

Белорусский государственный университет



Прием лазерного излучения

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 80 07 Радиоп физика

профилизация

Квантовая радиоп физика

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 07-2019 и учебного плана №G31-045/уч. от 11.04.2019

СОСТАВИТЕЛИ:

Фираго Владимир Александрович, доцент кафедры квантовой радиофизики и оптоэлектроники, факультета радиофизики и компьютерных технологий, канд. физ.-мат. наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТ:

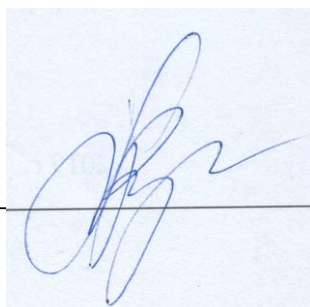
Ропот Пётр Иосифович, зав. центром "Диагностические системы", кандидат физ.-мат. наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой квантовой радиофизики и оптоэлектроники
(протокол № 12 от 24.06.2019);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 28.06.2019 г.)

Зав.кафедрой _____



_____ М.М. Кугейко



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – ознакомление студентов с основными методами детектирования световых потоков и современной техникой приема когерентного и некогерентного светового излучения, их взаимосвязью, принципами и особенностями функционирования устройств приема лазерного излучения.

Актуальность изучения учебной дисциплины определяется необходимостью детального знакомства обучающихся с методами преобразования принимаемого лазерного излучения в электрические сигналы и их дальнейшей обработки. В результате изучения дисциплины обучаемый должен знать методы и технику детектирования лазерных потоков излучения различной мощности, способы выделения световых сигналов из шумов, владеть навыками обработки и представления сигналов, уметь применять их для решения различных технических задач с использованием лазеров, оценивать эффективность решения.

Задачи учебной дисциплины:

1. приобретение знаний о методах детектирования световых потоков;
2. изучение конструкции, параметров и характеристик современных фотоприемных устройств ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазонов электромагнитного излучения;
3. формирование навыков создания устройств детектирования и обработки когерентного светового излучения и работы с ними.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина относится к модулю «Теория и методы квантовой радиофизики» компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.:

Материал курса опирается на сведения, полученные ранее при освоении учебных дисциплин компонента учреждения высшего образования: «Оптика», «Атомная и ядерная физика», «Квантовая механика», «Электродинамика», «Квантовая радиофизика».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Прием лазерного излучения» должно обеспечить формирование следующих специализированных компетенций:

СК -1: владеть методами оптимизации устройств приема лазерного излучения для обеспечения его оптимального детектирования и дальнейшей качественной обработки.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать: методы детектирования некогерентного и когерентного оптического излучения, способы выделения преобразованных световых сигналов из

шумов и фоновых помех, принципы сохранения регистрируемых параметров принимаемого лазерного излучения;

уметь: проводить оценку параметров и характеристик принимаемого лазерного излучения, оптимизировать состав и конструкцию устройств приема и регистрации лазерного излучения;

владеть: методами оптимизации устройств приема лазерного излучения для обеспечения его оптимального детектирования и дальнейшей качественной обработки.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 1 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Прием лазерного излучения» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 108 часов, в том числе 48 аудиторных часов, из них: лекции – 20 часов, лабораторные занятия – 28 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение.

Предмет и задачи курса. Энергетическая и фотометрическая системы единиц. Требования к приемникам оптического излучения.

Тема 2. Основы детектирования световых потоков.

Природа светового излучения. Взаимодействие электромагнитных колебаний с веществом. Классификация и описание механизмов детектирования световых потоков. Квантовая эффективность и квантовый предел пороговой чувствительности.

Тема 3. Основные сведения о параметрах и характеристиках приемников излучения.

Спектральная и интегральная чувствительности приемников излучения и связь между ними. Шумы приемников излучения. Обнаружительная способность. Энергетическая, температурная, частотные характеристики приемников излучения.

Тема 4. Твердотельные фотоприемники на основе внутреннего фотоэффекта.

Устройство, основные параметры и схемы включения фоторезисторов. Механизм образования фото-ЭДС в полупроводниках с p - n -переходами, барьерами Шотки, гетеропереходами и в МДП-структурах. Фотодиодный и фотовольтаический режимы. Лавинные фотодиоды. Схемы включения фотодиодов. Одноэлементные фотоприемники на основе МДП-структур. Приемники инфракрасного излучения на квантоворазмерных структурах.

