

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

**ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ,
ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВВОДА
ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВОЛОКНО**

Методические указания к лабораторной работе
для студентов направления
200700.62 – Фотоника и оптоинформатика

2014

Мягков Александр Сергеевич

Изучение факторов, влияющих на эффективность ввода оптического излучения в волокно: методические указания к лабораторной работе для студентов направления 200700.62 – Фотоника и оптоинформатика / А.С. Мягков; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск: ТУСУР, 2014. - 9 с.

Цель работы: изучить факторы, влияющие на эффективность ввода излучения в волокно, найти параметры стержневой линзы (её длину и параметр фокусировки), при которых наблюдается максимум коэффициента связи.

В ходе выполнения работы у студентов формируется способность проектировать элементы и устройства, основанные на различных физических принципах действия (ПК-7); способность подготовить научно-технические отчеты и обзоры, публикации по результатам выполненных исследований (ПК-16); способность разрабатывать элементы и устройства фотоники и оптоинформатики на основе существующей элементной базы (ПК-20); способность выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства (ПК-21); способность конструировать в соответствии с техническим заданием типовые оптические и оптоинформационные системы с использованием стандартных средств компьютерного проектирования; проводить расчеты (ПК-25); способность разрабатывать технические задания на конструирование отдельных узлов приспособлений, оснастки и специального инструмента, предусмотренных технологией (ПК-34); способность составлять техническое задание на научно-исследовательскую, проектно-конструкторскую, производственно-технологическую деятельность (ПК-37).

Пособие предназначено для студентов очной формы и заочной формы обучения, обучающихся по направлению 200700.62 – Фотоника и оптоинформатика по дисциплине «Приборы квантовой электроники и фотоники»

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров
« ___ » _____ 2014 г.

ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВВОДА ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВОЛОКНО

Методические указания к лабораторной работе
для студентов направления
200700.62 – Фотоника и оптоинформатика

Разработчик
_____ А.С. Мягков
_____ 2014 г

Содержание

1 Введение.....	5
2 Теоретическая часть.....	5
2.1 Основные понятия	5
2.2 Контрольные вопросы.....	6
3 Экспериментальная часть.....	6
3.1 Задание.....	6
3.2 Описание компьютерного эксперимента	7
3.3 Содержание отчета	8
Список литературы	8

1 Введение

Цель работы: изучить факторы, влияющие на эффективность ввода излучения в волокно. Найти параметры стержневой линзы (её длину и параметр фокусировки), при которых наблюдается максимум коэффициента связи.

2 Теоретическая часть

2.1 Основные понятия

В настоящее время большое внимание уделяется теоретическому изучению и экспериментальному определению эффективности ввода (ЭВ) оптического излучения в волокно, так как она является главной характеристикой системы источник излучения – волокно, и от ее значения зависит величина оптической мощности, которую можно ввести в световод. Проблема эффективности ввода оптического излучения в волокно заключается в том, что какова бы ни была конструкция источника излучения (инжекционный полупроводниковый лазер – ИППЛ или светоизлучающий диод – СИД), его излучательные характеристики, к сожалению, не согласуются с распределением напряженности поля основной моды возбуждаемого оптического волокна. Это несоответствие вынуждает прибегать к использованию различных способов согласования излучательных характеристик ИППЛ и поля основной (собственной) моды волокна для уменьшения потерь при вводе излучения.

Поскольку значительную ЭВ можно получить, только превратив расходящийся пучок источника излучения в сходящийся, между его излучающей гранью и приемным торцом волокна помещают ту или иную оптическую систему. На протяжении нескольких лет было разработано множество различных согласующих систем, повышающих ЭВ.

Современные оптические системы, предназначенные для согласования излучения ИППЛ и волокна, можно условно разделить на две группы. К первой относятся элементы с относительно большими размерами, например, сферические линзы, градиентно-стержневые линзы (ГСЛ), отрезки многомодовых оптических волокон и т.д., ко второй – микролинзы с малыми фокусными расстояниями, порядка 8...30 мкм или иные системы, в которых согласующие компоненты оптической системы изготавливаются из самого возбуждаемого волокна.

Выявлено, что эффективность ввода излучения определяется следующими факторами: тип лазера: модовый состав излучения, диаметр пятна, расходимость излучения, диаграмма направленности, астигматизм; состояние поверхности волокна: вид обработки (шероховатость), наличие загрязнений, форма среза; числовая апертура волокна, диаметр сердцевинки (эффективность ввода падает с понижением диаметра), эксцентриситет сердцевинки; согласование числовых апертур и волновых фронтов источника излучения и волокна, точность совмещения осей источника излучения и

волокна; вид устройства согласования: дискретные линзы и микролинзы, микролинзы цилиндрические и конические, выполненные на торце волокна, цилиндрические и градиентные линзы, устройства точной механики для совмещения осей источника излучения и волокна [7]. В настоящее время возможно осуществить ввод излучения в волокно с потерями на уровне 1дБ, температурная погрешность составляет 0,1 дБ.

2.2 Контрольные вопросы

1. Используя зонную диаграмму, объяснить механизмы люминесценции в случае прямозонных и непрямозонных переходов в полупроводниках.
2. Что такое внутренняя квантовая эффективность?
3. Перечислить факторы:
 - а) ухудшающие внутреннюю квантовую эффективность,
 - б) улучшающие внутреннюю квантовую эффективность,- с точки зрения процессов, происходящих в полупроводнике при инжекции н.н.з. в р-п переход?
4. Примесные атомы, дислокации и дефекты кристалла
5. Что такое внешняя квантовая эффективность?
6. Перечислить эффекты, ухудшающие внешнюю квантовую эффективность.
7. Что мы понимаем под термином эффективность ввода оптического излучения источника (светодиода) в волокно?
8. Раскрыть алгоритм согласования светодиода с волокном с помощью стержневой линзы.

