

Документ подписан электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 20.09.2024 14:23:02
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:

Руководитель ООП



О.Н. Медведева
О.Н. Медведева

«21» _____ мая _____ 2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Технологии оптических элементов

Закреплена за кафедрой:	Прикладной физики
Направление подготовки:	27.03.05 Инноватика
Направленность (профиль):	Управление в технологических системах
Квалификация:	Бакалавр
Форма обучения:	очная
Семестр:	7

Программу составил(и):
канд. физ.-мат. наук, доц., Третьяков С.А.

Тверь, 2024

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

Целью освоения дисциплины является: изучение физических принципов работы, а также характеристик и сферы применения современных оптоэлектронных устройств. Они рассматриваются как различные варианты пространственно-временных модуляторов света. Большое внимание уделено новым оптоэлектронным материалам: нелинейным и лазерным генерационным средам, фотохромным веществам, полупроводниковым и жидким кристаллам.

Рассматриваются физические принципы действия и сферы применения оптоэлектронных устройств нового поколения: адаптивных дисперсионных линий задержки для корреляции и сжатия импульсов сверхмощных фемтосекундных лазеров; акустооптических процессоров для обработки радиосигналов на фоне помех; волоконнооптических лазеров на основе гибких световодов, легированных ионами редкоземельных элементов, дисковых лазеров; разветвителей и коммутаторов каналов многоканальных оптических линий связи.

Задачи:

Задачами освоения дисциплины являются:

Знание терминологии дисциплины, основных формул, характеризующих процессы взаимодействия света с электрическими и магнитными полями; основных формул, описывающих взаимодействие света с механическими, акустическими, электрическими и магнитными полями, а также структурными дефектами реальной решетки кристаллов.

Умение ориентироваться в классической и современной научно-технической литературе, связанной с оптоэлектроникой.

Владение математическими методами обработки результатов экспериментальных исследований, связанных с модуляцией света и взаимодействием света с веществом, техническими навыками работы с лазерной, радиоизмерительной и оптической аппаратурой.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В.ДВ.03Б1.В

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Дисциплина излагается на основе математических и естественнонаучных дисциплин базовой части.

Оптика

Электричество и магнетизм

Теория вероятностей и математическая статистика

Математический анализ

Механика

Основы физического материаловедения

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Преддипломная практика

Проектная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе:	
аудиторные занятия	44
самостоятельная работа	63
часов на контроль	27

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-1.1: Осуществляет постановку задачи на технологические исследования

ПК-1.3: Анализирует результаты технологических исследований

УК-1.1: Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие

УК-1.5: Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	7
курсовые работы	7

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. 1.					
1.1	1. Исторический очерк развития оптоэлектроники и лазерной техники. Назначение и классификация оптоэлектронных устройств	Лек	7	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4	
	Раздел 2. 2. Источники некогерентного излучения.					
2.1	Лампы, штифт Нернста, люминесцентные и газоразрядные источники излучения. Импульсные источники излучения. Естественные источники излучения	Лек	7	2		
	Раздел 3. 3. Лазеры.					

3.1	Свойства лазерного излучения. Типы лазеров. Моды резонатора. Принцип работы лазера. Схемы накачки. Механизмы уширения линий. Режимы работы лазеров.	Лек	7	2		
3.2	Изучение устройства лазера и свойств лазерного излучения	Лаб	7	2		
	Раздел 4. 4. Приемники излучения.					
4.1	Классификация приемников излучения. Параметры и характеристики приемников излучений. Приемники на основе внутреннего и внешнего фотоэффекта. Многоэлементные приемники излучения. Тепловые приемники излучения.	Лек	7	4		
4.2	Коноскопические картины в одноосных и двуосных кристаллах.	Лаб	7	2		
4.3	Определение плотности дислокаций в монокристаллах парателлуриата.	Лаб	7	2		
	Раздел 5. 5. Пространственные модуляторы света.					
5.1	Методы модуляции света в оптоэлектронных материалах. Электрически управляемые модуляторы. Оптически управляемые модуляторы. Системы обработки информации с пространственно-временными модуляторами света	Лек	7	4		
5.2	Рассеяние света в полупроводниковых кристаллах.	Лаб	7	4		
5.3	Проявление гиротропии при рассеянии света в кристаллах.	Лаб	7	4		
	Раздел 6. 6. Акустоэлектронные устройства.					

