

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЯ МОДЫ ВОЛНОВОДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ВОЛНОВОДА

Сегодня для полноценного функционирования оптических телекоммуникационных систем необходимо множество устройств, управляющих оптическим сигналом: аттенюаторы, фильтры, мультиплексоры и т.д. В работе [1] была описана технология изготовления прототипа перестраиваемого интегрально-оптического (ИО) фильтра. Данное устройство предназначено для работы с оптоволоконными системами. К таким устройствам предъявляются очень жесткие требования по многим параметрам, в том числе и по оптическим потерям. Источником потерь мощности для обсуждаемой схемы являются:

- 1) Внутренние потери волновода (за счет затухания и рассеяния света на дефектах)
- 2) Потери из-за отражения на границе кристалл-волокно
- 3) Неполное согласование волновода с волокном (несоответствие размеров мод)

Первые две причины устраняются достаточно трудно. Наиболее эффективным представляется согласование диаметра моды волновода с аналогичным параметром оптоволокна для уменьшения потерь мощности на стыке. В данной работе исследована зависимость профиля моды от параметров изготовления волновода. Приведена полученная экспериментальная зависимость.

Волновод формировался путем термической диффузии титана. Изначально условия его формирования были такими: толщина пленки титана – 90 ± 5 нм, время отжига – 22 ч при температуре 1000°C . При таких параметрах изготовления, после стыковки волокна с волноводом потери составляли не менее 3дБ. Из [2] известно, что потери волновода должны составлять не более 1дБ/см, т.е. у нашего устройства с длиной в 1 см потери не должны превышать уровень 1 дБ. Соответственно, остальные потери обусловлены отражением от границы волокно-кристалл и потерями из-за различия размеров апертуры волокна и волновода в кристалле. Встал вопрос об уменьшении потерь нашего устройства путем согласования волноводного канала с волокном, т.е. максимально точному соответствию размеров мод.

Было принято решение варьировать ширину волновода и время отжига. Для этого был изготовлен образец с набором полосок титана разной ширины (от 3 до 10 мкм с шагом 1 мкм). Он был отожжен при температуре 1000°C в течении 25ч, затем был измерен профиль моды в каждом из волноводов, затем последовал еще один отжиг в течении 3 часов и повторное снятие данных.

Измерения проводились следующим образом. К одному из торцов кристалла на специальной подвижке подводилось зондирующее волокно (на него подавалась мощность от лазера с

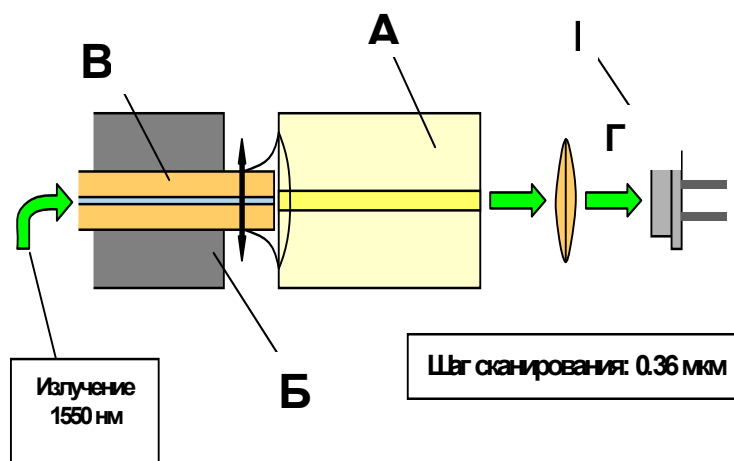


Рис. 1. Схема установки оптической зондовой микроскопии. А – исследуемый образец, Б – трехкоординатная пьезоподвижка с интерферометрическим контролем перемещения, В – одномодовое оптическое волокно с диаметром сердцевины 6 мкм, Г – фотодетектор

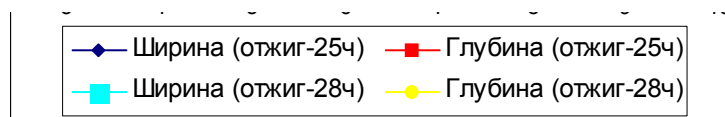


Рис. 2. Результаты эксперимента. Зависимость размеров моды (ось Y) от ширины волновода (ось X) и от времени отжига

$\lambda=1550\text{нм}$), а с другой стороны образца устанавливалась система с фотоприемником, меряющим выходную мощность (см. рис. 1). Изначально зонд устанавливался напротив центра волновода по максимуму прохождения. Волокно могло перемещаться в 3х координатах как грубо (управление механически с помощью винтов), так и плавно с помощью пьезоподвижки. Профиль моды сканировался в двух поперечных координатах (в плоскости перпендикулярной торцу образца). Таким образом мы измеряли мощность на выходе каждого из волноводов в зависимости от положения волокна. Полученное распределение интенсивности светового излучения по глубине и ширине волновода является сверткой известной функции распределения интенсивности светового излучения моды оптического волокна и функции распределения интенсивности светового излучения моды волновода. Из полученного распределения вычислялась ширина w_m и глубина d_m моды волновода.

Контроль перемещения волокна производился с помощью системы, основанной на интерферометре Фабри-Перо. Минимальное перемещение волокна, которое могло быть измерено точно (т.е. минимальный шаг сканирования) определялось четвертью центральной длины волны измерительной установки, и было равно $1540 \text{ нм}/4=360 \text{ нм}$. Такая точность оказалась излишней, и для быстроты сканирования измерения проводились с шагом волокна в 720нм .

Полученные результаты представлены на рис 2. Из них видно, что с увеличением времени отжига диаметр моды растет (связано с диффузией титана вглубь кристалла); в области ширины волновода в 5-8 мкм ширина и глубина моды практически постоянны; при малых значениях ширине волновода (3-4 мкм) свет в него не вводится (либо диаметр моды велик); при большой ширине волновода (9-10 мкм) реализуется многомодовый режим. Так же на рис.2 проведена линия на уровне 10,5 мкм, соответствующая диаметру моды для волокна SMF 128, которое надо было согласовать с волокном. Видно, что наиболее подходящими условиями изготовления являются: волновод ширины 6-8 мкм, отожженный в течении 25 часов.

Таким образом, были найдены подходящие параметры для уменьшения потерь в устройстве. После склейки волокна с волноводом удалось достигнуть потерь в 2 дБ, против 3 дБ, при старых параметрах. Вся работа производилась с волокном SMF128, наиболее востребованном в оптоволоконных системах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А.В.Баринов, И.В.Ильичев, XXXV Неделя науки СПбПУ материалы Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов, СПб, Издательство Политехнического университета, 2007, стр 45 –47.
2. D.Kip. Photorefractive waveguides: Fabrication, properties and applications // Appl. Phys. – 1998 – В 67 – Р. 131-174.