

Моделирование отражающих элементов в оптических планарных световодах

Тимошенков Сергей Петрович, доктор технических наук, профессор;
Литманович Дмитрий Михайлович, аспирант
 Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

В представленной работе приводятся результаты моделирования отражения светового потока в оптическом световоде на выходном отражателе, используемом для соединения световода с фоточувствительными элементами и оптическими ИС.

Световоды нашли широкое применение практически во всех областях техники [1]. Исследование распространения света в световодах, исходя из строгого решения уравнений Максвелла [2] представляет собой весьма трудную задачу. Поэтому для ее решения используются приближенные методы. Одним из таких методов является «метод распространяющегося пучка» (BPM - Beam Propagation Method) [3]. Существует несколько разновидностей этого метода. Но в основном для решения подобных задач используются конечно-элементный метод [3].

Традиционные подходы в моделировании методами конечного элемента [4] подразумевают выделение отдельных элементов световода при рассмотрении его в целом. Это часто приводит к появлению нефизических решений, когда распространение сигнала в световодах рассчитывается без учета непрерывности тангенциальных составляющих напряженности поля между конечными элементами. Обычно при использовании отдельных элементов световода невозможно вычислить волновое число $\beta_0 = 2\pi/\lambda$ для определения константы распространения света β_2 .

Этих недостатков можно избежать, используя контурные элементы, как показано на рис 1.

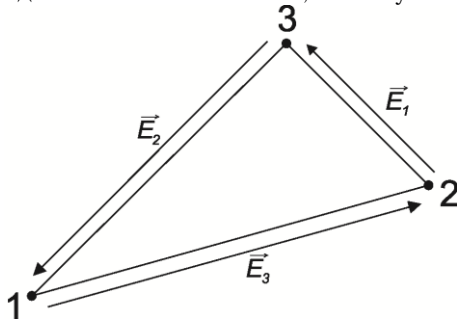


Рис 1. Контурный элемент

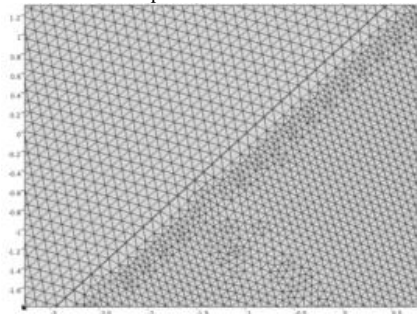


Рис 2. Часть массива структуры, используемой для дискретизации

С помощью таких элементов поле распространения света рассчитывается по граням треугольника, принимая во внимание векторное поле в уравнениях (1) - (3) с базисной функцией Li[5]

$$\vec{B}_1 = (L_1 \nabla L_2 - L_2 \nabla L_1) l_1 \quad (1)$$

$$\vec{B}_2 = (L_2 \nabla L_3 - L_3 \nabla L_2) l_2 \quad (2)$$

$$\vec{B}_3 = (L_3 \nabla L_1 - L_1 \nabla L_3) l_3 \quad (3)$$

Моделирование и вычисление было произведено в Comsol Multiphysics. Для световодов была выбрана длина волны $\lambda = 850\text{nm}$. Было сделано допущение, что световод однородный, поэтому световод был разбит на двумерные конечные элементы, выглядящие как треугольники. Рассматриваемая область световода показанная на рисунке 2, заняла при разбиении 107447 графов и имеет степень свободы 1043.

Для определения оптимального угла выходного отражателя, необходимо было рассчитать потери поверхностной плотности светового потока.

На рис 3. показано отражение светового потока от выходного отражателя при различных углах.

