

# ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТЫКОВОЧНОГО МОДУЛЯ ИНТЕГРАЛЬНО ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

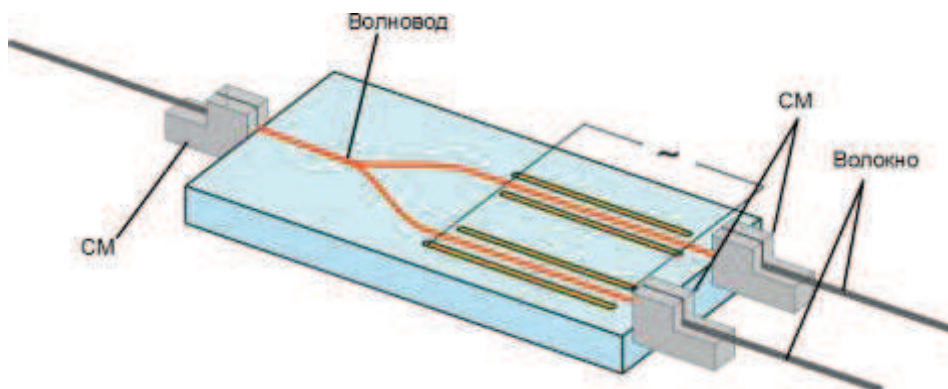
Н.В. ЖИГАЛОВ

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Пермь, Букирева, 15

## Введение

Данная работа посвящена стыковочному модулю (СМ) многофункционального интегрально-оптического элемента (МИОЭ). МИОЭ широко используется в волоконно-оптических гироскопах. Интегрально-оптический элемент служит для преобразования оптического сигнала.

С помощью СМ осуществляется соединение волноводов МИОЭ с подводящими и отводящими излучение оптическими волокнами. Общий вид интегрально-оптического элемента с СМ показан на рис. 1



**Рис. 1.** Многофункциональный интегрально-оптический элемент

## Стыковочный модуль

СМ состоит из оптического наконечника и закрепленного в нем оптического волокна. Оптический наконечник представляет собой многогранник вырезанный из  $\text{LiNbO}_3$ , в котором вырезается паз для укладки волокна и делается ступенька для защитно-упрочняющего покрытия волокна.

В работе рассматривается волокно типа «Panda», которое сохраняет поляризацию излучения. Волокно закрепляется при помощи УФ-отверждаемого полимерного оптического клея, при этом происходит надежная фиксация волокна в пазу оптического наконечника.

## Волоконные световоды типа «Panda»

Волоконные световоды (ВС) типа «Panda» сохраняют поляризацию распространяющегося излучения за счет наведенного в сердцевине волокна двулучепреломления. Величина двулучепреломления  $B$  равная разности показателей преломления в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Сечение ВС типа «Panda» показано на рис. 2.



**Рис. 2.** Сечение волоконного световода «Panda»

Двулучепреломление в ВС создается за счет того, что нагружающие стержни, состоящие из боросиликатного стекла, сжимаются в момент вытяжки ВС, создавая при этом растягивающие напряжения в области сердцевин. По этой причине на рисунке сердцевина ВС изображена в виде вытянутого по горизонтальной оси эллипса. Наведенное двулучепреломление, и степень сохранения поляризации излучения, пропорциональны растягивающему механическому напряжению в области сердцевин ВС и должны меняться при изменении поля напряжений внутри ВС [1].

#### **Постановка задачи**

Одно из главных свойств СМ – это коэффициент сохранения поляризации излучения  $K_{СПИ}$ .  $K_{СПИ} = 10 \cdot \lg(\frac{I_{TE}}{I_{TM}})$ , где  $I_{TM}$  – интенсивность излучения с ТЕ-поляризацией,  $I_{TM}$  – интенсивность излучения с ТМ-поляризацией.  $K_{СПИ}$  измеряется в децибелах. СМ считается годным, если при стыковке с чипом интегральной схемы  $K_{СПИ}$  выходного излучения составляет не менее 26 дБ [2]. Было замечено, что при производстве часть СМ бракуется по этому параметру и процент брака может достигать до 50.

