподавателя.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-1.1	ПК-1.3	ПК-1.4	
4	7	Раздел 1. Электромагнитное излучение. Понятие оптико-электронного прибора (ОЭП).	3	2	2	0	0	1	10	15	15	Тест
4	7	Раздел 2. Классификация и характеристики приемников излучения.	12	8	4	0	4	4	10	15	15	Тест, Контрольная работа
4	7	Раздел 3. Тепловые приемники излучения.	36	22	8	8	6	14	30	20	30	Тест, Домашнее задание, Лабораторная работа
4	7	Раздел 4. Приемники излучения на основе внешнего фотоэффекта.	20	13	6	4	3	7	15	15	15	Тест, Домашнее задание, Лабораторная работа
4	7	Раздел 5. Приемники излучения на основе внутреннего фотоэффекта.	20	13	8	5	0	7	15	15	15	Тест, Лабораторная работа
4	7	Раздел 6. Многоэлементные приемники излучения.	17	10	6	0	4	7	20	20	10	Тест, Домашнее задание, Вопросы к экзамену
Всего за 7 семестр			108	68	34	17	17	40	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	17	17	40	100	100	100	

Оценочные материалы по дисциплине ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ПК-1.1 - Способен к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем

- № 1 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Достоинства фотогальванического режима работы фотодиода

Варианты ответа:

1. Отсутствие источников питания.
2. Малые собственные шумы.
3. Малый пороговый поток.
4. Большая вольтовая чувствительность.

- № 2 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Достоинства фотодиодного режима работы фотодиода

Варианты ответа:

1. Отсутствие источников питания.
2. Выходной сигнал линеен в широком динамическом диапазоне облученности.
3. Малый пороговый поток.
4. Большая вольтовая чувствительность.

- № 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Определить для приемника оптического излучения пороговый поток (Φ_p) в полосе частот от 40 до 52 МГц, если $NEP = 6 \cdot 10^{-9}$ Вт/√Гц. Ответ выразить в мкВт и округлить до целого числа.

- № 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Определить удельную обнаружительную способность приемника излучения (D^*), если его пороговая чувствительность (Φ_p) составляет 14 нВт в полосе частот 30 кГц. Площадь чувствительного элемента равна $F = 3.2 \cdot 10^{-7}$ см². Ответ выразить в (м·√Гц)/Вт и округлить до целого числа.

- № 5 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Тепловой приемник оптического излучения.
 2. Фотоэлектрический приемник оптического излучения на внешнем фотоэффекте.
 3. Фотоэлектрический приемник оптического излучения на внутреннем фотоэффекте.
- А. Фотодиод.
- Б. Пирозлектрический приемник оптического излучения.
- В. Фотоэлектронный умножитель.

- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Параметр приемника оптического излучения.
 2. Характеристика приемника оптического излучения.
 3. Порог чувствительности приемника оптического излучения.
- А. Зависимость изменения определенного параметра приемника оптического излучения от внешних факторов.

Б. Минимальный поток, который вызывает на выходе приемника сигнал, равный среднеквадратичному значению шумов приемника.

В. Величина, характеризующая определенное свойство приемника, служащая критерием оценки его качества при определенных условиях работы.

№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность прохождения оптического сигнала в тракте оптико-электронного прибора.

1. Приемная оптическая система.
2. Объект исследования.
3. Источник излучения.
4. Передающая оптическая система.
5. Приемник оптического излучения.

№ 8 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите порядок энергетического расчета лазерного дальномера.

1. Определение требуемого порога чувствительности приемника.
2. Расчет потерь энергии в оптических элементах и на трассе распространения.
3. Выбор источника излучения.
4. Расчет энергии приходящей на приемник оптического излучения.
5. Выбор приемника оптического излучения.

