

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности



А.А.Панфилов

« 02 » 09

20 19 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Приемники оптического излучения

Направление подготовки 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»

Профиль «Лазерные и квантовые технологии»

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
7	5/180	18	-	36	99	экзамен (27)
Итого	5/180	18	-	36	99	экзамен (27)

Владимир 2019

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина "Приемники оптического излучения" относится к базисным дисциплинам содержания образовательных программ по направлению подготовки "Лазерная техника и лазерные технологии".

Цель изучения дисциплины - освоение обучающимися теоретических и практических основ фотометрии и физических принципов работы приемников излучения, используемых в лазерном эксперименте.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Приемники оптического излучения» относится к обязательным дисциплинам вариативной части ОПОП. Пререквизиты дисциплины: «Когерентная оптика», «Основы оптики» и «Прикладная оптика».

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)		
		Знать	Уметь	Владеть
ОПК-3 Способность проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учётом специфики методов и средств лазерных исследований и измерений;	частичное	<ul style="list-style-type: none"> физические основы и принципы функционирования оптических квантовых генераторов; методы и средства лазерных измерений; принципы организации и проведения экспериментальных исследований; предельные условия при постановке физического эксперимента; числовые характеристики и распределения случайных величин; 	<ul style="list-style-type: none"> использовать лазерные контрольно-измерительные приборы для решения задач лазерной техники и лазерных технологий; анализировать функциональные и принципиальные схемы оптических контрольно-измерительных устройств; составлять схемы для проведения экспериментальных исследований; обрабатывать, анализировать, представлять и оформлять результаты экспериментальных исследований; 	<ul style="list-style-type: none"> навыками работы со средствами лазерных измерений; типовыми методиками выполнения лазерных измерений различных величин и характеристик; навыками выполнения измерений, обработки данных измерительных наблюдений, получения результатов измерений и оценки погрешностей; современными методами и средствами измерения, поверки и контроля с использованием информационных систем;
ПК-1 Способность анализировать задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптоэлектронных приборов и систем;	частичное	<ul style="list-style-type: none"> основные типы и характеристики оптических систем лазерных оптоэлектронных приборов и оборудования; принципы конструирования лазерных оптоэлектронных приборов, их узлов и элементов; методы работы с научно-технической литературой и информацией; 	<ul style="list-style-type: none"> анализировать взаимодействие лазерного излучения с материалами и средами; применять информационные ресурсы и технологии; Представлять информацию в систематизированном виде; работать с научно-технической литературой и информацией; 	<ul style="list-style-type: none"> навыками работы со средствами компьютерного проектирования, использующимися при конструировании узлов и блоков лазерных комплексов;

<p><i>ПК-2</i> Способность участвовать в разработке технических требований и заданий на проектирование типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптоэлектронных приборов и систем;</p>	частичное	<ul style="list-style-type: none"> • основные области применения лазерной техники и лазерных технологий; • принципы построения и состав лазерных приборов и систем; • оптические материалы и технологии; • методы работы с научно-технической литературой и информацией; 	<ul style="list-style-type: none"> • анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым оптическим узлам и элементам лазерных приборов и систем; • определять, формулировать и обосновывать требования к разрабатываемым узлам и элементам лазерных приборов и систем; • применять информационные ресурсы и технологии; 	<ul style="list-style-type: none"> • навыками проектирования типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптоэлектронных приборов и систем;
<p><i>ПК-3</i> Способность рассчитывать, проектировать и конструировать типовые системы, приборы, узлы и детали лазерной техники, лазерных оптоэлектронных приборов и систем.</p>	частичное	<ul style="list-style-type: none"> • основные типы и характеристики оптических систем лазерных оптоэлектронных приборов, оборудования и технологий; • принципы конструирования лазерных оптоэлектронных приборов, их узлов и элементов; • элементную базу, используемую в изделиях лазерной техники; • методы работы с научно-технической литературой и информацией; 	<ul style="list-style-type: none"> • выбирать метод(ы) расчёта при разработке лазерных приборов и систем; • конструировать типовые детали и узлы лазерной техники; • подбирать по заданным параметрам и характеристикам элементную базу лазерных приборов и систем; • применять информационные ресурсы и технологии; • анализировать, представлять и оформлять результаты проектно-конструкторской деятельности при разработке лазерных приборов, систем и технологий; 	<ul style="list-style-type: none"> • прикладными программами расчёта лазерных оптоэлектронных приборов; • компьютерными технологиями расчёта и конструирования лазерных оптоэлектронных приборов;

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачётных единиц, 180 час.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лекции	практические	лабораторные	СРС		
1	Характеристики светового потока.	7	1-4	4	-	2	10	3/50%	
2	Физические принципы работы первичных измерительных преобразователей.	7	5-6	2		4	15		Рейтинг-контроль №1
3	Калориметры, болометры	7	7-10	4	-	8	20	3/25%	
4	Пирозлектрические приемники	7	11-12	2		4	14		Рейтинг-контроль №2

