

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.01.01 Акустооптика. Теория и устройства

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.04.02 Физика

2. Профиль подготовки/специализация: Оптика и нанофотоника

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: оптики и спектроскопии

6. Составители программы:

Овчинников Олег Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор

7. Рекомендована: НМС физического факультета, протокол №6 от 13.06.2024

8. Учебный год: 2024-2025

Семестр(ы): 2

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование профессиональной компетенции в области фундаментальных основ современных акустооптических систем.

Задачи учебной дисциплины:

- изучить основы акустооптического взаимодействия,
- рассмотреть основные проявления и эффекты акустооптики;
- изучить основные принципы конструирования устройств акустооптики.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Акустооптика. Теория и устройства относится к вариативной части блока Б1.

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 – 3 | Способен к разработке и оптимизации технологий производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов | ПК – 3.1 | Анализирует научно-техническую информацию по разработке оптических и оптико-электронных приборов и комплексов | Знать: основные научно-технические базы данных и правила проведения поиска и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по созданию материалов и разработке устройств фотоники. Уметь: проводить поиск и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по созданию материалов и разработке устройств фотоники. |
| | | ПК-3.2 | Согласует условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемых оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, определяет требования к параметрам разрабатываемой оплотехники | Владеть: навыками проведения поиска и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по созданию материалов и разработке устройств фотоники. |
| | | ПК-3.3 | Планирует проектные и исследовательские работы, проектирует технологический процесс производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных | |

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | | | материалов, умеет разрабатывать технологическую документацию, координировать деятельность рабочих групп | |
|--|--|--|---|--|

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 4 ЗЕТ / 144 ч.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

| Вид учебной работы | | Трудоемкость | |
|--|--------------|--------------|--------------|
| | | Всего | По семестрам |
| | | | № 2 |
| Аудиторные занятия | | 44 | 44 |
| в том числе: | лекции | 32 | 32 |
| | практические | | |
| | лабораторные | 16 | 16 |
| Самостоятельная работа | | 60 | 60 |
| в том числе: курсовая работа (проект) | | | |
| Форма промежуточной аттестации <i>экзамен</i> | | 36 | 36 |
| Итого: | | 144 | 144 |

13.1. Содержание дисциплины

| п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела дисциплины |
|------------------|---|---|
| 1. Лекции | | |
| 1.1 | Акустооптическое взаимодействие. Акустооптическая ячейка как фильтр пространственных частот | Схематичное представление акустооптической дифракции. Рассеяние Манделъштама-Бриллюэна. Качественное описание явления дифракции света на ультразвуке в приближении геометрической оптики. Дифракция Рамана – Ната и дифракция Брэгга. Зависимость показателя преломления вещества от частоты распространяющихся в нем звуковых колебаний. Акустооптическое взаимодействие в рамках теории Максвелла. Преобразование пространственного спектра когерентного излучения при дифракции на акустических волнах. Дифракция пространственно-модулированной световой волны на акустическом пучке произвольного спектрального состава. Передаточная функция акустооптической ячейки. Дифракция светового пучка конечной ширины на монохроматической акустической волне. Взаимодействие плоской световой волны с акустическим цугом |
| 1.2 | Модуляторы света | Модуляторы с бегущей акустической волной. Частотные характеристики. Оптимизация параметров модулирующей ячейки. Экспериментальные результаты. Модуляторы со стоячей акустической волной |
| 1.3 | Преобразователи свет-сигнал | Принцип действия акустооптического развертывающего устройства. Пространственно-частотные характеристики. Оптимизация параметров АРУС. Дисперсионные характеристики. Экспериментальные исследования |

| | | |
|-----|--|---|
| | | развертывающих устройств. Регистрация фазовой структуры световых полей |
| 1.4 | Перестраиваемые акустооптические фильтры | Полоса пропускания фильтра на основе коллинеарного взаимодействия света и ультразвука. Оценка полосы пропускания и эффективности коллинеарного акустооптического фильтра на кристалле большой длины. Результаты экспериментального исследования коллинеарного акустооптического фильтра на кварце. Особенности акустооптической фильтрации при неколлинеарном анизотропном взаимодействии пучков. Полоса пропускания фильтра на основе поперечного взаимодействия. Неколлинеарные акустооптические фильтры с широкой угловой апертурой. Практические схемы акустооптических фильтров. |
| 1.5 | Акустооптические методы обработки радиосигналов | Пространственная модуляция света акустическими волнами. Анализаторы спектра радиосигналов. Устройства для сжатия радиоимпульсов. Корреляционная обработка сигналов. Основная схема и принцип действия акустооптического анализатора спектра с пространственным интегрированием. |
| 1.6 | Акустооптические устройства спектрального анализа и корреляционной обработки с временным интегрированием | Акустооптические корреляторы. Акустооптические анализаторы спектра, основанные на алгоритме ЛЧМ-преобразования. Акустооптические анализаторы спектра с пространственным интегрированием Разрешающая способность. Сигнал и помеха в выходной плоскости акустооптического анализатора спектра с пространственным интегрированием. |
| 1.7 | Дефлекторы | Основные характеристики дифракционных дефлекторов. Влияние затухания ультразвука на характеристики АОД. Дефлекторы с изотропной дифракцией света. Расширение полосы рабочих частот с помощью фазированных решеток преобразователей. Дефлекторы с анизотропной дифракцией света. Другие возможности улучшения характеристик АОД. Особенности работы АОД в режиме линейного сканирования. Сканирование изображений. |

