

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.

21.06.2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.02.02 Акустооптические устройства

1. Код и наименование направления подготовки:

12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

2. Профиль подготовки: Перспективные материалы и устройства фотоники

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

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

6. Составители программы: Овчинников Олег Владимирович, д.ф.-м.н., профессор

7. Рекомендована: НМС физического факультета, протокол №6 от 20.06.2023

8. Учебный год: 2023-2024

Семестр(ы): 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

Курс "Акустооптические устройства" имеет своей целью формирование профессиональной компетенции, в области физических основ построения акустооптических устройств, области решаемых с их помощью задач, а также основ проектировки.

Задачи учебной дисциплины:

- владеть принципами построения акустооптических модуляторов, фильтров и дефлекторов;

- уметь осуществлять сравнительный анализ конструкций акустооптических устройств с классическими конструкциями оптических фильтров, спектрометров и электрооптических модуляторов.

- изучить физические основы акустооптического взаимодействия и их применения для создания акустооптических фильтров, модуляторов, дефлекторов, модуляторов спектра.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: учебная дисциплина Б1.В.ДВ.02.02 «Акустооптические устройства» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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 – 1	Способен к анализу состояния научно-технической проблемы и постановке цели и задач проводимых научных исследований на основе подбора и изучения литературных и патентных источников	ПК – 1.2.	Проводит поиск и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по созданию материалов и разработке устройств фотоники	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. Владеть: навыками проведения поиска и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по созданию материалов и разработке устройств фотоники.
ПК – 2	Способен экспериментально исследовать перспективные материалы и моделировать процессы в устройствах фотоники	ПК – 2.2.	Осуществляет подбор оборудования и комплектующих необходимых для проведения исследований, разрабатывает методики оптических и фотонных исследований	Знать: правила подбора оборудования и комплектующих необходимых для проведения исследований, подходы к разработке методик оптических и фотонных исследований. Уметь: осуществлять подбор оборудования и комплектующих необходимых для проведения исследований, разрабатывать методики оптических и фотонных исследований. Владеть: навыками осуществлять подбор оборудования и комплектующих необходимых для проведения исследований, разработки методик оптических и фотонных исследований.

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

Форма промежуточной аттестации: зачёт 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	30
	практические	-	-
	лабораторные	-	-
Самостоятельная работа	78	78	
Форма промежуточной аттестации		Зачет с оценкой	
Итого:	108	108	

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Акустооптическая ячейка как фильтр пространственных частот	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	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.	
1.5	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.	

1.6	Акустооптические анализаторы спектра с пространственным интегрированием	Основная схема и принцип действия акустооптического анализатора спектра с пространственным интегрированием. Комплексный интеграл суперпозиции и комплексная аппаратная функция. Энергетический интеграл суперпозиции и энергетическая аппаратная функция. Разрешающая способность. Сигнал и помеха в выходной плоскости акустооптического анализатора спектра с пространственным интегрированием. Интеграл суперпозиции и аппаратная функция анализатора спектра с дискретным считыванием. Применение многоканального акустооптического модулятора для повышения разрешающей способности.	
1.7	Акустооптические методы обработки радиосигналов	Пространственная модуляция света акустическими волнами. Анализаторы спектра радиосигналов. Устройства для сжатия радиоимпульсов. Корреляционная обработка сигналов.	
1.8	Акустооптические устройства спектрального анализа и корреляционной обработки с временным интегрированием	Акустооптические корреляторы. Акустооптические анализаторы спектра, основанные на алгоритме ЛЧМ-преобразования.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практ.	Лабор.	Сам. работа	Всего
1.	Акустооптическая ячейка как фильтр пространственных частот	3			9	12
2.	Модуляторы света	3			10	13
3.	Преобразователи свет-сигнал	4			10	14
4.	Дефлекторы	4			9	13
5.	Перестраиваемые акустооптические фильтры	4			10	14
6.	Акустооптические анализаторы спектра с пространственным интегрированием	4			10	14
7.	Акустооптические методы обработки радиосигналов	4			10	14
8.	Акустооптические устройства спектрального анализа и корреляционной обработки с временным интегрированием	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.	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 — 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 — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	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 — Режим доступа: для авториз. Пользователей.
4.	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. — Аэл. указаны на обороте тит. л. — Библиогр.: с. 128-134 (118 назв.). — ISBN 5-256-00245-7 : 50 к.
5.	Балакший, В.И. Физические основы акустооптики / В. И. Балакший, В. Н. Парыгин, Л. Е. Чирков .— М. : Радио и связь, 1985. — 279 с. : ил.
6.	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.
7.	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)
8.	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
9.	Зональная научная библиотека ВГУ – http://www.lib.vsu.ru
10.	ЭБС Лань – https://e.lanbook.com/

