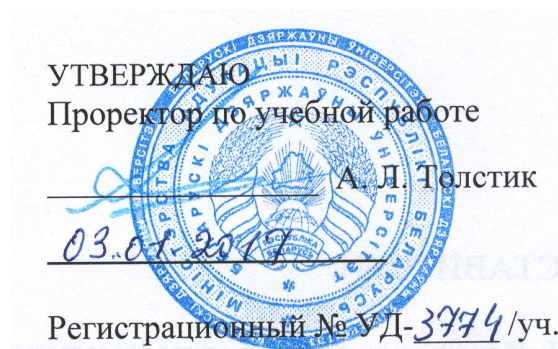


Белорусский государственный университет



КОГЕРЕНТНЫЙ ПРИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 04 02 Радиофизика

2016 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 02-2013 и учебных планов №G31-164/уч.–2013 и №G31и-189/уч.–2013.

СОСТАВИТЕЛИ:

Е. Д. Карих, доцент кафедры квантовой радиофизики и оптоэлектроники, канд. физ.-мат. наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой квантовой радиофизики и оптоэлектроники
(протокол № 3 от 22.11.2016);

Советом факультета радиофизики и компьютерных технологий
(протокол № 4 от 20.12.2016).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная программа «Когерентный прием лазерного излучения» разработана для студентов специальности 1-31 04 02 Радиофизика в соответствии с требованиями образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 02-2013 и учебным планом для данной специальности.

Актуальность изучения учебной дисциплины определяется необходимостью ознакомления будущих специалистов с современными методами анализа оптических полей, основанными на когерентном приеме излучения. Данный способ приема обладает возможностями недоступными для приема излучения методом прямого фотодетектирования. Области применения рассматриваемых методов – лазерная спектроскопия сверхвысокого разрешения, оптическая доплеровская анемометрия, когерентная лазерная связь и др.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, РОЛЬ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является формирование систематизированных теоретических знаний и практических навыков, необходимых для специалистов в области когерентной оптоэлектроники и ее приложений.

Основная задача дисциплины – изучение приема оптического излучения методом фотосмещения. В спецкурсе рассмотрены способы извлечения спектральной информации при реализации различных режимов приема. Материал спецкурса предполагает знание общих принципов детектирования оптического излучения и соответствующей элементной базы.

Основными методами и технологиями обучения, отвечающими целям и задачам изучения дисциплины «Когерентный прием лазерного излучения», являются:

- принцип проблемного изложения, реализуемый на лекционных занятиях;
- включение элементов учебно-исследовательской деятельности в процесс лабораторных занятий;
- стимулирование творческого подхода при организации самостоятельной работы студентов.

Материал рассчитан на студентов старших курсов и опирается на сведения, полученные ранее в курсах «Оптоэлектроника», «Квантовая радиофизика», «Статистическая радиофизика». Дисциплина предназначена для студентов специализации «Квантовая радиофизика и лазерные системы».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение образовательной программы «Когерентный прием лазерного излучения» обеспечивает следующие профессиональные компетенции:

- разрабатывать и совершенствовать радиофизические методы исследований;
- работать с научно-технической информацией с использованием современных информационных технологий;
- формулировать выводы и рекомендации по применению результатов научно-исследовательской работы;
- разрабатывать численные алгоритмы и программы;
- составлять отчеты и презентации по исследовательской работе;
- в составе группы специалистов или самостоятельно разрабатывать радиоэлектронные устройства и системы;
- рассчитывать и анализировать режимы работы радиоэлектронных систем и намечать пути их улучшения;
- прогнозировать направления развития радиоэлектронных систем;
- создавать автоматизированные системы проектирования на основе разработок новых и применения известных программных средств;
- разрабатывать математические модели радиоэлектронных устройств и систем и проводить вычислительные эксперименты при решении задач проектирования и оптимизации радиоэлектронных систем и устройств;
- обеспечивать обучение персонала правилам безопасности и осуществлять своевременную проверку знаний.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

изучить:

- основные свойства и характеристики приема оптического излучения методом фотосмещения, схемы реализации приема;

уметь:

- применять полученные знания для решения физических и прикладных задач;

владеть:

- теоретическими знаниями и практическими навыками использования метода когерентного приема лазерного излучения.

Объем дисциплины составляет 124 учебных часа, в том числе 62 аудиторных часа, из них лекции – 34 часа, лабораторные работы – 28 часов.

Дисциплина читается в восьмом семестре. Форма получения образования очная. Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение в спецкурс.

Статистические свойства светового поля.

Краткий очерк истории. Терминология. Статистические свойства излучения.