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Виды занятий (количество часов) | | | | | |
|-------|---|---------------------------------|--------------|--------------|------------------------|----------|-------|
| | | Лекции | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Контроль | Всего |
| 1.1 | Акустооптическое взаимодействие. Акустооптическая ячейка как фильтр пространственных частот | 8 | | 0 | 8 | 4 | 20 |
| 1.2 | Модуляторы света | 6 | | 0 | 8 | 4 | 18 |
| 1.3 | Преобразователи свет-сигнал | 4 | | 0 | 8 | 4 | 16 |
| 1.4 | Перестраиваемые акустооптические фильтры | 4 | | 0 | 16 | 4 | 24 |
| 1.5 | Акустооптические методы обработки радиосигналов | 4 | | 0 | 8 | 4 | 16 |
| 1.6 | Акустооптические устройства спектрального анализа и корреляционной | 6 | | 0 | 6 | 4 | 16 |

| | | | | | | | |
|-----|---------------------------------------|----|--|----|----|----|-----|
| | обработки с временным интегрированием | | | | | | |
| 1.7 | Дефлекторы | 0 | | 16 | 6 | 4 | 26 |
| | Итого: | 32 | | 16 | 60 | 36 | 144 |

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.

- Подготовка к лабораторным занятиям.

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 лабораторных 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. | Панов, М. Ф. Физические основы фотоники : учебное пособие / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 564 с. — ISBN 978-5-8114-2319-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/169030 (дата обращения: 10.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 2. | Основы оптоинформатики : учебное пособие. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2019 — Часть 2 : Оптическая обработка сигналов — 2019. — 62 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/180200 (дата обращения: 10.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|---|
| 1. | Теория и практика современной акустооптики : монография / В. Я. Молчанов, Ю. И. Китаев, А. И. Колесников [и др.]. — Москва : МИСИС, 2015. — 459 с. — ISBN 978-5-87623-483-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/116526 (дата обращения: 09.11.2021). — Режим доступа: для авториз. Пользователей. |
| 2. | Оптическая обработка радиосигналов в реальном времени / [О. Б. Гусев, С. В. Кулаков, Б. П. Разживин, Д. В. Тигин]; под ред. С. В. Кулакова. — М. : Радио и связь, 1989. — 135 с. : ил. — Авт. указаны на обороте тит. л. — Библиогр.: с. 128-134 (118 назв.). — ISBN 5-256-00245-7 : 50 к. |
| 3. | Балакший, В.И. Физические основы акустооптики / В. И. Балакший, В. Н. Парыгин, Л. Е. Чирков. — М. : Радио и связь, 1985. — 279 с. : ил. |
| 4. | Физика и техника акустооптики / под ред. Е. С. Коваленко, А. В. Пуговкина. — Томск : Изд-во Том. ун-та, 1987. — 122,6,[1] с. : ил. — Библиогр. в конце ст. |
| 5. | Магдич, Л.Н. Акустооптические устройства и их применение / Л.Н. Магдич, В.Я. Молчанов. — Москва : Советское радио, 1978. — 110,[1] с. : ил. — (Массовая библиотека инженера. Электроника). |
| 6. | Кулаков, С.В. Акустооптические устройства спектрального и корреляционного анализа сигналов / С.В. Кулаков. — Л. : Наука, 1978. — 144 с. : ил. |

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

| № п/п | Ресурс |
|-------|--|
| 1 | «Университетская библиотека online» https://biblioclub.ru/ |
| 2 | ЭБС "Консультант студента" http://www.studentlibrary.ru/ |
| 3 | ЭБС "Руконт" https://rucont.ru/ |
| 4 | ЭБС "Юрайт" https://biblio-online.ru/ |
| 5 | ЭБС IPRbooks http://www.iprbookshop.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. | Бобрешов, А.М. Магнитооптика. Акустооптика [Электронный ресурс] : учебное пособие : [для студ. старших курсов физ. фак. ; для направления 03.03.03 - Радиофизика] / А.М. Бобрешов, И.С. Коровченко, А.А. Потапов ; Воронеж. гос. ун-т .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015 .— Загл. с титул. экрана .— Режим доступа: для зарегистрированных читателей ВГУ .— Текстовый файл .— Windows 2000; Adobe Acrobat Reader .— <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-239.pdf >. |

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

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лекционного занятия: 1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы. 3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