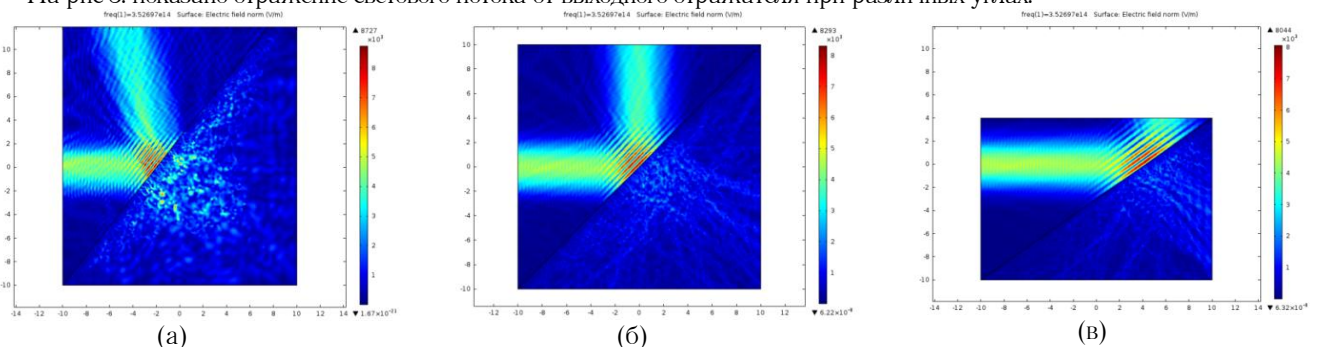


Рис 3. Отражение светового потока, где а - при 60° угле отражения; б - при 45° угле отражения; в - при 30° угле отражения

Так же в рамках моделирования было необходимо установить уровень потерь поверхностной плотности светового потока на плоскости отражателя.

На рис 4. показаны графики распределения потерь плотности светового потока.

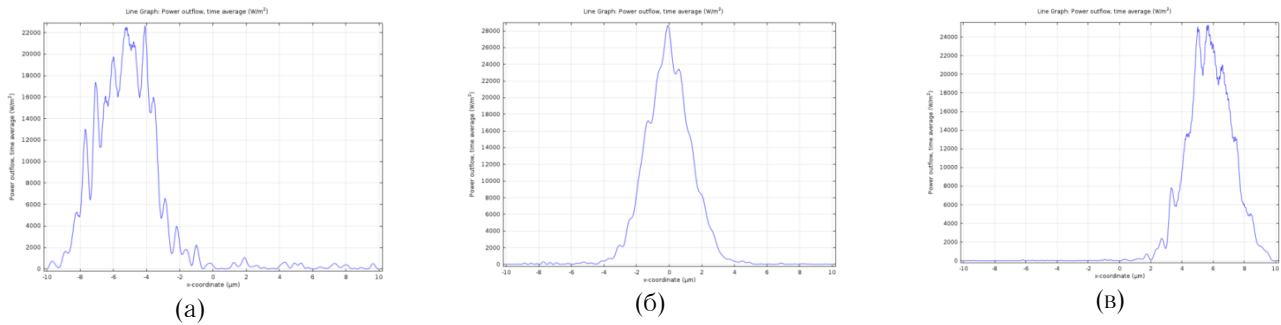


Рис. 4. Распределения потерь плотности светового потока, где а - при 60° угле отражения; б - при 45° угле отражения; в - при 30° угле отражения.

Таким образом при моделировании было установлено что оптимально использование 45° отражателя так как это позволяет минимизировать потери при передачи, что особенно важно для использования подобных световодов в качестве межсоединений оптических элементов [6].

Литература:

1. Happy Holden. HDI use in optical waveguides. The PCB Magazine: Jan. 2013 — 12-30 p.
2. Котляр В.В. Численное решение уравнений Максвелла в задачах дифракционной оптики. Журнал Компьютерная оптика. Самара: 2006, том 29. — 24-40 с.
3. Frank Barnes. Optical waveguide analysis using Beam Propagation Method. Term Paper for “Introduction to Optoelectronics”. University of Colorado at Boulder, 2006. URL: http://prashub.com/prasanna/files/waveguide_beamprop.pdf (дата обращения: 27.04.2015).
4. Xavier Antoine, Pierre Dreyfuss, Karim Ramdani. A Construction of Beam Propagation Methods for Optical Waveguides. Communications in computational physics Vol. 6, No. 3, — 565-576 p.
5. Юлдашев О.И., Юлдашев М.Б. Конечно-элементные векторные узловые базисные функции из специальных гильбертовых пространств. Лаборатория информационных технологий, ОИЯИ, Дубна. 2009. URL: http://lit.jinr.ru/Reports/SC_report_06-07/p105.pdf (дата обращения: 30.04.2015).
6. Виноградов А.Н., Запотьлько Н.Р., Катков А.А, Матвеев Е.В. Проблемы оптического контакта при соединении элементов гелий-неоновых лазеров. Оптическое приборостроение и технология. - СПб.: 2014. — 61-67 с.