

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 26.06.2023 14:04:21
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Оптические и навигационные
системы»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ»

для подготовки бакалавров

по направлению

12.03.01 «Приборостроение»

по профилю

«Оптические и навигационные системы»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

заведующий кафедрой, д.т.н., профессор Филатов Ю.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЛИНС
26.04.2022, протокол № 3

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФИБС, 18.05.2022, протокол № 8

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФИБС
Обеспечивающая кафедра	ЛИНС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	4
Семестр	7
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	52
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	56
Всего (академ. часов)	108
Вид промежуточной аттестации	
Зачет (курс)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ»

Освоение дисциплинарных компетенций, знакомство обучаемых с объектами и направлениями в области методов измерений в волоконной оптике, физическими основами метрологии и стандартными методами измерений, анализом возникающих погрешностей, основными научно-техническими проблемами, стратегиями и инновациями развития измерений в волоконной оптике.

SUBJECT SUMMARY

«FIBER-OPTIC MEASUREMENTS»

Mastering disciplinary competencies, familiarization of trainees with objects and directions in the field of measurement methods in fiber optics, the physical basics of metrology and standard measurement methods, analysis of emerging errors, the main scientific and technical problems, strategies and innovations for the development of measurements in fiber optics.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Цель учебной дисциплины «Волоконно-оптические измерения» – освоение дисциплинарных компетенций, знакомство обучаемых с объектами и направлениями в области методов измерений в волоконной оптике, физическими основами метрологии и стандартными методами измерений, анализом возникающих погрешностей, основными научно-техническими проблемами, стратегиями и инновациями развития измерений в волоконной оптике.
2. Задачами изучения дисциплины является приобретение теоретических знаний об активных оптических материалах и особенностях их применения, о современных технологиях измерения, тестирования и контроля оптических волокон; и формирование практических умений и навыков использования данных об активных оптических материалах для конструирования и эксплуатации систем тестирования и контроля оптических волокон, разработки мероприятий по обеспечению качества, надёжности и безопасности оптической продукции на всех этапах жизненного цикла оптоэлектроники и оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.
3. Знание основные классы активных оптических материалов и особенности их применения в фотонике и оптоинформатике; основ современных технологий измерения, тестирования и контроля оптических волокон; перечня оборудования, необходимого для контроля качества выпускаемой оптической продукции.
4. Умения использовать данные об активных оптических материалах для конструирования и эксплуатации систем тестирования и контроля оптических волокон; выявлять недостатки в существующем техпроцессе производства оптической продукции для его совершенствования; моделировать структуру материалов фотоники и происходящих в них процессов с использованием про-

граммных средств.

5. Владеет навыками разработки мероприятий по обеспечению качества, надёжности и безопасности оптической продукции на всех этапах жизненного цикла оплотехники и оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»
2. «Основы фотоники»
3. «Физика»
4. «Метрология и измерительная техника»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Производственная практика (преддипломная практика)»

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-2	Способен осуществлять технический контроль производства приборов и систем, проводить измерения и исследования по заданной методике, контролировать соответствие технической документации разрабатываемых проектов стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
<i>ПК-2.2</i>	<i>Проводит измерения и исследования по заданной методике</i>
ПК-4	Способен обеспечивать метрологическое сопровождение технологических процессов производства приборов и систем, использовать типовые методы контроля характеристик выпускаемой продукции и параметров технологических процессов
<i>ПК-4.1</i>	<i>Обеспечивает метрологическое сопровождение технологических процессов производства приборов и систем</i>
<i>ПК-4.2</i>	<i>Использует типовые методы контроля характеристик выпускаемой продукции и параметров технологических процессов</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Лазеры и лазерные материалы.	6	4		13
2	Нелинейные материалы.	8	4		13
3	Регистрирующие среды.	2	1		4
4	Стандартизация и контроль в волоконной оптике.	8	4		13
5	Виды измерений в волоконной оптике	10	4		13
6	Текущий контроль			1	
	Итого, ач	34	17	1	56
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	108/3			