Цель представляемой работы – исходя из конструкции СМ и физических явлений в нем, определить возможную причину появления низкого  $K_{СПИ}$  и дать рекомендации по ее устранению.

#### **Метод решения задачи**

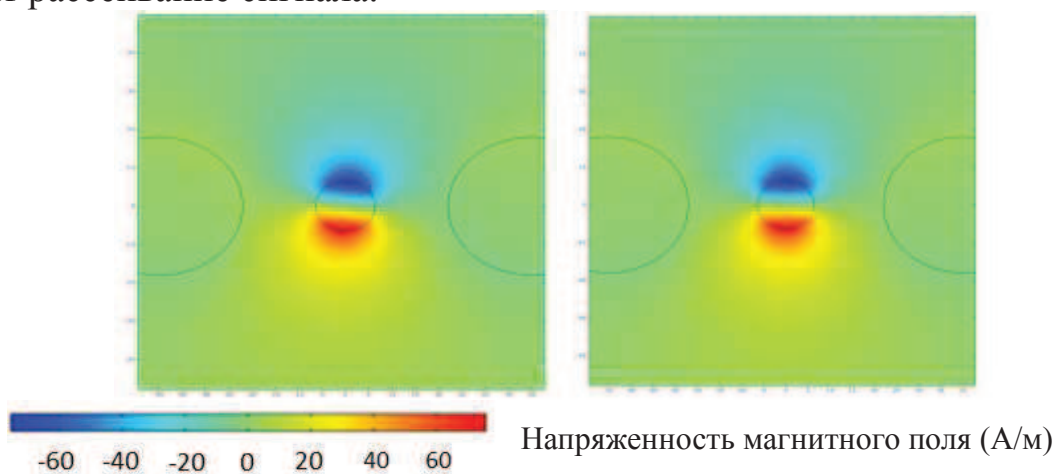
Для решения поставленной задачи было сделано предположение, что в процессе вклейки волокна в СМ возникают дополнительные нагрузки на волокно. Это связано с различными коэффициентами температурного расширения волокна и клея. Чтобы определить, как эти нагрузки могут влиять на распространяющийся в волокне сигнал, было решено провести численное моделирование СМ с учетом особенностей процесса производства. Для моделирования был использован программный пакет Comsol.

Анализ был проведен в плоскости сечения волокна. Волна распространяется в направлении  $z$  и имеет вид  $H(x, y, z, t) = H(x, y)e^{i(\omega t - \beta z)}$ , где  $\omega$  – угловая частота и  $\beta$  постоянная распространения. Уравнение для напряжен-

ности магнитного поля  $H$  получают из уравнения Гельмгольца  $\nabla \times (n^{-2} \nabla \times H) - k_0^2 H = 0$ . Поле на границе принимается равным нулю, поскольку амплитуда поля быстро убывает в зависимости от радиуса оболочки.

Для построения модели были использованы такие характеристики материала, как плотность, модуль упругости, теплопроводность, теплоемкость, коэффициент Пуассона, модуль Юнга, коэффициент теплового расширения.

В качестве нагрузки было приложено гидростатическое сжатие волокна. Величина давления изменялась от 0 до 8.88 Па. Свыше 8.88 Па происходит рассеивание сигнала.



**Рис. 3.** Распространение моды в волокне

На рис. 3 слева представлено распространение моды без нагрузки, справа — с нагрузкой 8.88 Па. Цветами представлен градиент напряженности магнитного поля в А/м.

Можно заметить, что под давлением на волокно меняется пространственная ориентация моды. Откуда следует, что внешние нагрузки на волокно негативно влияют на поляризацию и вносят не желательные потери.

В дальнейшем планируется учесть поведение УФ-отверждаемого полимерного клея. Затем провести несколько циклов нагрева и учитывая коэффициент линейного теплового расширения и модуль упругости клея оценить давление, создаваемое им на волокно. После чего можно будет оценить, как расширение клея влияет на распространение моды в волокне.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. LeFevre H. Fiber-optic gyroscope. London, Boston: "Arctech House, inc.". 1993. 300 p.
2. Азанова И.С., Шевцов Д.И. Физические свойства и структура волоконно-оптических систем: уч.-мет. пособие, Пермь. 2007. 43 с.