



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВПО «ИГУ»  
Кафедра электроники твердого тела



УТВЕРЖДАЮ

12 2013 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Код дисциплины БЗ.Б.12

Наименование дисциплины (модуля) **Квантовая и оптическая электроника (практикум)**

Рекомендуется для направления (ий) подготовки специальности (ей)  
**210100.62 Электроника и нанoeлектроника**  
Профиль подготовки **Материалы и компоненты твердотельной электроники**

Степень (квалификация) выпускника бакалавр

Согласовано с УМК факультета (института)

Протокол № 30 от « 12 » 12 2012 г.  
Председатель [Signature]

Рекомендовано кафедрой:  
электроники твердого тела

Протокол № 4  
От « 17 » 12 2013 г.

Зав.кафедрой профессор д.ф.-м.н. А.А. Гаврилюк

Иркутск 2013 г.

## Содержание

<b>1. Цели и задачи дисциплины (модуля)</b> .....	3
<b>2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП:</b> ..... <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>	
<b>3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):</b> .....	5
<b>4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы</b> .....	5
<b>5. Содержание дисциплины (модуля)</b> .....	6
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля).....	6
5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями) .....	7
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий .....	7
<b>6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ</b> .....	8
<b>7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)</b> .....	9
<b>8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):</b> .....	9
<i>а) основная литература</i> .....	9
<i>б) дополнительная литература</i> .....	9
<i>в) программное обеспечение</i> .....	9
<i>г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i> .....	9
<b>9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:</b> .....	10
<b>10. Образовательные технологии:</b> .....	10
<b>11. Оценочные средства (ОС):</b> .....	10

## 1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

**Целью** дисциплины является ознакомление студентов с принципами работы квантово- и электро-оптических элементов, используемых в современной электронике и микроэлектронике, демонстрация возможностей современных устройств квантовой и оптической электроники, обсуждение возможных способов применения таких устройств для улучшения характеристик систем электроники и микроэлектроники.

**Задачи** дисциплины. В результате выполнения практикума студенты получают информацию о принципах усиления и генерации света на основе индуцированного излучения, о принципах передатчика, транспортировки, приёма, переработки и хранения информации..

На основании полученных знаний студенты должны уметь правильно интерпретировать характеристики устройств оптической и квантовой электроники для получения необходимых выходных сигналов.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП и общая трудоемкость

Практикум предназначен для поддержки теоретического курса по дисциплине “Квантовая и оптическая электроника”, которая является дисциплиной профессионального цикла и относится к вариативной части (дисциплины по выбору). Код учебного цикла БЗ.

Дисциплина “Квантовая и оптическая электроника” опирается на математическую дисциплину “Математический анализ” (Б2.Б.1.1), “Теория вероятностей и математическая статистика”. (Б2.Б1.4), “Физика конденсированного состояния” (Б3.Б5), “Физические основы электроники”, (Б3.Б7),

**Освоение дисциплины** необходимо для освоения курсов “Микроэлектроника” (Б3.В.ДВ.2.1) и “Материалы электронной техники” (Б3.В.ОД.7).

Общая трудоемкость - 1 зачетная единица

### **Знания, умения и навыки, формируемые в результате освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **знать** принципы использования физических эффектов в приборах и устройствах квантовой и оптической электроники, их параметры и характеристики; основы теории электромагнитного поля, принципы действия и методы расчёта усилителей и генераторов, принципы использования физических эффектов в приборах и устройствах оптической электроники, их характеристики и параметры

**уметь:** оценивать пределы классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах квантовой и оптической электроники, применять методы расчёта параметров и характеристик в приборах и устройствах

оптической электроники и наноэлектроники;

**обеспечивать** технологическую и конструктивную реализацию приборов и устройств электроники, применять методы расчёта параметров и характеристик приборов и устройств квантовой и оптической электроники,.

**владеть:** методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники; культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения, способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, новыми технологиями ,обеспечивающими повышение эффективности технологических процессов в области оптической электроники и наноэлектроники.