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Укажите длины волн оптического диапазона

Варианты ответа:

1. от 1 нм до 1 мм
2. от 1 мкм до 1 мм
3. от 1 нм до 1 мкм
4. от 1 нм до 10 мкм

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Удельная обнаружительная способность приемника оптического излучения является

Варианты ответа:

1. Временным параметром.
2. Шумовым параметром.
3. Пороговым параметром.
4. Спектральным параметром.

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Спектральными характеристиками приемников оптического излучения называют

Варианты ответа:

1. Зависимость сигнала на выходе приемника от величины падающего потока.
2. Зависимость параметров приемника от длины волны принимаемого излучения.
3. Зависимость параметров приемника от спектральной чувствительности.
4. Зависимость выходного сигнала приемника, его шумов и пороговой чувствительности от величины питающего напряжения.

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Для измерения каких параметров оптического излучения предназначен радиационный калориметр

Варианты ответа:

1. Средняя мощность излучения.
2. Энергия излучения.
3. Плотность потока излучения.
4. Облученность.

ПК-1.3 - Способен к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Определить требуемый NEP приемника, работающего в полосе частот 30 кГц, если мощность полезного сигнала, приходящего на чувствительный элемент приемника равна 5 мкВт. Требуемое отношение сигнал/шум 10. Ответ выразить в нВт/Гц^{0.5} и округлить до целого числа.

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Определить удельную обнаружительную способность приемника излучения (D^*), если его пороговая чувствительность (Фп) составляет 22 нВт в полосе частот 22 кГц. Площадь чувствительного элемента равна $F=4 \cdot 10^{-7}$ см². Ответ выразить в (м·√Гц)/Вт и округлить до целого числа.

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Мощность излучения, излучаемого малым участком поверхности единичной площади, измеряется в Вт/м².
2. Мощность, переносимая оптическим излучением через какую-либо поверхность, измеряется в Вт.
3. Мощность, переносимая излучением в некотором направлении, измеряется в Вт/ср.
- А. Поток излучения.
- Б. Сила излучения.
- В. Энергетическая светимость.

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Размерность спектральной плотности потока излучения.
2. Размерность спектральной плотности энергии.
3. Размерность спектральной энергетической светимости.
- А. Вт/м³.
- Б. Вт/м.
- В. Дж/м.

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите порядок следования диапазонов шкалы электромагнитного излучения от наименьшей

длины волны к наибольшей.

1. Видимый диапазон.

2. УФ диапазон.

3. ИК диапазон.

4. Рентгеновский диапазон.

5. Радио диапазон.

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите порядок следования приемников оптического излучения от наибольшей чувствительности к наименьшей

1. Боллометры.

2. Калориметры.

3. Пирозлектрические приемники.

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Приемник оптического излучения, принцип работы которого основан на регистрации изменения электрической поляризации кристалла при его локальном нагреве излучением

Варианты ответа:

1. Оптико-акустический приемник оптического излучения

2. Термоэлектрический приемник оптического излучения

3. Пирозлектрический приемник оптического излучения

4. Фотоэлектрический приемник оптического излучения

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Приемник оптического излучения, принцип работы которого основан на регистрации изменения ЭДС в месте контакта разнородных проводников при его локальном нагреве излучением

Варианты ответа:

1. Оптико-акустический приемник оптического излучения

2. Термоэлектрический приемник оптического излучения

3. Пирозлектрический приемник оптического излучения

4. Фотоэлектрический приемник оптического излучения

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Приемник оптического излучения, принцип работы которого основан на регистрации изменения объема газа при его нагреве излучением

Варианты ответа:

1. Оптико-акустический приемник оптического излучения

2. Термоэлектрический приемник оптического излучения

3. Пирозлектрический приемник оптического излучения

4. Газо-объемный приемник оптического излучения

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

К тепловым приемникам оптического излучения относятся

Варианты ответа:

1. Боллометры.

2. Фотодиоды.

3. Калориметры.

4. Пироэлектрические приемники.

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

К фотоэлектрическим приемникам оптического излучения относятся

Варианты ответа:

1. Боллометры.

2. Фотодиоды.

3. Фотоэлектронные умножители.