6.1	Физические основы а/э взаимодействия. Дифракционные режимы Брэгга и Рамана - Ната. Коэффициент акустооптического качества. Типы акустоэлектронных устройств. Дефлекторы. Фильтры. Процессоры. Акустоэлектронные материалы. Характеристики акустоэлектронных устройств. Применение акустоэлектронных устройств	Лек	7	4		
6.2	Изучение параметров акустооптических устройств	Лаб	7	4		
6.3	Расчет характеристик распространения ультразвуковых волн в кристаллах	Лаб	7	4		
	Раздел 7. 7. Оптические запоминающие устройства.					
7.1	7. Оптические запоминающие устройства.	Лек	7	2		
	Раздел 8. 8. Оптоэлектронные интегральные микросхемы.					
8.1	. Оптоэлектронные интегральные микросхемы	Лек	7	2		
	Раздел 9. самостоятельная работа					
9.1	самостоятельная работа	Ср	7	63		

Список образовательных технологий

1	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)
2	Информационные (цифровые) технологии
3	Активное слушание

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Задание:

- 1) Собрать коноскопическую лазерную установку для измерения аномальной оптической двуосности кристаллов парателлуриата.
- 2) Измерить эффективность дифракции АОД (акустооптического дефлектора) на основе кристалла парателлуриата.
- 3) Провести измерение плотности дислокаций в монокристалле германия методом селективного химического травления.
- 4) Измерить число разрешаемых в пространстве позиций лазерного луча для

двухкоординатного АОД.

5 Рассчитать эффективность дифракции АОПФ (акустооптического электронно-перестраиваемого фильтра).

6) Рассчитать константу Верде монокристалла парателлуриита для длины волны 533 нм.

Критерии оценивания:

- Тема раскрыта с опорой на соответствующие понятия и теоретические положения – 4 балла
- Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы – 4 балла
- Ответ характеризуется композиционной цельностью, соблюдена логическая последовательность – 3 балла
- Тема раскрыта с опорой на соответствующие понятия и теоретические положения – 4 балла
- Аргументация на теоретическом уровне неполная, смысл ряда ключевых понятий не объяснен – 1 балл
- Терминологический аппарат непосредственно не связан с раскрываемой темой – 0 баллов
- Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы – 3 балла
- Допущена фактическая ошибка, не приведшая к существенному искажению смысла – 2 балла
- Допущены фактические и логические ошибки, свидетельствующие о непонимании темы – 0 баллов

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Типовые тесты

Вариант 1

Указать неправильные утверждения:

- а) В оптроне источник и приемник света связан электрически.
- б) В световодах центральная часть окружена внешней оболочкой с меньшим показателем преломления.
- в) Интегральная чувствительность фоторезистора S определяется выражением $S = i\phi/\Phi$, где $i\phi$ – фототок, Φ – световой поток.
- г) К ПВМС относятся модуляторы типа свет-свет.
- д) Телевизионный стандарт означает возможность переключения за время $1/20$ сек. для 1000×1000 разрешимых элементов.

Вариант 2

Указать правильные утверждения:

- а) Долговременная память требует специального сигнала для возвращения материала в исходное оптическое состояние.
- б) Наибольшая эффективность преобразования оптического сигнала η определяется отношением: $\eta = I_{\text{вых}}/I_{\text{вх}}$, где $I_{\text{вх}}$ – интенсивность сигнала на входе ПВМС, $I_{\text{вых}}$ – интенсивность выходного сигнала.
- в) Носителем информации в когерентно-оптических системах, оперирующих в динамическом режиме, является модулируемый во времени и пространстве лазерный луч.
- г) Вольт-амперная характеристика фотодиода может проходить через второй квадрант.
- д) В фоторезисторах полупроводниковый кристалл заключен между невыпрямляющими контактами металл-полупроводник.