Условие классичности электромагнитного поля.

Когерентные свойства светового поля. Когерентность световых волн.

Функции и параметры когерентности. Когерентность волн и статистика фотонов.

2. Пространственные характеристики фотосмещения

Интерференция пучков на фотоповерхности. Интерференционные интегралы. Основные особенности метода фотосмещения. Комплексная амплитуда фототока.

Пространственные условия фотосмещения. Допустимый угол рассогласования для плоских волн. Общее условие согласования волновых фронтов. Диаграмма направленности приема. Антенная теорема Зигмана.

Оптические схемы согласования волновых фронтов.

Трансформация волнового фронта собирающей линзой. Оптические схемы согласования волновых фронтов. Схема с расширенным полем зрения. Схема регистрации рассеянного излучения. Схеме с повышенной угловой селективностью. Схема согласования, нечувствительная к абберациям.

Фотосмещение при неполной пространственной когерентности полей.

Комплексная амплитуда фототока. Пространственная корреляционная функция поля. Теорема Ван Циттерта–Цернике. Одномодовый и многомодовый режимы фотосмещения.

Фотосмещение в турбулентной среде. Влияние турбулентности атмосферы на параметры световой волны. Выбор апертуры собирающей оптики. Эффект подавления когерентности. Пространственная селективность приема в турбулентной среде.

3. Спектрально-корреляционная теория фотосмещения.

Фотосмещение полей с неполной временной когерентностью.

Основные допущения. Фототок при смещении не полностью когерентных. Спектр фототока при фотосмещении. Спектральный состав фототока при оптическом гетеродинировании. Спектр фототока при оптическом гомодинировании.

Метод собственных биений. Временное представление фототока.

Автокорреляционная функция фототока. Спектр фототока.

Метод собственных биений при регистрации гауссовских полей.

Автокорреляционная функция интенсивности гауссовского поля.

Автокорреляционная функция и спектр фототока при регистрации гауссовских полей.

Метод гетеродинирования со сжатием импульсов. Параметры электронных анализаторов спектра. Принцип спектрального анализа фототока методом

гетеродинамирования со сжатием импульсов.

4. Гетеродинные фотодетекторы.

Фотодетекторы для когерентного приема излучения. Требования к фотодетекторам для когерентного приема излучения. Основные типы гетеродинных фотодетекторов. Идеальный гетеродинный фотодетектор.

Прием оптического излучения с многочастотным параметрическим преобразованием сигнала. Отношение сигнал/шум при фотосмещении. Квантовый предел детектирования при гетеро- и гомодинамировании. Квантовый предел при прямом фотодетектировании.

5. Когерентный прием рассеянного и теплового излучений

Регистрация рассеянного лазерного излучения методом фотосмещения.

Мощность, принимаемая когерентным приемником от рассеивающей среды.

Спектроскопия рассеянного излучения.

Метод фотосмещения при регистрации теплового излучения.

6. Внутррезонаторный прием излучения в инверсной среде.

Прием излучения методом самосмещения в лазере.

Эффект самосмещения. Принцип формирования сигнала самосмещения в полупроводниковом лазере. Приложения метода самосмещения.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	иное		
	2	3	4	5	6	7	9
1	<i>Введение.</i>						
	1.1. Статистические свойства светового поля.	2					Устный опрос
	1.2. Когерентные свойства светового поля.	2					Устный опрос
	1.3. Лабораторная работа «Исследование временной когерентности излучения многомодовых лазеров»			6			Отчет по лабораторной работе
2	<i>Пространственные характеристики фотосмещения</i>						
	2.1. Интерференция пучков на фотоповерхности	2					Устный опрос
	2.2. Пространственные условия фотосмещения	2					Устный опрос
	2.3. Оптические схемы согласования волновых фронтов	2					Устный опрос
	2.4. Фотосмещение при неполной пространственной когерентности полей	2					Устный опрос
	2.5. Фотосмещение в турбулентной среде	2					Устный опрос
3	<i>Спектрально-корреляционная теория фотосмещения</i>						
	3.1. Фотосмещение полей с неполной временной когерентностью	2					Устный опрос
	3.2. Спектр фототока при фотосмещении	2					Устный опрос
	3.3. Метод собственных биений	2					Устный опрос
	3.4. Метод собственных биений при регистрации гауссовских полей	2					Устный опрос
	3.5. Метод гетеродинирования со сжатием импульсов	2					Устный опрос
4	<i>Гетеродинные фотодетекторы</i>						Устный опрос
	4.1. Фотодетекторы для когерентного приема излучения	2					Устный опрос
	4.2. Лабораторная работа «Прием оптического излучения с			6			Отчет по лабораторной