4. Пироэлектрические приемники.

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

К фотоэлектрическим приемникам оптического излучения на внутреннем фотоэффекте относятся

Варианты ответа:

1. Фоторезисторы.

2. Фотодиоды.

3. Фотоэлектронные умножители.

4. Фотоэлементы.

ПК-1.4 - Способен определять требования к лазерным системам дистанционного зондирования, выбирать и оценивать характеристики лазерных источников и приемников оптического излучения

№ 1 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

К фотоэлектрическим приемникам оптического излучения на внешнем фотоэффекте относятся

Варианты ответа:

1. Фоторезисторы.

2. Фотодиоды.

3. Фотоэлектронные умножители.

4. Фотоэлементы.

№ 2 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Преимущества КМОП-матриц по сравнению с ПЗС-матрицами

Варианты ответа:

1. Низкая величина темновых токов
 2. Простота изготовления
 3. Низкое энергопотребление
 4. Возможность интеграции усилителя и АЦП на кристалл матрицы
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Увеличение чувствительности болометра осуществляют
1. За счет увеличения размера приемного элемента.
 2. За счет вакуумирования чувствительного слоя.
 3. За счет применения тонких соединительных проводов с малой теплопроводностью.
 4. За счет использования защитного стекла.
- № 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
- Определить для приемника оптического излучения пороговый поток (Φ_p) в полосе частот от 30 до 62 МГц, если $NEP=6.5 \cdot 10^{-9}$ Вт/√Гц. Ответ выразить в мкВт и округлить до целого числа.
- № 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
- Определить удельную обнаружительную способность приемника излучения (D^*), если его пороговая чувствительность (Φ_p) составляет 12 нВт в полосе частот 32 кГц. Площадь чувствительного элемента равна $F=3 \cdot 10^{-7}$ см². Ответ выразить в (м·√Гц)/Вт и округлить до целого числа.
- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие
1. Характеристика выражающая зависимость сигнала на выходе приемника от величины падающего потока.
 2. Характеристика определяющая зависимость крутизны преобразования приемника от частоты модуляции принимаемого излучения.
 3. Характеристика описывают зависимость выходного сигнала приемника, его шумов и пороговой чувствительности от величины питающего напряжения.
- А. Вольтовая характеристика
- Б. Частотная характеристика.
- В. Энергетическая характеристика.
- № 7 Прочитайте текст и установите соответствие
1. Удельная обнаружительная способность.
 2. Постоянной фронта нарастания.
 3. Рабочее напряжение приемника.
- А. Пороговый параметр.
- Б. Эксплуатационный параметр.
- В. Временной параметр.
- № 8 Прочитайте текст и установите последовательность
- Укажите порядок следования приемников оптического излучения от наибольшей инерционности к наименьшей
1. Болометры.
 2. Калориметры.
 3. Пироэлектрические приемники.
- № 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите порядок следования приемников оптического излучения от наибольшей принимаемой мощности излучения к наименьшей

1. Болометры.
2. Калориметры.
3. Пироэлектрические приемники.

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Преимущества ПЗС-матриц по сравнению с КМОП-матрицами

Варианты ответа:

1. Низкая величина темновых токов
2. Простота изготовления
3. Низкое энергопотребление
4. Возможность интеграции усилителя и АЦП на кристалл матрицы

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

За счет чего происходит генерация заряда при воздействии полезного сигнала в ПЗС-матрице

Варианты ответа:

1. Электрогенерации носителей заряда.
2. Термогенерации носителей заряда.
3. Фотогенерации носителей заряда.
4. Хемогенерации носителей заряда.

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Принцип действия фоторезистора основан на

Варианты ответа:

1. Свойстве вещества изменять свою теплопроводность под действием излучения.
2. Свойстве вещества изменять свою электроотрицательность под действием излучения.
3. Свойстве вещества изменять свою плотность под действием излучения.
4. Свойстве вещества изменять свою электропроводность под действием излучения.