Тема 5. Устройство и принципы работы многоэлементных приемников оптического излучения.

Основные параметры многоэлементных приемников излучения. КМОП линейки фотоприемников. Гибридные линейки фотоприемников. Гибридные матрицы фотоприемников для ИК диапазона спектра. Конструкция ПЗС-регистров и архитектура ПЗС матриц. Матрицы инфракрасных фотоприемников на квантово-размерных структурах.

Тема 6. Конструкция и параметры устройств приема непрерывного и импульсного лазерного излучения.

Функциональные схемы фотоприемных устройств. Параметры и характеристики аналоговых и цифровых блоков. Примеры наиболее типичных устройств приема лазерного излучения.

Тема 7. Методы описания детерминированных и случайных яркостных полей.

Представление когерентных и некогерентных световых полей. Двумерная спектральная плотность мощности флуктуаций яркостного поля. Квантование изображений и помехи пространственной дискретизации.

Тема 8. Приборы и методы для определения параметров качества лазерных световых пучков гауссова, лаггерр-гауссова и бесселева типа.

Основные параметры пучков лазерного излучения: пространственный профиль распределения интенсивности, эффективный диаметр, эффективный угол расходимости, параметр качества M . Обзор методов их измерения. Конструкция и функциональная схема устройств для измерения моментов пространственного распределения интенсивности.

Тема 9. Методы выделения объектов на фоне яркостных полей.

Структурные и семантические изображения. Линейная фильтрация и нелинейная обработка цифровых изображений. Удаление шумов и сжатие изображений на основе вейвлет-преобразований. Статистическая обработка сигналов. Выделение границ и сегментация изображений.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная (вечерняя) форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное	Количество Часов УСР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение	2						Устный опрос
2	Основы детектирования световых потоков	2						Устный опрос Дискуссии
3	Основные сведения о параметрах и характеристиках приемников излучения	2			6			Устный опрос, отчет по лабораторной работе
4	Твердотельные фотоприемники на основе внутреннего фотоэффекта	2						Устный опрос Дискуссии
5	Устройство и принципы работы многоэлементных приемников оптического излучения	4			8			Устный опрос, отчет по лабораторной работе
6	Конструкция и параметры устройств приема непрерывного и импульсного лазерного излучения	2			6			Устный опрос, отчет по лабораторной работе
7	Методы описания детерминированных и случайных яркостных полей	2						Устный опрос Дискуссии
8	Приборы и методы для определения параметров качества лазерных световых пучков гауссова, лаггерр-гауссова и бесселева типа	2			8			Устный опрос, отчет по лабораторной работе
9	Методы выделения лазерного излучения на фоне яркостных полей	2						Тест

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Фираго В. А. Приемники излучения: Конспект лекций / В. А. Фираго. – Мн.: БГУ, 2005. – 118 с.
2. Полупроводниковые фотоприемники: Ультрафиолетовый, видимый и ближний инфракрасный диапазоны спектра/ Анисимова И. Д., Викулин И. М., Зайтов Ф. А. и др. Под ред. В. И. Стафеева. – М.: Радио и связь, 1984.
3. Филачѐв А. М. Фотоприемники в оптико-электронных приборах и системах / А. М. Филачѐв, Таубкин, М. А. Тришенков. – М.: Физматкнига, 2016.
4. Параметры качества бесселевых световых пучков нулевого порядка/ А. А. Рыжевич, И. В. Балыкин, Т. А. Железнякова // ЖПС. – 2018. – Т. 85, № 1. – С. 144–153.

Перечень дополнительной литературы

1. Тарасов В. В. Двух- и многодиапазонные оптико-электронные системы с матричными приемниками излучения / В. В. Тарасов, Ю. Г. Якушенков. – М.: Университетская книга; Логос, 2007.
2. Дьяконов В., Абраменкова И. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002.
3. Красильников Н. Н. Цифровая обработка изображений. – М.: Вузовская книга, 2001.
4. Использование различных программных средств для определения характеристик светового пучка / И.В. Балыкин, В.А. Базылевич, Т.А. Железнякова, С.В. Солоневич, А.А. Рыжевич // Молодежь в науке – 2015. Приложение к журналу Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. – 2015. – Ч 4. – С. 3-11.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка формируется в соответствии со следующими документами:

1. «Об утверждении правил проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования». Постановление Министерства образования Республики Беларусь от 29 мая 2012 г. № 53.