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачники, 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 традиционные и дистанционные образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные занятия. Преобладающими методами и приемами 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 др., 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), электронная почта.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Специализированная мебель, ноутбук, компьютер, экран, мультимедиапроектор. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ», MathWorks TotalAcademicHeadcoun

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.	Акустооптическая ячейка как фильтр пространственных частот	ПК-1 ПК-2	ПК-1.2 ПК-2.2	Вопросы, тесты
2.	Модуляторы света	ПК-1 ПК-2	ПК-1.2 ПК-2.2	Вопросы, тесты
3.	Преобразователи свет-сигнал	ПК-1 ПК-2	ПК-1.2 ПК-2.2	Вопросы, тесты
4.	Дефлекторы	ПК-1 ПК-2	ПК-1.2 ПК-2.2	Вопросы, тесты
5.	Перестраиваемые акустооптические фильтры	ПК-1 ПК-2	ПК-1.2 ПК-2.2	Вопросы, тесты
6.	Акустооптические анализаторы спектра с пространственным интегрированием	ПК-1 ПК-2	ПК-1.2 ПК-2.2	Вопросы, тесты
7.	Акустооптические методы обработки радиосигналов	ПК-1 ПК-2	ПК-1.2 ПК-2.2	Вопросы, тесты
8.	Акустооптические устройства спектрального анализа и корреляционной обработки с временным интегрированием	ПК-1 ПК-2	ПК-1.2 ПК-2.2	Вопросы, тесты
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Вопросы, тесты

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания и критерии их оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы, тесты. Типовые задания теста, вопросы и задачи для проведения аттестации представлены в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины.

20.1 Текущий контроль успеваемости

Письменный ответ на задание, которое включает в себя пять тестовых заданий, теоретический вопрос.

Пример контрольно-измерительный материала для текущей аттестации. Время выполнения 20 мин.

Контрольно-измерительный материал № 1

Задание 1. Укажите правильные ответы:

1. Что из предложенных вариантов не относится к акустооптическим устройствам:

- А) Акустооптический фильтр
- Б) акустооптические дефлекторы
- В) акустооптические модуляторы
- Г) ячейка Покельса

2. Укажите верное время срабатывания в современных акустооптических дефлекторах:

- А) 1-30 мкс.
- Б) 10-60 нс
- В) сотни микросекунд
- Г) 30-10 мкс

3. Два соседних состояния луча «разрешаются» по критерию Рэлея, если угол между ними:

- А) $\delta\theta = \delta f / V_0 \cos \theta_B$
- Б) $Q \approx \lambda d / \Lambda^2$
- В) $\delta\theta = \delta f / V_0 \cos \theta_B$
- Г) $\theta_B = \arcsin(\lambda / 2\Lambda)$

4. Наиболее распространёнными АО материалами, используемыми в дальнем ИК диапазоне, являются:

- А) TeO_2
- Б) LiNbO_3
- В) Ge
- Г) SiO_2

5. С помощью акустооптического дефлектора можно управлять:

- А) интенсивностью лазерного излучения.
- Б) направлением лазерного излучения.
- В) фокусировкой лазерного излучения
- Г) поляризацией