#### **Задачи практикума:**

- познакомить студента с основными характеристиками элементов квантовой и оптической электроники,;
- снабдить студентов знаниями о принципах действия приборов квантовой и оптической электроники,;
- познакомить с основными физическими эффектами, наблюдаемыми в таких приборах;
- выработать у студентов навыки экспериментальных исследований характеристик элементов квантовой и оптической электроники,

Знания и умения, приобретённые при изучении этого предмета, будут востребованы при выполнении курсовых и дипломных работ и в процессе будущей профессиональной деятельности.

Лабораторный комплекс данного практикума позволяет научить студентов работать с аппаратурой для измерения параметров элементов квантовой и оптической электроники.

#### **Выписка из Государственного образовательного стандарта**

*Федеральный компонент ГОС подготовки бакалавра по направлению 210100.62 Электроника и наноэлектроника не содержит указаний к обязательному минимуму основной образовательной программы по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника».*

Цели, задачи и требования к уровню содержания дисциплины приведены в рабочей программе.

Учебно-методическим объединением классических университетов не разработаны рекомендации по примерной учебной программе данной дисциплины.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих **общекультурных (ОК) профессиональных компетенций (ПК):**

- способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук (ОК-1);
- способностью выстраивать и реализовывать перспективные линии интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования (ОК-5).
- способностью использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач (ПК-1);
- способностью применять на практике базовые профессиональные навыки (ПК-2);  
*научно-исследовательские*
- способностью эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование (ПК-3);
- способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-4);
- способностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-5);
- способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-6);
- способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований (ПК-8);
- способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований (ПК-10)

### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		7			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>18</b>	<b>18</b>			

В том числе:		-	-	-	-
Лекции					
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	18	18			
КСР	4	4			
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>14</b>	<b>14</b>			
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Отчет по лабораторной работе*					
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)		зачет			
Общая трудоемкость	часы	36	36		
	зачетные единицы	1	1		

\*В ходе лабораторных работ студент готовит отчет, включающий в себе следующие элементы: описание эксперимента, схема, таблицы экспериментальных данных, осциллограммы (в виде скриншотов), ответы на контрольные вопросы.

## 5. Содержание дисциплины (модуля)

### 5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

#### **Раздел 1. Изучение характеристик полупроводникового (инжекционного) лазера**

- 1.1. Усиление и генерация света в активных средах..
- 1.2. Конструкция и принцип работы инжекционных лазеров.
- 1.3..Порог генерации и КПД инжекционных лазеров.
- 1.4. Экспериментальная установка для измерения характеристик полупроводникового лазера
- 1.5. Обработка результатов измерений

#### **Раздел 2. Линейный электрооптический эффект и его применение в оптической и квантовой электронике**

- 2.1. Распространение света в двулучепреломляющих кристаллах. Тензор показателя преломления среды. Обыкновенная и необыкновенная волна.
- 2.2. Линейный электрооптический эффект
- 2.3. Экспериментальная установка
- 2.4. Измерение модуляционной характеристики кристалла

#### **Раздел 3. Основы Фурье-оптики. Линза как оптический процессор**

- 3.1. Дифракция Фраунгофера как Фурье преобразование световой волны



1.	Раздел 1	Изучение характеристик полупроводникового (инжекционного) лазера				6	2	8
2	Раздел 2	Линейный электрооптический эффект и его применение в оптической и квантовой электронике				3	2	5
3	Раздел 3	Основы Фурье-оптики. Линза как оптический процессор				3	2	5
4	Раздел 4	Распространение оптического сигнала в плоском волноводе (модельный эксперимент)				3	2	5
5	Раздел 5	Изучение характеристик волоконного световода (натурный эксперимент)				6	4	10

#### 6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	Раздел 1	Изучение характеристик полупроводникового (инжекционного) лазера	8	Отчет по лаб.раб., собеседование	ПК-1 ПК-2 ПК-3
2	Раздел 2	Линейный электрооптический эффект и его применение в оптической и квантовой электронике	5	Отчет по лаб.раб., собеседование	ПК-4 ОК-1 ОК-18 ОК-20



Раздел 3	Основы Фурье-оптики. Линза как оптический процессор	5	Отчет по лаб.раб., собеседование	
Раздел 4	Распространение оптического сигнала в плоском волноводе (модельный эксперимент)	5	Отчет по лаб.раб., собеседование	ПК-3 ПК-4 ОК-
Раздел 5	Изучение характеристик волоконного световода (натурный эксперимент)	10	Отчет по лаб.раб., собеседование	ПК-2 ПК-3 ПК-4 ОК-1

