

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по учебно-методической работе

А.А. Панфилов

« 23 » *дкв* 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ
ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Программа подготовки Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы

Уровень высшего образования магистратура

Форма обучения очная

Семестр	Трудоём- кость зач. ед, час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
1	4/144	18	-	36	54	Экзамен (36)
Итого	4/144	18	-	36	54	Экзамен (36)

г. Владимир, 2015 г.

Мин

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины состоит в том, чтобы студенты приобрели практические навыки, необходимые для работы с аппаратурой, предназначенной для измерения (оценки) параметров лазерного излучения в условиях полигона.

Задачи дисциплины:

- приобретение базовых знаний и навыков, позволяющих работать с измерительной аппаратурой;
- овладение методами измерения энергетических параметров лазерного излучения при помощи фотодиодных, пироэлектрических и тепловых приемников;
- выполнение работ по измерению пространственно-энергетических параметров лазерного излучения при помощи матричных фотоприемников;
- выполнение измерений временных параметров излучения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ» относится к обязательным дисциплинам вариативной части основной профессиональной образовательной программы подготовки магистров по направлению 12.04.05 «Лазерная техника и лазерные технологии».

Успешное освоение дисциплины предполагает наличие у обучающихся знаний, умений и навыков, полученных при изучении дисциплин бакалавриата: «Взаимодействие лазерного излучения с веществом», «Приемники оптического излучения», «Лазерные технологии», «Лазерная техника», «Лазерные измерения», «Теория эксперимента» и в ходе прохождения практик.

Полученные знания в результате изучения дисциплины потребуются при изучении следующих дисциплин учебного плана Основы конструирования лазерных технологических комплексов, Оптоэлектроника, Системы адаптивной оптики и их приложения, Проектирование систем транспортировки и наведения лазерного излучения, Основы современных технологий производства лазерной техники, а так же при прохождении учебной, технологической и преддипломной практик и при написании выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По результатам изучения дисциплины у студентов формируются следующие компетенции:

способностью разрабатывать методы инженерного прогнозирования и диагностические модели состояния лазерных приборов, систем и комплексов в процессе их эксплуатации (ПК-13); способность проектировать, разрабатывать и внедрять технологические процессы и режимы производства, осуществлять контроль качества лазерных приборов, систем, комплексов и их элементов (ПК-9); готовность к разработке средств измерений параметров лазерного излучения (ДПК-3).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- 1) **Знать:** методики проведения экспериментов, обработки и представления экспериментальных данных (ПК-9, 13); основные законы естественнонаучных дисциплин, методы

математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, необходимые для понимания и использования результатов лазерных измерений (ПК-9, ДПК-3); основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, использовать навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ПК-9).

- 2) **Уметь:** проводить наладку, настройку, юстировку и опытную проверку лазерных приборов и систем в лабораторных условиях и на объектах (ПК-9); выбирать оптимальный метод и разрабатывать программы экспериментальных исследований, проводить оптические, фотометрические и электрические измерения с выбором технических средств и обработкой результатов (ПК-9, 13, ДПК-3); проводить эксперименты, обработку и представлять экспериментальные данные, собирать и анализировать научно-техническую информацию по тематике лазерных измерений, учитывать современные тенденции развития и использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в профессиональной деятельности (ПК-9, 13, ДПК-3); готовность к разработке средств измерений параметров лазерного излучения (ДПК-3).
- 3) **Владеть:** способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (ПК-13); способностью разрабатывать методы инженерного прогнозирования и диагностические модели состояния лазерных приборов, систем и комплексов в процессе их эксплуатации (ПК-13); способностью проектировать, разрабатывать и внедрять технологические процессы и режимы производства, осуществлять контроль качества лазерных приборов, систем, комплексов и их элементов (ПК-9); способностью анализировать поставленную проектную задачу в области лазерной техники и технологии на основе подбора и изучения литературных и патентных источников (ПК-9, 13).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов 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 занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС			КП / КР
1	Вводное занятие	1	1	2				4			
2	Энергетические параметры лазерного излучения и их измерение	1	2 - 5	4		12		16	8/50%	Рейтинг-контроль 1	
3	Пространственно-энергетические параметры лазерного излучения и их измерение	1	6 - 12	6		12		16	9/50%	Рейтинг-контроль 2	
4	Временные параметры лазерного излучения и их измерение	1	13 - 18	6		12		18	9/50%	Рейтинг-контроль 3	
Всего		1	18	18	-	36	-	54	-	26/50%	Экзамен (36)

Содержание дисциплины:

Лекции:

1. Вводное занятие.