Вариант 3

Указать неправильные утверждения:

- а) Оптоэлектроника отличается от вакуумной электроники и полупроводниковой электроники наличием оптической связи.
- б) Световоды всегда работают в одномодовом режиме.

- в) Оптопары всегда имеют закрытый оптический канал.
- г) Эффект Поккельса может наблюдаться в кристаллах тригональной сингонии.
- д) При продольном эффекте Поккельса свет в кристалле распространяется в направлении, перпендикулярном приложенному электрическому полю.

Вариант 4

Указать правильные утверждения:

- а) типичные значения для полуволновых напряжений в кристаллах – единицы вольт.
- б) Обязательным элементом в оптопаре является фотодиод.
- в) Фотодиоды могут использоваться в режиме фотогенератора.
- г) Тангенс угла диэлектрических потерь равен отношению мнимой и действительной частей диэлектрической проницаемости среды.
- д) Эффект Франца-Келдыша в полупроводниках практически безынерционен (10-13с).

Вариант 5

Указать неправильные утверждения:

- а) Окрашивание электрохромных материалов происходит в результате окислительно-восстановительных реакций, в которых участвуют электроны.
- б) Структура ПЗС работает по двухфазной схеме.
- в) Эффект Франца-Келдыша заключается в наблюдаемом во внешнем электрическом поле сдвига края фундаментальной полосы поглощения полупроводников.
- г) Полоса пропускания типичных многомодовых волоконных световодов со ступенчатым профилем составляет 200-300 кГц.км.
- д) Для излучающих диодов, работающих в ИК диапазоне, используют такую характеристику, как зависимость яркости излучения L от тока диода i .

Вариант 6

Указать правильные утверждения:

- а) Структура ПЗС работает по четырехфазной схеме.
- б) Диапазон 1,26-1,32 мкм используется в волоконной оптике потому, что в этом диапазоне имеются линии излучения некоторых полупроводниковых лазеров.
- в) В оптоэлектронных приборах реализована полная гальваническая развязка источников и приемников излучения.
- г) Гетеропереходы используются в том числе и в светоизлучающих диодах.
- д) Модуляция поляризации света может происходить вследствие переориентации молекул жидкого кристалла.

Вариант 7

Указать неправильные утверждения:

- а) При цифровой обработке сигналов требуемое контрастное отношение должно быть выше, чем при обработке атомов и изображений.
- б) Пропускная способность оптических каналов больше, чем электронных.
- в) Эффект Поккельса – это квадратичный (по полю) электрооптический эффект.
- г) Электрооптические коэффициенты представляются в виде тензора четвертого ранга.
- д) При поперечном электрооптическом эффекте полуволновое напряжение меньше, чем при продольном электрооптическом эффекте.
- д) (308)

8.3. Требования к рейтинг-контролю

Максимальное количество баллов за семестр - 100

на первый модуль - 50 баллов:

- лабораторные работы - 30
- модульная контрольная -10
- домашние задания- 10

на второй модуль - 50 баллов:

- лабораторные работы - 30
- модульная контрольная -10

- домашние задания- 10

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

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
Л1.1	Бондарев, Калашников, Спиринов, Курс общей физики в 3 кн. Книга 2: электромагнетизм, оптика, квантовая физика, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-9916-1754-3, URL: https://urait.ru/bcode/535754
Л1.2	Мусин, Физика: колебания, оптика, квантовая физика, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-03540-7, URL: https://urait.ru/bcode/539059
Л1.3	Колесников, Учебно-методический комплекс по дисциплине "Акустооптика", Тверь, 2012, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/04309umk.pdf
Л1.4	Савельев И. В., Волны. Оптика, Санкт-Петербург: Лань, 2022, ISBN: 978-5-8114-9198-8, URL: https://e.lanbook.com/book/187737