	многочастотным параметрическим преобразованием сигнала»						работе
	4.3. Лабораторная работа «Определение коэффициента спектрального преобразования при приеме многомодового лазерного излучения лавинным фотодиодом»			4			Отчет по лабораторной работе
	4.4. Отношение сигнал/шум при фотосмещении	2					Устный опрос
5	<i>Когерентный прием рассеянного и теплового излучений</i>						
	5.1. Регистрация рассеянного лазерного излучения методом фотосмещения	2					Устный опрос
	5.2. Метод фотосмещения при регистрации теплового излучения	2					Устный опрос
6	<i>Внутрирезонаторный прием излучения в инверсной среде</i>						
	6.1. Прием излучения методом самосмещения в лазере	2					Устный опрос
	6.2. Лабораторная работа «Изучение режима самосмещения в полупроводниковом лазере»			6			Отчет по лабораторной работе
	6.3. Лабораторная работа «Когерентный прием излучения от диффузно отражающего объекта с использованием автодинного эффекта в полупроводниковом лазере»			6			Отчет по лабораторной работе

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Протопопов, В. В.* Лазерное гетеродинамирование / В. В. Протопопов, Н. Д. Устинов. М.: Наука, 1985. 288 с.
2. *Карих, Е. Д.* Оптоэлектроника / Е. Д. Карих. Мн.: БГУ, 2000. 263 с.
3. *Карих, Е. Д.* Модель автокорреляционной функции излучения многомодовых лазеров / Е. Д. Карих // Вестник БГУ. Сер. 1. Физ. Мат. Инф. 2011. № 2. С. 45–49.
4. *Карих, Е. Д.* Прием оптического излучения с многочастотным параметрическим преобразованием сигнала / Е. Д. Карих // Вестник БГУ. Сер. 1. Физ. Мат. Инф. 2008. № 1. С. 40-45.
5. *Карих, Е. Д.* Метод гетеродинамирования со сжатием импульсов с спектральном анализе лазерного излучения / Е. Д. Карих // Журнал прикл. спектроскопии, 1994. Т. 60, № 1-2. С. 185-191.
6. *Карих, Е. Д.* Обобщенная модель полупроводникового лазера с оптической обратной связью от рассеивающей среды / Е. Д. Карих // Вестник БГУ. Серия 1. 2002. № 1. С. 20-26.

Дополнительная

1. Спектроскопия оптического смещения и корреляция фотонов / Под ред. Г. Камминса и Е. Пайка. М.: Мир, 1978. 584 с.
2. *Ву Ван Лык, Елисеев, П. Г., Манько, М. А., М. В. Цоцория, М. В.* Оптический и электронный отклики в InGaAsP/InP лазерах и усилителях на внешнюю обратную связь и их применения / Ву Ван Лык // Труды ФИАН им. П. Н. Лебедева. 1992. Т. 216. С. 144–173.

ДИАГНОСТИКА КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТА

Учебным планом специальности в качестве формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Когерентный прием лазерного излучения» предусмотрен экзамен. Оценка учебных достижений студента производится по десятибалльной шкале.

Для промежуточного контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций студентов используются следующие формы:

- устный опрос;
- отчеты по лабораторным работам с их устной защитой.

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ

Итоговая оценка формируется в соответствии с:

1. Правилами проведения аттестации (постановление Министерства образования Республики Беларусь №53 от 29.05.2012 г.).

2. Положением о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в Белорусском государственном университете (Приказ ректора БГУ от 18.08.2015 № 382-ОД).

3. Критериями оценки знаний по десятибалльной шкале (письмо Министерства образования Республики Беларусь №09-10/53-ПО от 28.05.2013г.).

**ПРОТОКОЛ
СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧАЕМОЙ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Оптоэлектроника	Кафедра квантовой радиофизики и оптоэлектроники	Без изменений	Изменения не требуются, протокол №3 от 22.11.2016
Квантовая радиофизика	Кафедра квантовой радиофизики и оптоэлектроники	Без изменений	Изменения не требуются, протокол №3 от 22.11.2016
Статистическая радиофизика	Кафедра радиофизики и цифровых медиатехнологий	Без изменений	Изменения не требуются, протокол №3 от 22.11.2016

**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
 КР и ОЭ (протокол № от 20 г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

д.ф.-м. н., профессор
(степень, звание)

(подпись)

М. М. Кугейко
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

к. ф.-м. н., доцент
(степень, звание)

(подпись)

С. В. Малый
(И.О.Фамилия)