Инструктаж по охране труда и по пожарной безопасности. Изучение инструкций, утвержденных в НИИКО-2 ФКП «ГЛП «Радуга». Инструкция по пожарной безопасности НИИКО-2. Инструкция № 2 по охране труда, по оказанию само- и взаимопомощи пострадавшим от несчастных случаев. Инструкция № 3 по охране труда для инженерно-технических работников (ИТР). Инструкция № 4 по охране труда для операторов ЭВМ, персональных компьютеров и автоматизированных рабочих мест с ЭВМ.

2. Энергетические параметры лазерного излучения и их измерение.

Основные типы приемников оптического излучения, используемых в качестве преобразователей энергии (мощности) лазерного излучения. Измерение средней мощности непрерывного лазерного излучения. Измерение средней энергии импульсного (частотного) лазерного излучения. Оценка коэффициента отражения зеркал с отражающими покрытиями для излучения с длинами волн видимого и ближнего ИК диапазона. Методы калиброванного ослабления лазерного излучения.

3. Пространственно-энергетические параметры лазерного излучения и их измерение.

Измерение диаметра пучка лазерного излучения при помощи матричных фотоприемников излучения. Измерение расходимости непрерывного лазерного излучения методом фокального пятна. Измерение распределения излучения по площади поперечного сечения пучка.

4. Временные параметры лазерного излучения и их измерение.

Измерение длительности и формы импульса, периода и частоты следования импульсов лазерного излучения.

Лабораторные работы:

- ЛБ №1 Измерение энергетические параметров лазерного излучения -12ч.
- ЛБ №2 Измерение пространственно-энергетических параметров лазерного излучения – 12ч.
- ЛБ №3 Измерение временных параметров лазерного излучения -- 12ч.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проведение лекционных занятий обеспечено специализированными аудиториями, оборудованными компьютерами и электронными проекторами, что позволяет сопровождать чтение лекций демонстрацией компьютерных слайдов.

В рамках лекционного курса используются также следующие технологии:

- Компьютерные симуляции лазерно-индуцированных процессов, лежащих в основе лазерных перспективных технологий.
- Технология проблемного обучения (case study). При рассмотрении вопросов практического применения рассмотренного теоретического материала, используется диалог со студентами на предмет возможных способов решения поставленной задачи.
- Встречи с учеными и специалистами, работающими в направлении развития и использования перспективных лазерных технологий.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИС-

ЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

а) вопросы рейтинг-контроля:

рейтинг-контроля № 1:

1. Оптическое излучение как источник и переносчик измерительной информации
2. Измеряемые величины и принятые обозначения
3. Когерентность и расходимость лазерного излучения
4. Тепловой метод измерения энергетических параметров и характеристик лазерного излучения
5. Фотоэлектрический метод измерения временных характеристик лазерного излучения
6. Фотопреобразователи на основе внешнего фотоэффекта
7. Фотопреобразователи на основе внутреннего фотоэффекта
8. Изучение формы сверхкоротких лазерных импульсов
9. Измерение поляризации лазерного пучка
10. Измерение пространственных характеристик лазерного пучка
11. Метод регистрации диаграммы направленности
12. Метод фокального пятна
13. Современные фотодиодные, фоторезистивные и фототранзисторные матрицы
14. Современные методы автоматизированной математической обработки информации с ПЗС
15. Измерение спектральных и корреляционных параметров лазерного излучения
16. Методы измерения спектра излучения многомодовых лазеров
17. Методы прецизионного измерения длины волны и частоты генерации
18. Методы измерения ширины полосы генерации одночастотного лазера
19. Измерительные преобразователи поглощающего типа
20. Измерительные преобразователи проходного типа

рейтинг-контроля № 2:

1. Какое из свойств лазерного излучения наиболее важно для спектроскопии
2. Какое из перечисленных свойств лазерного излучения наиболее важно для интерферометрии
3. Как зависит от угла между интерферирующими пучками ширина интерференционной полосы
4. Что называется видностью интерференционной картины
5. Если погрешность измерений составляет 0,1 %, какова будет их точность
6. Единицей измерения чего является люмен
7. Для чего служит фильтр Лио