### 7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы не предусмотрены.

### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

#### а) основная литература

- 1) **Пихтин А.Н.** Оптическая и квантовая электроника. М: Высшая школа, 2001 – . 574с.
- 2) **Тарасов Л.В.** Физические основы квантовой электроники. Оптический диапазон. М.: Либроком, 2011 – 368 с.
- 3) **Гроднев И.И.** Волоконно-оптические линии связи. Учебное пособие для вузов, М: Высшая школа, 2006 – 235 с.
- 4) **Иванов А.Б.** Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения, М: Высшая школа, 2006 –534 с.

#### б) дополнительная литература

- 1) **Ярив А.** Квантовая электроника. М.: Сов. радио,1980. – 453 с.
- 2) **Пантел Р., Путхоф Г.** Основы квантовой электроники. М.: Мир, 1972 – 276 с.
- 3) **Шарварко В.Г.** Волоконно-оптические линии связи. Учебное пособие. М: Высшая школа. 1999 – 324 с.

#### в) программное обеспечение

Оригинальная программа, моделирующая распространение светового поля в плоском оптическом волноводе

#### г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1) [www.ni.com\russia](http://www.ni.com/russia)
- 2) <http://www.labview.ru/>
- 3) <http://library.isu.ru/ru>

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

- 1) Лабораторный стенд для изучения характеристик полупроводникового (инжекционного) лазера
- 2) Лабораторный стенд для изучения линейного электрооптического эффекта.
- 3) Лабораторный стенд для реализации опыта Аббе-Портера (Фурье оптика)
- 4) Два лабораторных стенда для изучения характеристик волоконного световода
- 5) Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде.

## 10. Образовательные технологии:

Новые знания студенты получают самостоятельно из методических описаний. Практическим навыкам они обучаются при выполнении лабораторных работ под руководством преподавателя. Студенты выполняют работы небольшими группами, обсуждая последовательность действий, и вместе анализируют полученные результаты.

## 11. Оценочные средства (ОС):

Форма промежуточного контроля: собеседование во время лабораторных работ, проверка отчетов. Для допуска к итоговому зачёту требуется полностью выполнить все лабораторные, сдать отчеты и обсудить с преподавателем полученные результаты по каждой работе, получив при этом отметку о сдаче.

Итоговый контроль – зачет по результатам выполнения лабораторных работ.

### 11.1. Оценочные средства для входного контроля

Для изучения данного курса студент должен знать основы оптики, физики твердого тела, уметь пользоваться компьютером, прослушать подробную инструкцию по правилам безопасности при работе с экспериментальной техникой.

### 11.2. Оценочные средства текущего контроля

Примерные вопросы для текущего контроля:

- 1) Почему линейный электрооптический эффект отсутствует в центросимметричных кристаллах?
- 2) Являются ли оси  $X_1$ ,  $Y_1$  осями эллипсоида показателей преломления в случае когда внешнее электрическое поле не приложено к кристаллу ?
- 3) Каково поведение модуляционной характеристики при напряжениях выше полуволнового.?
- 4) Чем вызвано отклонение измеренного  $n_{63}$  от табличного?.

- 5) Чем определяются выбор длины кристалла модулятора, ведь сдвиг фазы не зависит от длины кристалла а только от приложенного напряжения?
- 6) Что такое инверсная заселенность?
- 7) Какова роль резонатора в лазере?
- 8) Чем определяется пороговый ток в полупроводниковом лазере?
- 9) Что происходит со спектром излучения лазера при уменьшении тока накачки ниже порогового значения?
- 10) Что такое мода в оптическом волноводе?
- 11) Что такое модовая дисперсия?
- 12) Чем определяется апертурный угол в волокне?
- 13) Каковы механизмы потерь в оптическом волокне?

