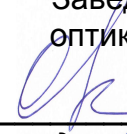


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии



подпись

Овчинников О.В.

14.06.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.02.01 Электрооптические и пассивные системы управления
лазерным излучением

1. Шифр и наименование направления подготовки / специальности:

12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

2. Профиль подготовки/специализация: Материалы и устройства фотоники
и оптоинформатики

3. Квалификация выпускника: высшее образование (магистр)

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы: Овчинников О.В. , д. ф.-м. н., профессор

7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 13.06.2024

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)

8. Учебный год: 2024/2025

Семестр(ы): 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование профессиональной компетенции в области электрооптические и пассивные системы управления лазерным излучением.

Задачи учебной дисциплины:

- изучить физические основы техники модуляции для передачи данных
- рассмотреть полупроводниковые модуляторы
- изучить способы внутренней модуляции лазерного излучения
- рассмотреть способы преобразование лазерного пучка и способы ограничения мощности лазерного излучения.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: относится к вариативной части блока Б1, дисциплины по выбору

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен экспериментально исследовать перспективные материалы и моделировать процессы в устройствах фотоники	ПК-2.1	Ставит задачи и определяет набор параметров, с учетом которых должно быть проведено моделирование процессов, явлений и особенностей работы устройств фотоники и оптоинформатики	Знать: физические основы техники модуляции для передачи данных; способы модуляции и преобразования лазерного излучения
		ПК-2.2	Осуществляет подбор оборудования и комплектующих необходимых для проведения исследований, разрабатывает методики оптических и фотонных исследований	Уметь: проводить поиск научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области электрооптические и пассивные системы управления лазерным излучением
		ПК-2.3	Проводит анализ полученных результатов моделирования работы устройств фотоники и оптоинформатики на основе физических процессов и явлений	Владеть: навыками анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области электрооптические и пассивные системы управления лазерным излучением

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3 з.е. / 108 ч.

Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		№ 1
Аудиторные занятия	30	30
в том числе:	лекции	30
	практические	
	лабораторные	
Самостоятельная работа	78	78
в том числе: курсовая работа (проект)		
Форма промежуточной аттестации		<i>Зачет с оценкой</i>
Итого:	144	144

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
Лекции			
1.	Модуляторы оптического излучения.	1.1 Физические основы техники модуляции для передачи данных	
		1.2 Фазовые электрооптические модуляторы.	
		Оптические свойства анизотропной среды. Феноменологическое описание электрооптического эффекта. Фазовая модуляция оптического излучения в линейных электрооптических средах. Многоэлементные фазовые модуляторы. Модуляторы бегущей волны.	
		1.3 Амплитудные электрооптические модуляторы.	
		Принцип действия поляризационных модуляторов. Основные схемы поляризационных электрооптических модуляторов. Модуляторы с циркулярными поляризаторами. Амплитудные многоэлементные модуляторы. Жидкостные модуляторы Керра (ячейки Керра). Модуляторы, использующие эффект Керра в твердом теле.	
		1.4 Интерференционные модуляторы.	
		Преобразование фазовой модуляции в амплитудную. Двухлучевые интерференционные модуляторы. Модуляторы на основе интерферометров.	
		1.5 Магнитооптические модуляторы.	
		Оптическая активность. Эффект Фарадея. Фарадеевский низкочастотный модулятор. Модуляция вблизи полосы поглощения. Резонансная СВЧ-модуляция. Магнитооптическая модуляция в полупроводниках.	
2	Полупроводниковые модуляторы	Электрооптический модулятор на <i>p-n</i> -переходе. Модуляция при смещении края полосы поглощения. Модуляторы, использующие поглощение света свободными носителями. Модуляция излучения с помощью обратно смещенных диодов.	+
3	Внутренняя модуляция лазерного	Модуляция лазерного излучения путем управления коэффициентом усиления активной среды. Частотная модуляция излучения лазера при помощи эффектов	

	излучения.	Зеемана и Штарка. Частотная модуляция излучения лазера при изменении параметров оптического резонатора. Модуляция лазерного излучения при помощи управления обратной связью. Модуляция излучения лазера при помощи изменения добротности оптического резонатора. Внутренняя модуляция полупроводниковых лазеров.
4	Преобразование лазерного пучка: распространение, усиление, преобразование частоты, сжатие импульса.	Преобразование в пространстве: распространение гауссова пучка. Преобразование амплитуды: лазерное усиление. Преобразование частоты: генерация второй гармоники и параметрическая генерация: Физическая картина (Генерация второй гармоники. Параметрическая генерация); Аналитическое рассмотрение (Параметрическая генерация. Генерация второй гармоники). Временное преобразование: сжатие импульса.
5	Способы ограничения мощности лазерного излучения.	Активные ограничители мощности. Пассивные ограничители мощности и механизмы их работы (Обратное насыщающееся поглощение, двухфотонное поглощение, поглощение свободными носителями, нелинейная рефракция, индуцированное рассеяние. Фоторефракция).