5	Фотонные приемники излучения	7	13-16	4	-	10	30	5/36%	
6	Многоэлементные приборы с зарядовой связью	7	17-18	2		8	10		Рейтинг-контроль №3
Итого		7	18	18	-	36	99	11/20%	Экзамен 27 час

Содержание лекционных занятий по дисциплине

1. Характеристики светового потока.
2. Физические величины, характеризующие излучение. Поток излучения, светимость, яркость, освещенность поверхности. Энергетические и световые единицы измерений. Относительная спектральная чувствительность среднего человеческого глаза.
3. Приемники излучения.
4. Структурная схема средств измерений. Первичные измерительные преобразователи, приемный элемент, чувствительный элемент. Физические принципы работы первичных измерительных преобразователей.
5. Тепловые приемники излучения. Калориметры. Болометры. Пироприемники. Назначение, принципы работы, технические характеристики.
6. Физические принципы работы и основные технические характеристики фотоэлектрических приемников излучения.
7. Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители. Фотодиоды, фоторезисторы.
8. Физические принципы работы приборов с зарядовой связью. МОП - емкость, зарядовая связь, сдвиговый регистр. Основные технические характеристики.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

1. Измерение освещенности поверхности.
2. Измерение светимости источников излучения.
3. Измерение чувствительности и постоянной времени калориметров.
4. Измерение чувствительности и постоянной времени болометров
5. Измерение чувствительности и постоянной времени фотоэлементов.
6. Измерение чувствительности и постоянной времени фотодиодов, фоторезисторов.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «*Приемники оптического излучения*» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

Интерактивная лекция (тема № 1, 5);

Анализ ситуаций (тема № 3, 5);

Обучение в малых группах (выполнение лабораторных работ в группах из двух или трёх человек);

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

а) Вопросы рейтинг-контроля:

Рейтинг-контроль 1

1. Стандартная кривая относительной спектральной чувствительности глаза.

2. Относительная спектральная световая эффективность.

3. Энергетические и световые величины, характеризующие излучение.

4. Ламбертовские источники излучения.

5. Найти с помощью кривой относительной спектральной чувствительности глаза:

а) поток энергии, соответствующий световому потоку 1,0 лм и длиной волны 0,45 мкм;

б) световой поток, приходящийся на интервал длин волн от 0,45 до 0,48 мкм если соответствующий поток энергии равен 5 мВт, причем последний распределен равномерно по всем длинам волн этого интервала. Считать, что в данном спектральном интервале функция $V(\lambda)$ линейная.

6. Найти с помощью кривой относительной спектральной чувствительности глаза:

а) поток энергии, соответствующий световому потоку 1,0 лм и длиной волны 0,65 мкм;

б) световой поток, приходящийся на интервал длин волн от 0,62 до 0,65 мкм если соответствующий поток энергии равен 5 мВт, причем последний распределен равномерно по всем длинам волн этого интервала. Считать, что в данном спектральном интервале функция $V(\lambda)$ линейная.

Рейтинг-контроль 2

1. Найти светимость поверхности, яркость которой зависит от направления как $B = B_0 \cos(\nu)$, где ν – угол между направлением излучения и нормалью к поверхности.

2. Равномерно светящийся купол, имеющий вид полусферы, опирается на горизонтальную поверхность. Определить освещенность в центре этой поверхности, если яркость купола равна B и не зависит от направления.

3. Ламбертовский источник имеет вид бесконечной плоскости. Его яркость равна B . Найти освещенность площадки, расположенной параллельно данному источнику.

4. Небольшой светильник, имеющий вид равномерно светящейся сферы радиуса $R = 6,0$ см, находится на расстоянии $h = 3,0$ м от пола. Яркость светильника $B = 2 \cdot 10^4$ кд/м² и не зависит от направления. Найти освещенность пола непосредственно под светильником.

Рейтинг-контроль 3

1. Для измерения энергии импульсов излучения используется калориметр, приемным элементом (ПЭ) которого служит медный конус массой 6 г, покрытый закисью меди. Удельная теплоемкость меди $410 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Чувствительным элементом калориметра является батарея из 2000 медь-константановых термопар, дифференциальная термо-ЭДС одной термопары $50 \text{ мкВ}/\text{К}$. Холодные спаи термопар имеют температуру, равную температуре окружающей среды. Диаметр проволочек 100 мкм , длина 5 мм . Считая, что основным механизмом теплообмена ПЭ является теплоотвод путем теплопроводности через батарею термопар (коэффициент теплопроводности $390 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$), определите:

1. постоянную времени калориметра;
2. чувствительность калориметра;
3. нижний предел измерений энергии при шуме 10 мкВ .