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:

Ноутбук Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, Проектор BenQ MS 612ST, Доска магнитно-маркерная 100*200. Программное обеспечение: ОС Windows (WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc), Microsoft Office (OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc). Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each AcademicEdition Additional Product. Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks. Система инженерного моделирования ANSYS HF Academic Research.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов

обучения

| Код и содержание компетенции (или ее части) | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков) | Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование) | ФОС (средства оценивания) |
|--|---|--|--|
| ПК-3. Способен к разработке и оптимизации технологий производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов | <p>Знать: основные научно-технические базы данных и правила проведения поиска и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по созданию материалов и разработке устройств фотоники.</p> <p>Уметь: проводить поиск и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по созданию материалов и разработке устройств фотоники.</p> <p>Владеть: навыками проведения поиска и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по созданию материалов и разработке устройств фотоники.</p> | <p>Акустооптическая ячейка как фильтр пространственных частот</p> <p>Модуляторы света</p> <p>Преобразователи свет-сигнал</p> <p>Дефлекторы</p> <p>Перестраиваемые акустооптические фильтры</p> <p>Акустооптические анализаторы спектра с пространственным интегрированием</p> <p>Акустооптические методы обработки радиосигналов</p> <p>Акустооптические устройства спектрального анализа и корреляционной обработки с временным интегрированием</p> | <p align="center">Устный ответ Отчет по лабораторной работе по дефлекторам</p> |
| Промежуточная аттестация (экзамен) | | | КИМ |

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение описывать основные характеристики, методики контроля и допуски на параметры оптических деталей;
- 4) владение знаниями о современных методиках контроля параметров оптических деталей.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

| Критерии оценивания компетенций | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок |
|---|--------------------------------------|----------------------------|
| <i>Посещение лекционных занятий. Ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время экзамена. Ответы на дополнительные вопросы. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.</i> | <i>Повышенный уровень</i> | <i>Отлично</i> |
| <i>Ответ на контрольно-измерительный материал 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 контрольно-измерительный материал 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 контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i> | <i>–</i> | <i>Неудовлетворительно</i> |

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

1. Дифракция пространственно-модулированной световой волны на акустическом пучке произвольного спектрального состава.
2. Передаточная функция акустооптической ячейки.
3. Дифракция светового пучка конечной ширины на монохроматической акустической волне.
4. Взаимодействие плоской световой волны с акустическим цугом
5. Модуляторы с бегущей акустической волной.
6. Частотные характеристики.
7. Оптимизация параметров модулирующей ячейки. Экспериментальные результаты.
8. Модуляторы со стоячей акустической волной
9. Принцип действия акустооптического развертывающего устройства. Пространственно-частотные характеристики.
10. Оптимизация параметров АРУС.
11. Дисперсионные характеристики.
12. Экспериментальные исследования развертывающих устройств.
13. Регистрация фазовой структуры световых полей
14. Основные характеристики дифракционных дефлекторов.
15. Влияние затухания ультразвука на характеристики АОД.
16. Дефлекторы с изотропной дифракцией света.
17. Расширение полосы рабочих частот с помощью фазированных решеток преобразователей.
18. Дефлекторы с анизотропной дифракцией света.

19. Другие возможности улучшения характеристик АОД. Особенности работы АОД в режиме линейного сканирования. Сканирование изображений.
20. Полоса пропускания фильтра на основе коллинеарного взаимодействия света и ультразвука.
21. Оценка полосы пропускания и эффективности коллинеарного акустооптического фильтра на кристалле большой длины.
22. Результаты экспериментального исследования коллинеарного акустооптического фильтра на кварце.
23. Особенности акустооптической фильтрации при неколлинеарном анизотропном взаимодействии пучков.
24. Полоса пропускания фильтра на основе поперечного взаимодействия.
25. Неколлинеарные акустооптические фильтры с широкой угловой апертурой.
26. Практические схемы акустооптических фильтров.
27. Основная схема и принцип действия акустооптического анализатора спектра с пространственным интегрированием.
28. Комплексный интеграл суперпозиции и комплексная аппаратная функция.
29. Энергетический интеграл суперпозиции и энергетическая аппаратная функция.
30. Разрешающая способность акустооптического анализатора спектра с пространственным интегрированием.
31. Сигнал и помеха в выходной плоскости акустооптического анализатора спектра с пространственным интегрированием.
32. Интеграл суперпозиции и аппаратная функция анализатора спектра с дискретным считыванием.
33. Применение многоканального акустооптического модулятора для повышения разрешающей способности.
34. Пространственная модуляция света акустическими волнами.
35. Анализаторы спектра радиосигналов.
36. Устройства для сжатия радиоимпульсов.
37. Корреляционная обработка сигналов.
38. Акустооптические корреляторы.
39. Акустооптические анализаторы спектра, основанные на алгоритме ЛЧМ-преобразования.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); тестирования; оценки результатов практической деятельности. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используется качественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.