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Лазеры и лазерные материалы.	<p>Основы квантовой теории излучения и поглощения света. Радиационное время жизни. Механизмы уширения спектральных полос в стеклах и кристаллах.</p> <p>Инверсия населенностей. Процессы миграции энергии. Сенсбилизация лазерных переходов. Поперечные сечения поглощения и излучения. Процессы релаксации в лазерных материалах. Классификация лазеров по типу активной среды. Основные принципиальные отличия лазеров с активной средой разных типов.</p> <p>Разновидности твердотельных лазеров. Принципы генерации твердотельных лазеров. Лазеры на активированных кристаллах. Волоконные лазеры. Основные эксплуатационные характеристики кристаллических лазеров.</p> <p>Полупроводниковые лазеры. Принципы генерации полупроводниковых лазеров. Основные диапазоны генерации полупроводниковых лазеров. Основные эксплуатационные характеристики полупроводниковых лазеров.</p> <p>Газовые лазеры. Принципы генерации газовых лазеров. Типы активных газовых сред. Основные эксплуатационные характеристики полупроводниковых лазеров.</p>
2	Нелинейные материалы.	<p>Нелинейная поляризация диэлектриков и нелинейно-оптические явления. Нелинейные восприимчивости. Нелинейные оптические параметры кристаллов и стекол. Использование нелинейных эффектов для управления спектральными, временными, пространственными и энергетическими параметрами генерации. Использование нелинейных оптических свойств лазерных материалов для управления параметрами лазерного излучения.</p> <p>Генерация второй гармоники. Кристаллы для генерации второй гармоники. Электрооптический эффект и оптическое выпрямление света.</p> <p>Параметрическая генерация света. Кристаллы для параметрической генерации света.</p> <p>Нелинейное рассеяние света. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР). Кристаллические среды для получения вынужденного рассеяния. ВКР-самопреобразование лазерного излучения. Создание эффективных полуторамикронных лазеров с использованием ВКР-самопреобразования. Кристаллические среды для ВКР-самопреобразования лазерного излучения.</p> <p>Генерация треть</p>

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Регистрирующие среды.	<p>Классификация приемников оптического излучения. Фотоэлектрические приёмники излучения. Фотоэлектронные приборы. Тепловые приемники излучения. Полупроводниковые материалы используемые для изготовления приемников излучения.</p> <p>Основные параметры и характеристики приемников оптического излучения. Основные параметры и характеристики одноэлементных и малоэлементных полупроводниковых фотоэлектрических приемников излучения фотоприемных устройств и тепловых приборов. Система параметров многоэлементных фоточувствительных приборов. Основные параметры фотоумножителей. Основные параметры и характеристики электронно-оптических преобразователей.</p>
4	Стандартизация и контроль в волоконной оптике.	<p>Стандартизация, ее функции. Виды и цели стандартизации. Особенности стандартизации в волоконной оптике. Влияние внешних воздействий на срок службы оптических волокон. Категории оптических волокон. Особенности измерений в волоконной оптике. Метрологическое обеспечение измерений в волоконной оптике.</p> <p>Основные понятия и определения: измерение, тестирование, метрологический контроль. Методы контроля и измерения физических величин, дискретизация, квантование, кодирование сигналов. Виды и оценка погрешностей измерений.</p> <p>Основы корреляционного и регрессионного анализа при обработке результатов измерений. Метод наименьших квадратов</p>

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
5	Виды измерений в волоконной оптике	Классификация измерений в волоконной оптике. Измерение параметров одномодового волокна: размера модового пятна, длины волны отсечки, хроматической дисперсии, затухания. Измерение параметров многомодового волокна: диаметра сердцевины, числовой апертуры, хроматической и многомодовой дисперсии, затухания. Стандартные категории волокон и виды испытаний: методы преломления и распределения света в ближнем поле, задержки отраженного импульса, измерения механических характеристик. Методы измерения затухания (обрыва, вносимых потерь, обратного рассеяния). Измерение ширины полосы пропускания: импульсная и частотная характеристики. Измерение передаваемой мощности. Методы фазового сдвига и задержки импульса определения дисперсии. Методы определения характеристик при испытаниях на воздействие внешних факторов. Измерение спектральных характеристик: анализ оптического спектра, измерение длины волны, ширины линии и фазового шума без модуляции лазера, частотной модуляции оптического сигнала.
6	Текущий контроль	