Задание 2. Дайте развернутый ответ по вопросу: Модуляторы со стоячей акустической волной.**Критерии и шкалы оценивания:**

Для оценивания выполнения письменных заданий используется балльная шкала:

1) тестовые задания:

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) ответ на теоретический вопрос:

• 5 балла – обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

• 3 балл – обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

• 0 баллов – обучающийся не владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований

В зависимости от набранного балла за работу, выставляется оценка по четырехбалльной шкале:

- от 8 до 10 баллов – «отлично»;
- от 4 до 6 баллов – «хорошо»;
- 3 балла – «удовлетворительно»;
- от 0 до 2 баллов – «неудовлетворительно»

20.2. Промежуточная аттестация

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – зачет с оценкой. Оценки вносятся в аттестационную ведомость по результатам работы обучающихся в течение семестра на заключительном занятии.

Пример контрольно-измерительный материала для промежуточной аттестации:

Контрольно-измерительный материал № 1. (Время подготовки ответа 30 минут, время устного ответа 10 мин)

Задание 1. Дайте развернутый ответ по вопросу. Что представляет собой электроакустический преобразователь?

Задание 2. Дайте развернутый ответ по вопросу: Неколлинеарные акустооптические фильтры с широкой угловой апертурой.

Критерии и шкалы оценивания:

1) ответ на теоретический вопрос:

• 5 балла – обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

• 3 балл – обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

• 0 баллов – обучающийся не владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований

В зависимости от набранного балла за работу, выставляется оценка по четырехбалльной шкале:

от 8 до 10 баллов – «отлично»;

от 4 до 6 баллов – «хорошо»;

3 балла – «удовлетворительно»;

от 0 до 2 баллов – «неудовлетворительно»

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Перечень типовых заданий для проведения текущих и промежуточных аттестаций.

Примерные тестовые задания для текущего и промежуточного контроля знаний:

1. Что из предложенных вариантов не относится к акустооптическим устройствам:

- А) Акустооптический фильтр
- Б) акустооптические дефлекторы
- В) акустооптические модуляторы
- Г) ячейка Поккельса

2. Укажите верное время срабатывания в современных акустооптических дефлекторах:

- А) 1-30 мкс.
- Б) 10-60 нс
- В) сотни микросекунд
- Г) 30-10 мкс

3. Два соседних состояния луча «разрешаются» по критерию Рэлея, если угол между ними:

- А) $\delta\theta = \delta f / V_0 \cos \theta_B$
- Б) $Q \approx \lambda d / \Lambda^2$
- В) $\delta\theta = \delta f / V_0 \cos \theta_B$
- Г) $\theta_B = \arcsin(\lambda / 2\Lambda)$

4. Наиболее распространёнными АО материалами, используемыми в дальнем ИК диапазоне, являются:

- А) TeO_2
- Б) LiNbO_3
- В) Ge
- Г) SiO_2

5. С помощью акустооптического дефлектора можно управлять:

- А) интенсивностью лазерного излучения.
- Б) направлением лазерного излучения.
- В) фокусировкой лазерного излучения
- Г) поляризацией

6) Акустооптические модуляторы обеспечивают управление:

- А) Амплитудой, фазой, поляризацией
- Б) направлением, амплитудой
- В) поляризацией, направлением
- Г) только частотой

7) Принцип действия акустооптического модулятора основан на зависимости:

- А) показателя преломления от напряжения действующего электрического поля
- Б) показателя преломления от напряжения магнитного поля
- В) показателя преломления от давления
- Г) показателя преломления от температуры

Практико-ориентированные вопросы:

1. Дайте определение Акустооптическим дефлекторам и сканерам.

2. Дайте определение понятию акустооптика.

3. Назовите основные характеристики дифрагированного света:

4. Назовите виды дифракции в акустооптике.

5. Принципиальная схема двухкоординатного АО дефлектора.

6. Что представляет собой электроакустический преобразователь?

Перечень вопросов:

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.