2. Для измерения мощности непрерывного излучения используется болометр, приемным элементом (ПЭ) которого служит никелевая пленка размером $1 \text{ см}\times 1 \text{ см}$ толщиной $0,2 \text{ мкм}$, нанесенная на стеклянную подложку толщиной 1 мм . Удельная теплоемкость никеля $410 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, плотность никеля $8,9 \text{ г}/\text{см}^3$, коэффициент поглощения излучения $0,6$, коэффициент теплопроводности стекла $0,74 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, удельное сопротивление никеля $10^{-7} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, температурный коэффициент сопротивления $0,005 \text{ К}^{-1}$. Тыльная сторона подложки поддерживается при температуре 300 К . Считая, что основным механизмом теплообмена ПЭ является теплоотвод путем теплопроводности через стеклянную подложку, и не учитывая электротепловую связь, определите:

1. постоянную времени болометра;
2. омическую $[\text{Ом}/\text{Вт}]$ чувствительность болометра;
3. максимальное изменение температуры пленки при измерении излучения мощностью 1 Вт .

3. Для измерения энергии импульсов и средней мощности излучения импульсно-периодических лазеров используется тепловой приемник излучения, приемный элемент которого имеет теплоемкость $2\cdot 10^{-5} \text{ Дж}/\text{К}$ и эффективный коэффициент теплообмена $0,7\cdot 10^{-2} \text{ Вт}/\text{К}$. Определите минимальную температуру приемного элемента при измерении параметров

1. лазера на парах меди (энергия импульса $0,1 \text{ мДж}$, длительность импульса 10 нс , частота повторения импульсов 10 кГц);
2. неодимового лазера (кристалл ИАГ с Nd) с модулированной добротностью (энергия импульса 100 мДж , длительность импульса 15 нс , частота повторения импульсов 25 Гц).

Температура окружающей среды $T_0 = 300 \text{ К}$. Коэффициент поглощения излучения приемным элементом в видимой области спектра $0,6$, в ближней инфракрасной - $0,7$.

б) Вопросы для экзамена:

1. Основные характеристики тепловых приемников излучения.

2. Физические принципы работы и основные характеристики калориметров.
3. Физические принципы работы и основные характеристики болометров.
4. Физические принципы работы и основные характеристики пирометров.
5. Физические принципы работы термоэлементов.
6. Метод электрического замещения.
7. Электротепловая связь.
8. Фотоэлектрические приемники излучения. Основные характеристики.
9. Физические принципы работы и основные характеристики фотоэлементов.
10. Физические принципы работы и основные характеристики ФЭУ.
11. Физические принципы работы и основные характеристики фоторезисторов и фотодиодов.
12. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью.
13. МОП – емкость.
14. Зарядовая связь. Сдвиговый регистр.

в) Вопросы для проверки самостоятельной работы:

1. Чем определяется быстродействие фотоэлементов?
2. Чем определяется чувствительность фотоэлементов?
3. Какие из фотоэлектрических приемников обладают наибольшей чувствительностью в инфракрасной области спектра?
4. Расположите фотоэлектрические приемники (фотоэлементы, ФЭУ, фотодиоды, фоторезисторы) в порядке возрастания быстродействия.
5. Что означает термин «неэффективность переноса» для фоточувствительных приборов с зарядовой связью?

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1 Г.Г.Ишанин, В.П.Челибанов «Приемники оптического излучения. учебник». Издательство Лань	2014		http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=53675
2. Андреев А. Н., Гаврилов Е. В., Ишанин Г. Г. и др. Оптические измерения: учебное пособие. М.: Университетская книга: Логос	2012		http://znanium.com/bookread2.php?book=469178.
3. Заякин А.А. Источники и приемники излучения	2005	20	+

[Электронный ресурс] : конспект лекций / Кафедра ФиПМ . ВлГУ,			
Дополнительная литература			
1 Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. Двух- и многодиапазонные системы с матричными приемниками излучения. – М.: Логос	2007		http://znanium.com/bookread2.php?book=469116
2 Аверин А.П. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Лазерные технологии" / А. П. Аверин, Е. Л. Шаманская ; (ВлГУ),	2007		http://e.lib.vlsu.ru/handle/123456789/1160
3 Ишанин, Г.Г. Приемники оптического излучения на внешнем фотоэффекте [Электронный ресурс] : учебное пособие /. — Электрон. дан. — Спб. : НИУ ИТМО,	2013		http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=43464

7.2. Интернет-ресурсы

1. <http://www.quantum-electron.ru>
2. <http://ufn.ru>
3. <http://journals.ioffe.ru/pjtf>
4. <http://www.laser.ru>
5. <http://www.cislaser.com>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, оборудованных мультимедийным оборудованием (ауд. 420-3, ауд. 430-3). Практические/лабораторные работы проводятся в компьютерных классах кафедры ФиПМ (лаб. 511-3, лаб. 100-3). Используется лицензионное программное обеспечение *MATLAB*.

Для обеспечения проведения лабораторных работ имеются специализированные учебно-научные лаборатории, оборудованные современным оборудованием (лаб. 107-3, 107а-3, 419-3, 123-3).

Рабочую программу составил _____
(ФИО, подпись)

А. П. Аверин /Заявки А. П./

Рецензент

(представитель работодателя) _____
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Заявки ООО "ВизаллаТек" Веснов С. В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 1 от 02.09.19 года

Заведующий кафедрой _____
(ФИО, подпись)

С. М. Аракелян

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»

Протокол № 1 от 02.09.19 года

Председатель комиссии _____
(ФИО, подпись)

С. М. Аракелян

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____