рейтинг-контроля № 3

1. Сколько рабочих выходов имеется у интерферометра Маха – Цандера
2. Сколько рабочих выходов имеется у интерферометра Майкельсона
3. Что называется резкостью интерферометра
4. Можно ли с помощью интерферометра измерить длину волны излучения

5. Какой функцией описывается зависимость спектральной плотности дробового шума фотоприемника от частоты
6. Какой функцией описывается зависимость спектральной плотности фликкер-шума фотоприемника от частоты
7. Какая зависимость остаточной части дробового шума от полосы регистрации после синхронного детектирования сигнала
8. Что ограничивает динамический диапазон автоподстройки частоты лазера
9. Для чего используются болометры
10. В чём состоит основное преимущество ФЭУ перед фотодиодами
11. Что такое длина когерентности
12. Что такое объем когерентности
13. Основные методы измерения параметров когерентности

б) вопросы к экзамену

1. Оптическое излучение как источник и переносчик измерительной информации
2. Измеряемые величины и принятые обозначения
3. Когерентность и расходимость лазерного излучения
4. Тепловой метод измерения энергетических параметров и характеристик лазерного излучения
5. Фотоэлектрический метод измерения временных характеристик лазерного излучения
6. Фотопреобразователи на основе внешнего фотоэффекта
7. Фотопреобразователи на основе внутреннего фотоэффекта
8. Изучение формы сверхкоротких лазерных импульсов
9. Измерение поляризации лазерного пучка
10. Измерение пространственных характеристик лазерного пучка
11. Метод регистрации диаграммы направленности
12. Метод фокального пятна
13. Современные фотодиодные, фоторезистивные и фототранзисторные матрицы
14. Современные методы автоматизированной математической обработки информации с ПЗС
15. Измерение спектральных и корреляционных параметров лазерного излучения
16. Методы измерения спектра излучения многомодовых лазеров
17. Методы прецизионного измерения длины волны и частоты генерации
18. Методы измерения ширины полосы генерации одночастотного лазера
19. Методы измерения разности частот генерации двух однотипных частотностабилизированных лазеров
20. Интерферометры для измерения спектра лазерного излучения
21. Измерение частоты лазерного излучения методом гетеродинамирования
22. Методы измерения временной когерентности
23. Методы измерения пространственной когерентности
24. Фотодетекторы
25. Фотоэлектронные умножители

26. Быстродействие и чувствительность фотодетекторов
27. Темновые шумы фотодетекторов
28. Дробовые шумы фотодетекторов
29. Генерационно-рекомбинационный шум фотодетекторов
30. Фликкер шум фотодетекторов
31. Фотонный шум фотодетекторов
32. Стабилизация частоты и мощности лазера
33. Активная стабилизация
34. Повышение точности при измерении с использованием лазера
35. Узкополосное детектирование
36. Гетеродинирование
37. Синхронное детектирование
38. Лазерная метрология
39. Теоретическая метрология
40. Законодательная метрология
41. Практическая метрология
42. Методы прямых и косвенных измерений
43. Эталоны физических величин
44. Измерительные преобразователи поглощающего типа
45. Измерительные преобразователи проходного типа

в) вопросы к самостоятельной работе студента:

1. Лазерные интерференционные измерения. Физические принципы. Метрологические основы. Практические возможности. Характеристики лазерного излучения.
2. Основные положения теории оптической интерферометрии. Спектр и модовый состав лазерного излучения. Комплексная степень когерентности. Временная и пространственная степень когерентности лазерного излучения.
3. Лазерные интерферометры. Интерферометр Майкельсона. Форма стационарных интерференционных полос на выходе интерферометра при наложении двух плоских, сферических волн, гауссовых лазерных пучков.
4. Динамические интерференционные измерения. Измерение перемещений, вибраций, деформаций, скорости.
5. Лазерное гетеродинирование. Схемы лазерных гетеродинных интерферометров с движущейся дифракционной решеткой и с акустооптической ячейкой.
6. Параметры выходного сигнала интерферометра. Влияние апертуры фотоприемника. Согласование интерферирующих волн.
7. Спекл-эффект в лазерном свете. Образование спекл-структур в свободном пространстве и в пространстве изображений. Спеклы на выходе многомодовых оптических волокон. Статистические свойства спекл-полей и спекл-структур.
8. Интерференция спекл-полей. Интерференция некоррелированных спекл-полей. Лазерные спекл-интерферометры.
9. Голографическая интерферометрия. Методы реального времени, двух экспозиций, с усреднением во времени, стробоскопический. Голографическая интерферометрия перемещений и деформаций объектов с рассеивающей поверхностью.

