

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 «Электроника и микроэлектроника»  
(специальность «Электронные приборы и устройства»)

2012

## **Мягков Александр Сергеевич**

Изучение факторов, влияющих на эффективность ввода оптического излучения в волокно: методические указания к лабораторной работе для студентов направления «Электроника и микроэлектроника» (специальность «Электронные приборы и устройства») / 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, 2012. - 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.

Пособие предназначено для студентов очной формы и заочной формы обучения, обучающихся по направлению «Электроника и микроэлектроника» (специальность «Электронные приборы и устройства») по дисциплине «Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства»

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  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

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

Методические указания к лабораторной работе  
для студентов направления «Электроника и микроэлектроника»  
(специальность «Электронные приборы и устройства»)

Разработчик  
\_\_\_\_\_ А.С. Мягков  
\_\_\_\_\_ 2012 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 сердцевин (эффективность ввода падает с понижением диаметра), эксцентриситет сердцевин; 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 взаимоперпендикулярных 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 искомых 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](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](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 «Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства»

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