Пример заданий к лабораторным занятиям:

**1. Изучение характеристик полупроводникового (инжекционного) лазера**

1.1. Установите полупроводниковый лазер на оптической оси входного конденсора монохроматора. Открыть входное окно и снять спектральную зависимость излучения лазера. Спектральную характеристику снять при трех значениях тока накачки: 0,18; 0,25; 0,4 А. Построить графики полученных спектральных зависимостей. Для этого, при построении графиков, по оси ординат необходимо откладывать нормированные значения интенсивности. При выполнении этого задания, следует обратить внимание на то, что вследствие высокой монохроматичности лазерного излучения, шаг между экспериментальными точками следует выбирать достаточно малым, чтобы получить кривые, отражающие все особенности спектра.

1.2. Проанализируйте полученные зависимости и оцените пороговый ток изучаемого инжекционного лазера.

**2. . Линейный электрооптический эффект**

2.1. Снять модуляционную характеристику интенсивности от напряжения, составить таблицу зависимости интенсивности обыкновенного луча от напряжения.

2.2 Пронаблюдать работу модулятора как оптического переключателя. Установить напряжение соответствующее минимуму интенсивности для обыкновенного луча и несколько раз снять и подать напряжение на модулятор.

2.3. Постройте график модуляционной характеристики.

2.4. Определите напряжённость электрического поля в кристалле.

2.5. Определите электрооптическую постоянную, используя измеренную величину напряжения при котором достигается минимум интенсивности обыкновенного луча.

### **3. Основы Фурье-оптики. Линза как оптический процессор**

- 3.1. Собрать оптическую схему эксперимента. Отождествить картину, наблюдаемую в задней фокальной плоскости линзы, с картиной, изображенной в описании лаб. работы и установить соответствие различных масштабов в спектре масштабам в объекте.
- 3.2. С помощью листа миллиметровки, помещенного в заднюю фокальную плоскость линзы, измерить период и полуширину Фурье- спектра функции пропускания объекта.
- 3.3. С помощью формул, приведенных в описании восстановить соответствующие параметры объекта по измеренным в п. 2. величинам.
- 3.4. С помощью микроскопа измерить период структуры в изображении объекта, зная параметры оптической схемы рассчитать период структуры объекта, сравнить с полученным в п.3. значением.
- 3.5. Щелевой диафрагмой вырезать часть спектра, с помощью микроскопа установить, как изменился при этом вид восстановленного изображения объекта.
- 3.6. Используя результаты выполнения задания 5, пояснить, как в оптическом процессоре можно произвести операцию вычитания и сложения двух чисел.

### **4. Распространение оптического сигнала в плоском волноводе (модельный эксперимент)**

- 4.1. Найти распределение поля в поперечном сечении плоского световода, соответствующее излучательной моде, волноводной моде
- 4.2. Пояснить, каким граничным условиям должно удовлетворять распределение поля.
- 4.3. Построить распределения поля для четырех мод., пояснить, чем отличаются распределения, какая мода наиболее подходит для передачи сигнала по световоду.
- 4.4. Найти максимальную частоту сигнала, который можно передавать по спроектированному световоду. Пояснить, что такое модовая дисперсия.
- 4.5. Показать достоинства и недостатки одномодового световода.


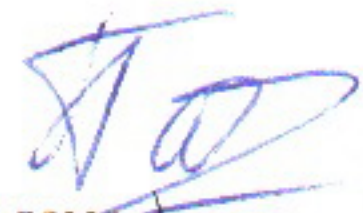
### **5. Изучение характеристик волоконного световода**

- 5.1. Найти апертурный угол световода с помощью луча на входе в световод
- 5.2. Найти апертурный угол световода анализируя луч на выходе световода
- 5.3. Из полученных данных определить показатель преломления световода

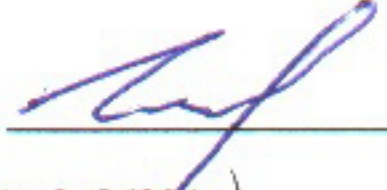
Примерный список контрольных вопросов к отчетам по лабораторным работам

См. п.11.2.

**Разработчики:**

 : В.Л., Паперный   
(подпись) (занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры электроники твердого тела ИГУ  
« 17 » 12 2013 г.

Протокол № 4 Зав.кафедрой профессор, д.ф.-м.н.  А.А. Гаврилюк  
(занимаемая должность) (инициалы, фамилия)