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практ.	Лаб.	Самостоятельная работа	Контроль	
1.	Модуляторы оптического излучения	10			20		30
2.	Полупроводниковые модуляторы	4			16		20
3.	Внутренняя модуляция лазерного излучения	6			16		22
4.	Преобразование лазерного пучка: распространение, усиление, преобразование частоты, сжатие импульса	6			16		22
5.	Способы ограничения мощности лазерного излучения	4			10		14
	Итого:	30			78		108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- 1) Лекции. В ходе лекционных занятий студенту необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций
- 2) Самостоятельная работа студента. Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.

3) Подготовка к аттестации. В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, заданий для выполнения практических работ, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Бакланов, Е. В. Основы лазерной физики : учебник / Е. В. Бакланов. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 131 с. — ISBN 978-5-7782-3368-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118455 — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Щапова, И. А. Основы оптоэлектроники и лазерной техники : учебное пособие / И. А. Щапова. — 3-е изд., стереотип. — Москва : ФЛИНТА, 2017. — 235 с. — Режим доступа: по подписке. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=103827 — Библиогр. в кн. — ISBN 978-5-9765-0040-4. — Текст : электронный.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Григорьянц, А.Г. Технологические процессы лазерной обработки [Текст] / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюрюв; под ред. А.Г. Григорьянца — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. — 664 с.
4	Голубев, В. С. Физические основы технологических лазеров : учебное пособие : [16+] / В. С. Голубев, Ф. В. Лебедев. — 3-е изд., стер. — Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2021. — 189 с. : табл., ил. — (Лазерная техника и технология : в 7 кн., кн. 1 / под ред. А. Г. Григорьянца). — Режим доступа: по подписке. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612976 — ISBN 978-5-4499-2052-2 (Кн. 1). — ISBN 978-5-4499-2058-4. — DOI 10.23681/612976. — Текст : электронный.
5	Звелто, О. Принципы лазеров = Principles of lasers / Орацио Звелто ; пер. с англ. Д.Н. Козлова [и др.] ; под науч. ред. Т. А. Шмаонова .— изд. 4-е .— СПб ; М. ; Краснодар : Лань, 2008 .— 719 с. : ил. — (Учебные пособия для вузов. Специальная литература) .— Библиогр. в конце гл. — Предм. указ...: с.703-712 .— ISBN 978-5-8114-0844-3.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
6	Электронно-библиотечная система BOOK.ru https://www.book.ru/
7	ЭБС «ПЛАТФОРМА ЮРАЙТ» – https://urait.ru/
8	ЭБС Лань – https://e.lanbook.com/
9	ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС «Консультант студента») – http://www.studentlibrary.ru/
10	ЭБС «Университетская библиотека Online» – https://biblioclub.ru/
11	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" – http://rucont.ru

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1.	Моделирование оптических систем оптоэлектронных приборов: методические указания к выполнению лабораторных работ : учебное пособие : [16+] / С. Н. Липницкая, А. Е. Романов, Д. А. Бауман, В. Е. Бугров ; Университет ИТМО. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. — 61 с. : ил. — Режим доступа: по подписке. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564017 (дата обращения: 09.11.2021). — Библиогр. в кн. — Текст : электронный.
2.	Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы обучающимися в магистратуре по направлению "Физика" [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. направления 03.03.02 Физика] / Сост.: Л.Ю. Леонова, И.Г. Гревцева ; Воронеж. гос. ун-т .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (ауд. 133): специализированная мебель, проектор, ноутбук, экран. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ», MathWorks TotalAcademicHeadcount 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, этаж – 1, пом. 136

Учебная аудитория (ауд. 129): специализированная мебель 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, этаж – 1, пом. 141

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Модуляторы оптического излучения	ПК –2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	<i>Вопросы</i>
2.	Полупроводниковые модуляторы	ПК –2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	<i>Вопросы</i>
3.	Внутренняя модуляция лазерного излучения	ПК –2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	<i>Вопросы</i>
4.	Преобразование лазерного пучка: распространение, усиление, преобразование частоты, сжатие импульса	ПК-2.2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	<i>Вопросы</i>
5.	Способы ограничения мощности лазерного излучения	ПК –2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	<i>Вопросы</i>
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				<i>Вопросы</i>

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы для контроля освоения дисциплины, которые формулируются преподавателем по окончании занятия для закрепления пройденного материала или для подготовки к последующим занятиям. На следующем занятии преподаватель осуществляет устный или письменный опрос. Положительная оценка может быть выставлена по результатам ответа.