2. «Положение о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в Белорусском государственном университете». Приказ ректора БГУ от 18.08.2015 № 382-ОД.

3. «Критерии оценки знаний и компетенций студентов по десятибалльной шкале». Письмо Министерства образования Республики Беларусь №09-10/53-ПО от 28.05.2013г.

Оценка за ответы на лекциях (опрос) включает в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из практики, участие в дискуссии и т.д.

Формой текущей аттестации по дисциплине учебным планом предусмотрен экзамен.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- ответы на лекциях (опрос) – 10 %;
- выполнение лабораторных работ – 40 %;
- выполнение теста – 50 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценка по текущей успеваемости составляет 40 %, экзаменационная оценка – 60 %.

Примерная тематика лабораторных занятий

1. Освоение программного обеспечения для анализа поперечных распределений интенсивности лазерных световых полей, зарегистрированных с использованием приемников лазерного излучения различных типов.

2. Разработка системы для регистрации пространственного распределения интенсивности лазерных световых полей различными приемниками лазерного излучения.

3. Разработка экспериментальной установки для определения основных параметров лазерных световых пучков и измерение с ее помощью параметров лазерного пучка.

4. Определение параметров качества световых пучков бесселева типа по поперечным распределениям интенсивности, зарегистрированным матричным приемником лазерного излучения.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины (эвристический, проективный, практико-ориентированный)

При организации образовательного процесса используется *метод учебной дискуссии*, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся, кроме подготовки к экзамену, подготовка к зачету

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы: – поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной проблеме курса.

Реферат должен содержать следующие обязательные разделы:

- постановка задачи или проблемы и пути ее решения;
- историю исследования со ссылками на литературные источники;
- современное состояние проблемы;
- выводы.

По содержанию реферата должна быть

- подготовлена презентация для публичной защиты;
- подготовлены вопросы к аудитории по представленному материалу для выяснения усвоения основных положений доклада.

Темы реферативных работ

1. Методы регистрации импульсной и средней мощности лазерного излучения.
2. Перспективы совершенствования матриц фотоприемников.
3. Контроль лазерных процессов обработки материалов: перспективы реализации.
4. Контроль мощности лазерного излучения в процессах лазерной модификации свойств конденсированных сред.
5. Формирование спекл-полей и их практическое использование.
6. Принципы работы и основные параметры лазерных дальномеров.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Энергетическая и фотометрическая системы единиц. Требования к приемникам оптического излучения.
2. Классификация и описание механизмов детектирования световых потоков. Квантовая эффективность и квантовый предел пороговой чувствительности.
3. Спектральная и интегральная чувствительности приемников излучения и связь между ними.
4. Шумы приемников излучения. Обнаружительная способность.
5. Энергетическая, температурная и спектральная характеристики приемников излучения.
6. Поглощение излучения полупроводниками и внутренний квантовый выход фотоприемников.
7. Основные характеристики фотопроводимости.
8. Конструкция, основные характеристики и параметры фоторезисторов. Схемы их включения.
9. Фотоэлектрические явления в $p-n$ переходах. Режимы включения фотодиода. Вольт-амперная характеристика фотодиода.
10. Способы повышения внешнего квантового выхода фотодиодов. Фотодиоды на основе барьеров Шотки.
11. Гетерофотодиоды. Фотодиоды на $p-i-n$ структуре.

12. Лавинные фотодиоды.
13. Приемники инфракрасного излучения на квантоворазмерных структурах.
14. Перспективные типы фотодиодов. Простейшие схемы включения фотодиодов.
15. Приемники с коммутацией элементов, с инжекцией заряда в подложку и с переносом заряда.
16. Основные параметры многоэлементных приемников излучения.
17. КМОП и гибридные линейки фотоприемников.
18. Гибридные матрицы фотоприемников для ИК диапазона спектра.
19. Конструкция ПЗС-регистров и архитектура ПЗС матриц.
20. Методы описания детерминированных и случайных яркостных полей.
21. Методы определения параметров лазерных световых пучков.
22. Методы оптимального приема модулированных оптических сигналов.
23. Методы выделения модулированного и немодулированного лазерного излучения из фоновых помех.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Лазерные системы и технологии	Квантовой радиофизики и оптоэлектроники	Предложений об изменениях в содержании учебной программы нет	Изменения не требуются, протокол №12 от 24.06.2019.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