10. Цифровая голографическая интерферометрия микроперемещений и деформаций объектов с рассеивающей поверхностью
11. Метод двухэкспозиционной спекл-фотографии для измерения микроперемещений объектов с рассеивающей поверхностью. Метод цифровой многоэкспозиционной спекл-фотографии.
12. Корреляционная спекл-интерферометрия. Методы цифровой спекл-интерферометрии.
13. Лазерные интерференционно-муаровые методы измерений

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература:

1. "Энергетические параметры и характеристики лазерного излучения: метод. указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Измерение и контроль параметров лазерного излучения" [Электронный ресурс] / М.В. Таксанц, Л.Н. Майоров. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014." <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703838471.html>
2. Оптические измерения [Электронный ресурс] / А. Н. Андреев, Е. В. Гаврилов, Г. Г. Ишанин и др. - М.: Университетская книга; Логос, 2012. - 416 с. - ISBN 978-5-98704-173-2. <http://www.iprbookshop.ru/9092.html>
3. Шангина Л.И. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шангина Л.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 301 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13939>

б) дополнительная литература:

1. Расчет яркости фона и ослабления лазерного излучения в ультрафиолетовой области спектра [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсам «Проектирование лазерных систем экологического мониторинга», «Проектирование лазерных систем локации»/ М.Л. Белов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011.— 68 с. http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0454.html
2. Метрология и средства измерений: Учебное пособие / В.Ф. Пелевин. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 272 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-006769-8. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=406750>
3. Физика лазеров. Часть 2 [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Ч. 2. Основы теории лазеров / А. Т. Реутов. - М. : Издательство РУДН, 2011. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785209036548.html>

в) программное обеспечение и 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>
6. <http://www.twirpx.com/>


7. <http://www.studentlibrary.ru>

8. **МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лаборатория оптико-физических измерений НИИКО-2 с действующими источниками лазерного излучения и измерительной аппаратурой, включающей в себя измерители мощности и энергии, цифровые регистраторы информации, матричные фотоприемники, фотодиоды, осциллографы.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 12.04.05 «Лазерная техника и лазерные технологии», программа подготовки Твёрдотельные полупроводниковые лазерные системы

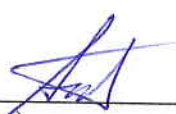
Рабочую программу составил зав. каф. ЛСиК, к.ф.-м.н. А.А. Антипов
(ФИО, подпись) 

Рецензент
(представитель работодателя)  З.М. Каз. Кисеико - ФКП "РАП "Варна"
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЛСиК

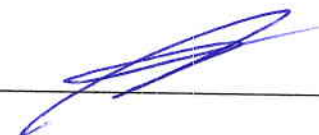
Протокол № 1 от 22.12.15 года

Заведующий кафедрой ЛСиК А.А. Антипов

(ФИО, подпись) 

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 12.04.05 «Лазерная техника и лазерные технологии», программа подготовки Твёрдотельные полупроводниковые лазерные системы

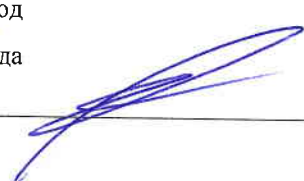
Протокол № 50 от 22.12.15 года

Председатель комиссии зав.каф. ФиПМ С.М. Аракелян
(ФИО, подпись) 

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

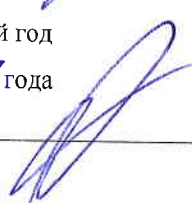
Рабочая программа одобрена на 16-17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.09.16 года

Заведующий кафедрой _____


Рабочая программа одобрена на 17-18 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.17 года

Заведующий кафедрой _____


Рабочая программа одобрена на 18-19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой _____