9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	WinDjView
5	OpenOffice
6	Mozilla Firefox
7	Notepad++
8	Origin 8.1 Sr2
9	Mathcad 15 M010

9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
2	ЭБС ТвГУ
3	ЭБС BOOK.ru
4	ЭБС «Лань»
5	ЭБС «ЮРАИТ»
6	ЭБС «ZNANIUM.COM»

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-41	комплект учебной мебели, принтер, компьютеры
3-25	комплект учебной мебели, компьютеры, осциллограф, принтеры, спектрометр, микроскоп, дифрактометр рентгеновский, электронно-оптический комплекс,

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1) План лабораторных работ

1. Коноскопические картины в одноосных и двуосных кристаллах.

Коноскопия кристаллов парателлуриата в монохроматическом свете.

Коноскопия кристаллов парателлуриата с использованием поляризационного микроскопа.

Исследование аномальной оптической двуосности одноосных кристаллов.

Интерференционные картины в кристаллах при параллельном падении лучей.

2. Определение плотности дислокаций в монокристаллах парателлуриата.

Методы резки, шлифовки и полировки диэлектрических кристаллов.

Травление монокристаллов парателлуриата в щелочах и галогеноводородных кислотах.

Определение плотности дислокаций в кристаллах парателлуриата путем подсчета ямок травления.

Исследование секториального распределения дислокаций по пирамидам роста различных граней.

3. Проявление гиротропии при рассеянии света в кристаллах.

Определение удельного вращения кристаллов парателлуриата.

4. Рассеяние света в полупроводниковых кристаллах.

Излучение индикатрисы рассеяния ИК излучения в кристаллах кремния.

Малоугловое рассеяние ИК излучения в кристаллах германия.

5. Изучение параметров акустооптических устройств.

6. Изучение устройства лазера и свойств лазерного излучения

7. Расчет характеристик распространения ультразвуковых волн в кристаллах

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета, который включает письменные или устные ответы на теоретические вопросы.

1. Оптоэлектроника как область оптроники.

2. Основные элементы оптоэлектроники: источники света, оптические среды (активные и пассивные), фотоприемники.

3. Фотосопротивления, фотодиоды, фототиристоры, фототранзисторы.

4. Оптроны. Интегральные оптические схемы. Светоизлучающие диоды.

5. Оптические волноводы. Затухание сигнала. Полоса пропускания.

6. Основные типы лазеров: лазеры на оксидных кристаллах и стеклах, полупроводниковые лазеры, газовые лазеры, эксимерные лазеры.

7. Свойства лазерного излучения: когерентность, яркость, направленность, мощность, спектральная ширина излучения (монохроматичность), пятнистая картина.

8. Вынужденное и спонтанное излучение. Поглощение.

9. Принципы работы лазера.

10. Моды резонатора.

11. Матрицы передачи для различных оптических систем.

12. Схемы накачки активной среды.

13. Коэффициент полезного действия накачки.

14. Механизмы уширения линий излучения.

15. Насыщение.

16. Непрерывный и импульсный режимы работы лазеров.

17. Модуляция добротности.

18. Основные эффекты нелинейной оптики: генерация гармоник, самофокусировка света.

19. Пространственно-временные модуляторы света ПВМС. Назначение и типы ПВМС. Основные параметры ПВМС.

20. Модуляция света на основе электрооптических эффектов Локкельса и Керра.

21. Модуляция света на основе магнитооптического эффекта Фарадея.

22. Модуляция света на основе жидких кристаллов. Твист-эффект.
23. Дифракция света на ультразвуковых волнах. Режимы дифракции Рамана-Ната и Брэгга. Коэффициент акустооптического качества.
24. Акустооптические устройства: модуляторы, фильтры, дефлекторы, процессоры. Векторные диаграммы.
25. Приборы с зарядовой связью. ПЗС-матрицы.
26. Модуляция света на основе изменения коэффициента поглощения среды. Экситоны. Эффект Франца-Келдыша.