Пример вопросов (заданий) для текущего контроля усвоения дисциплины:

1. Назовите оптические свойства анизотропной среды.
2. В чем заключается феноменологический подход к описанию электрооптического эффекта.
3. Какие среды являются линейными электрооптическими средами?

4. Приведите примеры модуляторов бегущей волны.
5. Какие основные схемы поляризационных электрооптических модуляторов вы знаете
6. Что представляют собой модуляторы с циркулярными поляризаторами?
7. В чем заключается принцип действия амплитудных многоэлементных модуляторов?
8. В чем заключается принцип действия интерференционных модуляторов?
9. В чем заключается принцип действия магнитооптических модуляторов?
10. Опишите модуляцию излучения с помощью обратно смещенных диодов.
11. Опишите принцип модуляции лазерного излучения путем управления коэффициентом усиления активной среды.
12. Как осуществляется частотная модуляция излучения лазера при помощи эффектов Зеемана и Штарка?
13. Как осуществляется частотная модуляция излучения лазера при изменении параметров оптического резонатора?
14. Опишите принцип модуляции лазерного излучения при помощи управления обратной связью и при помощи изменения добротности оптического резонатора.
16. Опишите внутреннюю модуляцию полупроводниковых лазеров.
12. Как происходит преобразование лазерного пучка: в пространстве, усиление, преобразование частоты, сжатие импульса.
13. Механизмы работы активных и пассивных ограничителей мощности.

20.2. Промежуточная аттестация

Оценка на зачете может быть выставлена по результатам текущего контроля успеваемости при выполнении всех следующих условий обучающимся:

- посещение 80% и более лекционных занятий;
- успешно пройдена текущая аттестация (положительная оценка по результатам ответов на вопросы)

В случае невыполнения обозначенных условий, студент вправе сдавать зачет в форме устного ответа на вопрос. На подготовку ответа выделяется 45 мин, за это время студент готовит опорный конспект ответа.

Перечень вопросов к зачету с оценкой:

1. Оптические свойства анизотропной среды.
2. Феноменологическое описание электрооптического эффекта.
3. Фазовая модуляция оптического излучения в линейных электрооптических средах.
4. Многоэлементные фазовые модуляторы.
5. Модуляторы бегущей волны.
6. Модуляторы с циркулярными поляризаторами.
7. Амплитудные многоэлементные модуляторы.
8. Жидкостные модуляторы Керра (ячейки Керра).
9. Модуляторы, использующие эффект Керра в твердом теле.
10. Двухлучевые интерференционные модуляторы.
11. Модуляторы на основе интерферометров.
12. Эффект Фарадея. Фарадеевский низкочастотный модулятор.
13. Модуляция вблизи полосы поглощения.
14. Резонансная СВЧ-модуляция.
15. Магнитооптическая модуляция в полупроводниках.
16. Электрооптический модулятор на $p-n$ -переходе.
17. Модуляция при смещении края полосы поглощения.
18. Модуляторы, использующие поглощение света свободными носителями.
19. Модуляция излучения с помощью обратно смещенных диодов.
20. Модуляция лазерного излучения путем управления коэффициентом усиления активной среды.
21. Частотная модуляция излучения лазера при помощи эффектов Зеемана и Штарка.

22. Частотная модуляция излучения лазера при изменении параметров оптического резонатора.
23. Модуляция лазерного излучения при помощи управления обратной связью.
24. Модуляция излучения лазера при помощи изменения добротности оптического резонатора.
25. Внутренняя модуляция полупроводниковых лазеров.
26. Преобразование в пространстве: распространение гауссова пучка.
27. Преобразование амплитуды: лазерное усиление.
28. Преобразование частоты: генерация второй гармоники и параметрическая генерация:
29. Физическая картина (Генерация второй гармоники. Параметрическая генерация);
30. Аналитическое рассмотрение (Параметрическая генерация. Генерация второй гармоники).
31. Временное преобразование: сжатие импульса.
32. Активные ограничители мощности.
33. Пассивные ограничители мощности.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение лекционных занятий. Ответ на вопрос во время зачета. Ответы на дополнительные вопросы. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Ответ на вопрос не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано теоретических основ дисциплины.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Ответ на вопрос не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Имеет не полное представление о теоретических основах., допускает существенные ошибки.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Ответ на вопрос не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>