4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Исследование характеристик излучения газового лазера. Исследование характеристик излучения полупроводникового лазера.	1
2. Исследование характеристик излучения твердотельного лазера. Исследование характеристик излучения волоконного лазера.	1
3. Изучение эффекта Фарадея в стекле.	1
4. Эффект генерации второй гармоники.	1
5. характеристики приемников излучения	1
6. источники излучения, измерение случайных погрешностей	1
7. макро-и микроизгибные потери в оптическом волокне	1
8. Исследование зависимости бриллюэновского частотного сдвига от температуры и механических напряжений в оптическом волокне.	1

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
9. Измерение температуры с помощью волоконных брэгговских решеток.	1
10. Исследование эффекта Фарадея в оптических волокнах, измерение постоянной Вердэ.	1
11. Измерение масштабного коэффициента в волоконно-оптическом гироскопе	1
12. Измерение температурной погрешности в волоконно-оптическом гироскопе.	1
13. Измерение затухания в оптических волокнах.	1
14. Измерение числовой апертуры оптического волокна. Измерение поляризации, двулучепреломления оптического волокна.	1
15. Измерение длины оптического волокна путем определения времени задержки переданного и (или) отраженного импульса	1
16. Исследование температурной зависимости рассеяния Рамана	1
17. Исследование передаточной функции преобразователя перемещения на брэгговских решётках	1
Итого	17

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	14
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	17
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	25
ИТОГО СРС	56

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Сидоров, Александр Иванович. Оптические волноводы для волоконной и интегральной оптики [Текст] : учеб. пособие / А.И. Сидоров, 2008. -95 с.	19
2	Филатов, Юрий Владимирович. Волоконно-оптический гироскоп [Текст] : Учеб. пособие / Ю.В. Филатов, 2003. -51 с.	58
3	Беспрозванных В. Г. Нелинейные эффекты в волоконной оптике [Электронный ресурс] : учебное пособие, 2011. -228 с.	неогр.
Дополнительная литература		
1	Великосельцев, Александр Александрович. Волоконно-оптические технологии в навигационных системах [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.А. Великосельцев, Ю.В. Филатов, 2011. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
2	Цаплин А. И. Методы измерений в волоконной оптике [Электронный ресурс] : учебное пособие, 2011. -227 с.	неогр.

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	В. Постников. Оптическое материаловедение. Активные материалы https://elib.pstu.ru/docview/2658

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=10754>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Волоконно-оптические измерения» формой промежуточной аттестации является зачет. Оценивание качества освоения дисциплины производится с использованием рейтинговой системы.

Особенности допуска

Для допуска к зачету студент должен набрать 52 балла и более.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

Контрольная работа №1

Вариант 1

1. Спонтанное и вынужденное излучения: характеристики, различия в процессах возникновения и свойствах.
2. Генерация лазерного излучения в трехуровневой системе. Условия генерации. Недостатки трехуровневой системы.
3. Твердотельные лазеры: виды матриц, требования к матрице.
4. Нарушение распределения Больцмана при инверсии населенности, поперечное сечение и коэффициент поглощения.
5. Оптическая накачка: условия реализации, эффективность.

Контрольная работа №2

Вариант 1

1. Метод распределения света в дальнем поле для измерения цифровой апертуры.
2. Методы измерения ширины полосы пропускания: импульсной и частотной характеристик, передаваемой или излучаемой мощности.
3. Измерение рельефа поверхности бесконтактным атомно-силовым микроскопом.
4. Классификация приемников оптического излучения на основе внутреннего фотоэффекта.
5. Виды и принцип работы тепловых приемников оптического излучения.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
8	Лазеры и лазерные материалы. Нелинейные материалы. Регистрирующие среды.	Контрольная работа
17	Стандартизация и контроль в волоконной оптике. Виды измерений в волоконной оптике	Контрольная работа

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на зачет.

В течение семестра студент выполняет две контрольные работы на 8 и 17 неделях обучения. Каждая контрольная работа состоит из 5 теоретических вопросов, оцениваемых в **10** баллов каждый. Таким образом за одну контрольную работу студент может получить **50** баллов. Всего за семестр **100** баллов. Полностью раскрытый вопрос получает оценку в 10 баллов, снижение оценки происходит пропорционально полноте раскрытия темы, вплоть до нуля при отсутствии ответа либо при полностью неверном ответе.

на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на зачет.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекци-

онных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, доска, экран, проектор, ПК, ноутбук	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, доска, экран, проектор, ПК, ноутбук	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА