

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники  
(СВЧ и КР)

**МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ**

Методические указания по проведению практических занятий и  
организации самостоятельной работы студентов

Направление подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии  
и системы связи». Магистерская программа «Оптические системы связи и  
обработки информации»

Томск 2018

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники  
(СВЧ и КР)

Утверждаю  
Зав. каф. СВЧ и КР  
\_\_\_\_\_ С.Н. Шарангович

**МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ**

Методические указания по проведению практических занятий и  
организации самостоятельной работы студентов

Направление подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии  
и системы связи». Магистерская программа «Оптические системы связи и  
обработки информации»

Разработчик:  
проф. каф. СВЧ и КР  
\_\_\_\_\_ А.Е. Мандель

Томск 2018

## Оглавление

1. Введение. ....	4
2. Цели и задачи дисциплины.....	6
3. Место дисциплины в структуре ООП.....	6
4. Требования к результатам освоения дисциплины.....	6
5. Содержание лекционных разделов дисциплины. ....	8
5.1. Общая характеристика методов управления оптическим излучением .....	8
5.2. Классификация устройств и приборов, реализующих методы управления оптическим излучением .....	8
5.3 Электрооптические методы управления лазерным излучением .....	8
5.4. Акустооптические методы управления лазерным излучением .....	8
6. Лабораторные занятия. ....	8
7. Практические занятия. ....	9
8. Список экзаменационных вопросов и тестовых заданий .....	11
7. Контрольные этапы и их максимальный рейтинг. ....	17
8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины. ....	18

## Введение

Практические занятия являются связующим звеном между теорией и практикой, на них учащиеся углубляют и закрепляют теоретические знания, полученные на лекциях, проверяют научно-теоретические положения расчетами. Правильно организованные практические и лабораторные занятия способствуют формированию будущего специалиста, который сможет не только выполнять работу по заданию предприятия, но и вести самостоятельный творческий поиск, приобретает навыки анализировать и обобщать полученную информацию.

Эффективной формой организации обучения в высшей школе являются семинарские занятия, с которыми органично сочетаются лекции. Семинар - вид практических занятий, который предусматривает самостоятельную проработку студентами отдельных тем и проблем в соответствии содержания учебной дисциплины и обсуждение результатов этого изучения, представленных в виде тезисов, сообщений, докладов, рефератов и т.д.

Самостоятельная работа студентов является частью учебного процесса при подготовке квалифицированных специалистов, способных самостоятельно и творчески решать стоящие перед ними задачи. В ходе самостоятельной работы формируются важнейшие профессиональные навыки будущего специалиста, такие как: внутренняя готовность к самообразованию в профессиональной сфере, самостоятельность, инициативность и ответственность, умение работать с источниками информации.

Каждая дисциплина должна иметь методическое сопровождение по самостоятельному изучению разделов и тем, указанных в рабочей программе, по написанию рефератов, выполнению лабораторных работ. В связи с этим эффективная организация самостоятельной работы студентов требует проведения целого ряда мероприятий, создающих предпосылки и условия для реализации самостоятельной работы, а именно:

- обеспечение студентов информационными ресурсами (учебными пособиями, справочниками, банками индивидуальных заданий);

- обеспечение студентов методическими материалами (учебно-методическими практикумами, сборниками задач, указаниями по выполнению лабораторных работ);
- наличие материальных ресурсов (ПК, измерительного и технологического оборудования для выполнения заданий в рамках НИР и ГПО);
- организации консультаций преподавателей.

Важным элементом в организации самостоятельной работы студентов является контроль. Контроль требует разработки преподавателем контролирующих материалов в текстовом или тестовом исполнении, а при использовании ПК - пакета прикладных программ для проверки знаний студентов. Эффективная система контроля (в т.ч. электронная система контроля), наряду с рейтинговой системой оценки знаний, позволит добиться систематической самостоятельной работы студентов над учебными материалами и повысить качество обучения.

Пособие разработано для студентов направления подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», обучающихся по магистерской программе «Оптические системы связи и обработки информации».

## **1. Цели и задачи дисциплины**

**Целью** преподавания дисциплины “Методы управления оптическим излучением” является формирование у студентов современных физических и технических представлений о методах и приемах разработки, проектирования и использования перспективных устройств управления оптическим излучением.

**Основными задачами** изучения дисциплины являются:

- приобретение знаний о методах и приемах разработки, проектирования и использовании перспективных устройств управления оптическим излучением;
- приобретение навыков разработки и проектирования устройств управления оптическим излучением при построении инфокоммуникационных систем и сетей различных типов.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина “Методы управления оптическим излучением” (Б1.В.ДВ.1.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Оптические системы связи и обработки информации, Формирование и обработка сигналов систем связи.

Последующими дисциплинами являются: Проектирование элементов и устройств радиосвязи, Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты,

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью осваивать современные и перспективные направления развития ИКТ и СС (ОПК-4),
- способностью реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации (ОПК-4),
- готовностью использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения

теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС (ПК-8).

В результате изучения дисциплины студенты должны:

**Знать** - основные принципы и физические эффекты, обеспечивающие эффективное управление оптическим излучением;

- основные принципы и методы исследования, разработки и производства устройств управления оптическим излучением;

**Уметь** - применять полученные знания при теоретическом анализе и экспериментальном исследовании физических процессов и оптических явлений, лежащих в основе методов управления оптическим излучением;

- анализировать информацию о новых методах управления оптическим излучением и типах оптических устройств;

- рассчитывать, исследовать и эксплуатировать устройства управления оптическим излучением

**Владеть** - методами и приемами разработки, проектирования и использования устройств управления оптическим излучением.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Вид учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
Лабораторные работы	16	16	часов
Самостоятельная работа	124	124	часов
Лекции	18	18	часов
Практические занятия	22	22	часов
Всего без экзамена	144	144	часов
Подготовка и сдача экзамена/зачета	36	36	часов
Общая трудоемкость	180	180	часов
	5	5	ЗЕ

## **5. Содержание лекционных разделов дисциплины**

### **5.1. Общая характеристика методов управления оптическим излучением.**

Свойства оптического излучения. Распространение оптического излучения в однородных и неоднородных средах. Характеристики методов управления оптическим излучением. Общие параметры и характеристики устройств управления оптическим излучением.

### **5.2. Классификация устройств и приборов, реализующих методы управления оптическим излучением**

Классификация методов управления оптическим излучением. Электрооптические методы управления оптическим излучением. Акустооптические методы управления оптическим излучением. Пьезоэлектрические и магнито-электрические методы управления оптическим излучением.

### **5.3. Электрооптические методы управления лазерным излучением**

Электрооптический эффект в кристаллах. Электрооптические дефлекторы. Методы дискретного отклонения оптического луча. Поляризационные переключатели. Электрооптические методы управления в волноводных структурах. Планарные электрооптические дефлекторы.

### **5.4. Акустооптические методы управления лазерным излучением**

Дифракция света на упругих волнах. Брэгговские дефлекторы. Ультразвуковые рефракционные дефлекторы. Дифракция волноводных оптических волн на поверхностных акустических волнах. Планарные акустооптические дефлекторы

## **6. Лабораторные занятия**

Основными целями выполнения лабораторных работ являются:

- приобретение студентами практических навыков работы с устройствами управления оптическим излучением;
- углубленное освоение студентами теоретических положений изучаемой дисциплины.



При выполнении лабораторных работ студент должен продемонстрировать знание соответствующего теоретического материала и знакомство с учебно-методической литературой по заданной теме.

### **Список лабораторных работ:**

1. Акустооптический модулятор лазерного излучения
2. Электрооптический модулятор лазерного излучения
3. Исследование параметров и характеристик полупроводникового лазера.
4. Устройство ввода-вывода в планарный оптический волновод

Методические указания к лабораторным работам представлены на научно-образовательном портале ТУСУРа в разделе методических материалов каф.СВЧиКР .

## **7. Практические занятия**

По дисциплине предусмотрено 11 двухчасовых практических занятий. На практических занятиях студентами докладываются результаты выполнения индивидуальных заданий (рефератов). Темы рефератов соответствуют темам практических занятий.

Реферат оформляется согласно требованиям ТУСУР и должен иметь титульный лист, содержание, основную часть, заключение, список использованных источников. В списке источники (книги, статьи, патенты) приводить с указанием полных выходных данных и с номером в квадратных скобках по тексту. Оформление: формат А4, Word 2003, Times NR 12 pt, выравнивание по ширине, переносы, межстрочный единичный интервал, формулы в Equation Editor. Объем не менее 15 страниц. Время на презентацию 20-25 мин.

### **Темы практических занятий по разделам курса:**

**Общая характеристика методов управления оптическим излучением**

**Распространение оптического излучения в однородных и неоднородных средах.**

## **Классификация устройств и приборов, реализующих методы управления оптическим излучением**

1. Электрооптические методы управления оптическим излучением.
2. Акустооптические методы управления оптическим излучением.
3. Пьезоэлектрические и магнитоэлектрические методы управления излучением.

### **Электрооптические методы управления лазерным излучением**

1. Электрооптический эффект в кристаллах
2. Электрооптические дефлекторы .

### **Акустооптические методы управления лазерным излучением**

1. Дифракция света на упругих волнах
2. Брэгговские дефлекторы.
3. Ультразвуковые рефракционные дефлекторы

### **Темы докладов на практических занятиях (семинарах)**

1. Электрооптические методы управления оптическим излучением.
2. Акустооптические методы управления оптическим излучением.
3. Пьезоэлектрические методы управления оптическим излучением
4. Магнитоэлектрические методы управления оптическим излучением.
5. Электрооптический эффект в кристаллах.
7. Электрооптические дефлекторы.
8. Методы дискретного отклонения оптического луча.
9. Поляризационные переключатели.
10. Электрооптические методы управления в волноводных структурах.
11. Планарные электрооптические дефлекторы.
12. Электрооптические дефлекторы на основе кубических кристаллов.
13. Акустооптические дефлекторы на основе кристаллов ниобата лития.
14. Электрооптические модуляторы света на основе кристаллов КТР.
15. Акустооптические модуляторы на основе кристаллов парателлурита.
16. Голографические методы управления оптическим излучением.
17. Электрооптические дефлекторы на основе кристаллов ниобата лития.

18. Электрооптические модуляторы на основе кубических кристаллов.
19. Пьезоэлектрические системы управления световым лучом.

В качестве выступления с докладом на практическом занятии засчитывается выступление студентов с докладами на научных и научно-практических конференциях, семинарах, симпозиумах.

## **8. . Список экзаменационных вопросов и тестовых заданий**

Подготовка к экзамену способствует систематизации, обобщению и закреплению знаний студентов, устранению пробелов, возникающих в процессе учебных занятий. Экзамен может проводиться либо в виде устного опроса по вопросам, сформулированным ниже, либо в виде выполнения тестовых заданий.

### **Список экзаменационных вопросов**

1. Свойства оптического излучения.
2. Распространение оптического излучения в однородных и неоднородных средах.
3. Характеристики методов управления оптическим излучением
4. Общие параметры и характеристики устройств управления оптическим излучением.
5. Классификация методов управления оптическим излучением.
6. Электрооптические методы управления оптическим излучением.
7. Акустооптические методы управления оптическим излучением.
8. Пьезоэлектрические методы управления оптическим излучением
9. Магнитоэлектрические методы управления оптическим излучением.
10. Электрооптический эффект в кристаллах.
11. Электрооптические дефлекторы.
12. Методы дискретного отклонения оптического луча.
13. Поляризационные переключатели.
14. Электрооптические методы управления в волноводных структурах.
15. Планарные электрооптические дефлекторы.

16. Дифракция света на упругих волнах.
17. Брэгговские дефлекторы.
18. Ультразвуковые рефракционные дефлекторы.
19. Дифракция волноводных оптических волн на поверхностных акустических волнах
20. . Планарные акустооптические дефлекторы.

### Тестовые вопросы

1. Укажите диапазон длин волн видимого излучения:
  - а) 380 - 780 нм;
  - б) 300 - 600 нм;
  - в) 0,4 - 0,7 нм;
  - г) 100 - 750 нм;
2. Оптическая длина луча в однородной среде:
  - а) это произведение геометрической длины пути луча на показатель преломления среды;
  - б) это длина оптического вектора;
  - в) это длина оптического вектора в квадрате;
  - г) это геометрическая длина пути луча, деленная на показатель преломления среды
3. Волновой фронт представляет собой:
  - а) поверхность равных амплитуд поля;
  - б) поверхность равных фаз поля;
  - в) поверхность равной комплексной амплитуды поля;
  - г) поверхность, на которой амплитуда и фазы поля постоянны.
4. Для обработки, каких сигналов используются акустооптические устройства?
  - а) Сверхвысокочастотных;
  - б) Высокочастотных;
  - в) Низкочастотных;
  - г) Среднечастотных;

5. Под действием чего возникает пространственная модуляция оптических свойств в кристаллах?

- а) Механических деформаций;
- б) Электромагнитных волн;
- в) Электрических волн;
- г) Акустических волн.

6. Как называются акустооптические устройства, управляющие интенсивностью световых пучков?

- а) Модуляторы;
- б) Дефлекторы ;
- в) Корреляторы;
- г) Фильтры.

7. В чем состоит преимущество использования поверхностных волн вместо объемных?

- а) Малые величины управляющих электрических сигналов;
- б) Скорость их распространения больше, чем у объемных;
- в) Амплитуда поверхностных волн убывает при удалении от поверхности;
- г) Коэффициент затухания поверхностных волн много меньше, чем у объемных;

8. . Явление прямого пьезоэффекта заключается в:

- а) Возникновении разности потенциалов при геометрическом сжатии кристалла;
- б) Появлении акустической поверхностной волны;
- в) Изменении геометрических размеров кристалла при приложении к нему разности потенциалов;
- г) Появлении объемной акустической волны

9. . Явление обратного пьезоэффекта заключается в:

- а) Возникновении разности потенциалов при геометрическом сжатии кристалла;

- б) Появлении акустической поверхностной волны;
- в) Изменении геометрических размеров кристалла при приложении к нему разности потенциалов;
- г) Появлении объемной акустической волны

10. Введение информации в лазерное излучение возможно при модуляции информационным сигналом

- а) интенсивности излучения;
- б) частоту излучения;
- в) фазы и поляризации излучения;
- г) всеми вышеуказанными методами.

11. Модуляторы - это устройства

- а) для изменения по заданному закону во времени одного или нескольких параметров лазерного излучения;
- б) устройства для изменения во времени положения пучка лазерного излучения;
- в) устройства для изменения во времени пространственного распределения пучка лазерного излучения.

12. Дефлекторы - это устройства

- а) для изменения по заданному закону во времени одного или нескольких параметров лазерного излучения;
- б) устройства для изменения во времени положения пучка лазерного излучения;
- в) устройства для изменения во времени пространственного распределения пучка лазерного излучения.

13. При распространении света вдоль оптической оси в одноосном кристалле скорость света

- а) не зависит от характера поляризации света;
- б) зависит от характера поляризации света;
- в) изменяется в процессе распространения.

14. Эффектом Поккельса. называется

- а) линейный электрооптический эффект;
- б) квадратичный электрооптический эффект;
- в) кубический электрооптический эффект.

15. Эффектом Керра. называется

- а) линейный электрооптический эффект;
- б) квадратичный электрооптический эффект;
- в) кубический электрооптический эффект.

16. Магнитооптический эффект - это

- а) изменение оптических свойств вещества под действием магнитного поля;
- б) изменение оптических свойств вещества под действием электрического о поля.
- в) изменение оптических свойств вещества под действием потока электрлонов .

17. Внутренняя модуляция в полупроводниковых лазерах осуществляется за счет

- а) изменения режима накачки лазерного кристалла
- б) изменения температуры кристалла
- в) внутреннего фотоэффекта

18. Полуволновое напряжение представляет собой напряжение управления, при котором

- а) достигается максимальное изменение коэффициента пропускания модулятора;
- б) достигается минимальное изменение коэффициента пропускания модулятора;
- в) отсутствует изменение коэффициента пропускания модулятора.

19. Эффекта Фарадея лежит в основе работы

- а) магнитооптических модуляторов;

- б) акустооптических модуляторов;
- в) электрооптических модуляторов

20. При анизотропной дифракции света

- а) падающая и дифрагированная волны имеют разные линейные поляризации
- б) падающая и дифрагированная волны имеют одинаковые линейные поляризации
- в) падающая и дифрагированная волны имеют круговую поляризацию



## 7. Контрольные этапы и их максимальный рейтинг

Методика текущего контроля освоения дисциплины осуществляется в соответствии с Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов и основана на бально-рейтинговой системе оценки успеваемости, действующей с 2009 г., которая включает текущий контроль выполнения элементов объема дисциплины по элементам контроля с подведением текущего рейтинга и итоговый контроль.

**Итоговый контроль освоения** дисциплины осуществляется на экзамене по традиционной пятибалльной шкале. Обязательным условием перед сдачей зачета является выполнение студентом необходимых по рабочей программе для дисциплины видов занятий: выполнение и защита результатов лабораторных работ, выполнение рефератов и выступление с докладами на их основе на практических занятиях.

Формирование итоговой суммы баллов осуществляется путем суммирования семестровой (до 70 баллов) и экзаменационной составляющих (до 30 баллов).

### Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

Элемент учебной деятельности	Максимальный балл за 1 КТ	Максимальный балл между 1 и 2 КТ	Максимальный балл за 2 КТ	Всего
Тест	8	8	8	24
Выступление (доклад) на занятии	10	10	10	30
Отчет по лабораторной работе	0	8	8	16
Экзамен				30
Итого:	18	26	56	100

## 8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### Основная литература

1. Пихтин А. Н. Квантовая и оптическая электроника : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Абрис, 2012. - 656 с. (41 экз.) : Библиотека ТУСУР,
2. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие / Башкиров А. И., Шандаров С. М. - 2012. 98 с.: Научно-образовательный портал ТУСУР, <https://edu.tusur.ru/publications/1578>

### Дополнительная литература

1. Информационная оптика : Учебное пособие для вузов / Николай Николаевич Евтихийев, Ольга Анатольевна Евтихиева, Игорь Николаевич Компанец ; ред. Н. Н. Евтихийев ; - М. : Издательство МЭИ, 2000. - 612 с. (19 экз): Библиотека ТУСУР,

### Обязательные учебно-методические пособия

1. Акустооптический модулятор лазерного излучения: Методические указания к лабораторной работе / Мандель А. Е., Шандаров С. М., Буримов Н. И. - 2018. 11 с.: Научно-образовательный портал ТУСУР, <https://edu.tusur.ru/publications/8053>
2. Электрооптический модулятор лазерного излучения: Методические указания к лабораторной работе / Мандель А. Е., Шандаров С. М., Буримов Н. И. - 2018. 14 с.: Научно-образовательный портал ТУСУР, <https://edu.tusur.ru/publications/8056>
3. Устройство ввода-вывода излучения в планарный оптический волновод: Методические указания к лабораторной работе / Мандель А. Е., Перин А. С. - 2018. 20 с.: Научно-образовательный портал ТУСУР, <https://edu.tusur.ru/publications/8052>
4. Исследование параметров и характеристик полупроводникового лазера: Методические указания к лабораторной работе / Мандель А. Е., Акрестина А. С., Буримов Н. И. - 2018. 15 с.: Научно-образовательный портал ТУСУР, <https://edu.tusur.ru/publications/8051>