3 Экспериментальная часть

3.1 Задание

1. Оценить диапазон значений расстояния L_1 (с учетом того требования, что световые лучи источника не должны выходить за апертуру линзы), зная размер источника излучения, ширину его диаграммы направленности во взаимноортогональных плоскостях и диаметр линзы. Исходные параметры задаются преподавателем.

2. С помощью моделирующей программы при заданном параметре фокусировки g путём изменения длины линзы L и расстояний L_1 и L_2 найти и указать (в отчете) все конструктивные параметры линзы, при которых максимален коэффициент связи оптического излучения источника с волокном. Расчетные значения не должны выходить за установленные пределы конструктивных параметров. Необходимо оценить диапазон разброса искоемых параметров L , L_1 и L_2 , при которых выполняется условие 90-процентного согласования углов и расстояний, а коэффициент связи

максимален. В отчете найденные параметры указать с полученными допусками. Исходные параметры задаются преподавателем.

3. С помощью моделирующей программы при заданной длине линзы L путём изменения параметра фокусировки g и расстояний L_1 и L_2 найти и указать (в отчете) все конструктивные параметры линзы, при которых максимален коэффициент связи оптического излучения источника с волокном. Расчетные величины не должны выходить за пределы конструктивных параметров. Следует оценить диапазон разброса искомых параметров g , L_1 и L_2 , при которых выполняется условие 90-процентного согласования углов и расстояний, а коэффициент связи максимален. В отчете найденные параметры указать с полученными допусками. Исходные параметры задаются преподавателем.

3.2 Описание компьютерного эксперимента

Компьютерный эксперимент имитирует процесс согласования оптического излучения светодиода с волокном посредством стержневой линзы, установка которой между светодиодом (полупроводниковым лазером) и волокном повышает эффективность ввода оптического излучения в волокно по сравнению с вариантом совмещения светодиода и волокна “встык”. Увеличение эффективности ввода описывается формулой $\eta_{\text{связи}} = (S_{\text{ист}} / S_{\text{серд}}) * K_{\text{пот}}$ при условии согласования апертурного угла волокна с диаграммой направленности светодиода во взаимортогональных плоскостях (назовём это условием согласования углов), а также переноса изображения источника в сердцевину волокна. Данное условие достигается подбором длины линзы, её диаметра и расстояний L_1 и L_2 (последнее условие назовём условием согласования расстояний).

В ходе имитационного моделирования необходимо, во-первых, строго выполнить условие соблюдения допустимых конструктивных параметров. Во-вторых, необходимо, чтобы световые лучи не выходили за апертуру линзы и не фокусировались в пределах самой линзы. Расчетными в моделирующей программе выступают: расстояния L_1 и L_2 , коэффициент связи (эффективность ввода), наличие согласования углов и расстояний.

Так как ширина диаграммы направленности источника излучения во взаимортогональных плоскостях различна, то строго выполнить условие согласования углов и расстояний не удаётся. Поэтому критерием корректности расчета выступает степень согласования углов и расстояний не меньшая, чем 90 %. Если это условие выполнено, то на экран выводится значение коэффициента связи (эффективности ввода); в противном случае этого не происходит и необходимо, вернувшись к главному меню, изменить исходные параметры.

Под упоминавшимся условием согласования расстояний понимается попадание светового луча источника, прошедшего через стержневую линзу,

в сердцевину волокна. Достижение условия согласования расстояний в программе осуществляется подбором расстояний L_1 и L_2 .

Под введенным ранее условием согласования углов понимается фокусировка оптического излучения в пределах апертурного угла волокна. Выполнение условия согласования углов можно осуществить подбором длины стержневой линзы L или параметром фокусировки.

Моделирование можно считать законченным, если удалось найти такие параметры стержневой линзы (её длину и (или) параметр фокусировки), при которых наблюдается максимум коэффициента связи, причем достигнуто не менее, чем 90-процентное согласование углов и расстояний в пределах заданных ограничений десяти конструктивных параметров.

3.3 Содержание отчета

По предложенной лабораторных работе необходимо составить отчет, который должен содержать:

- титульный лист;
 - цель работы;
 - краткие сведения из теории, содержащие расчетные формулы;
 - результаты расчетов и экспериментов в виде таблиц и графиков;
- выводы по проведенной работе.

Список литературы

1. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника. – СПб.: Изд-во "Лань", 2011. – 320 с. - 2-е изд. испр. и доп.. ISBN: 978-5-8114-1114-6 http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=627
2. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника. – СПб.: Изд-во "Лань", 2011. – 528 с ISBN: 978-5-8114-1136-8 http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=684
3. Волоконная оптика в системах связи : Пер. с англ. / Глен Р. Элион, Херберт А. Элион. - М. : Мир, 1981. - 198, [2] с
4. Волоконная оптика: Приборы и системы : Пер. с англ. / Питер К. Чео. - М. : Энергоатомиздат, 1988. - 278[2] с.
5. Цифровые и аналоговые системы передачи : учебник для вузов / В. И. Иванов [и др.] ; ред. В. И. Иванов. - 2-е изд. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 231[1] с. : ил. - (Учебник) (Специальность для высших учебных заведений). - Библиогр.: с. 229-230. - ISBN 5-93517-116-3

Учебное пособие

Мягков А.С.

Изучение факторов, влияющих на эффективность ввода оптического
излучения в волокно

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине «Приборы квантовой электроники и фотоники»

Усл. печ. л. _____. Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40