Кутенин В.С., Кусайкин Д.В.

Моделирование многосердцевинного оптического волокна при помощи среды моделирования OptiBPM

*Уральский технический институт связи и информатики (филиал)
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»
(Россия, Екатеринбург)*

doi: 10.18411/lj-05-2019-18

idsp: ljournal-05-2019-18

Аннотация

Статья посвящена исследованию пространственного мультиплексирования в многосердцевинных волокнах при помощи математической модели, построенной в программе моделирования OptiBPM.

Ключевые слова: многосердцевинные оптические волокна, пространственное мультиплексирование, OptiBPM

Abstract

The article is devoted to the study of spatial multiplexing in multi-core fibers using a mathematical model built in the OptiBPM simulation program.

Keywords: multi core optical fibers, spatial multiplexing, OptiBPM

OptiBPM — это программный инструмент с программным обеспечением для автоматизированного проектирования, позволяющий создавать сложные оптические волноводы, которые выполняют связывание, коммутацию, разделение, мультиплексирование и демultipлексирование оптических сигналов в фотонных устройствах.

OptiBPM основан на методе распространения луча (BPM), имитирующем прохождение света через любую волноводную среду, как изотропную, так и анизотропную.

С OptiBPM вы можете наблюдать распределение ближнего поля и одновременно наблюдать излучение. В данном продукте возможно проектирование сплиттеров, соединителей, модуляторов, мультиплексоров. Проектирование устройств на основе оптических волокон.

OptiBPM может объединять каналы, волокна и диффузные волноводы в один макет. Простой выбор меню позволяет смоделировать макет в 2D или 3D. Интеграция с OptiSystem обеспечивает непрерывность моделирования от волновода до уровня системы или подсистемы. Комплексная передача данных в поле между OptiFDTD и популярными инструментами трассировки лучей позволяет разработчикам OptiBPM включать оптические элементы в свободном пространстве.

Моделирование в программе OptiBPM

Также доступно огромное количество форм волновода, включая линейные, дуговые, конические (линейные, параболические и экспоненциальные) и S-образные (дуги, синусы и косинусы). Волноводы полностью параметризованы, поэтому положение волновода и все другие свойства волновода можно контролировать с помощью простых выражений. Пользовательские волноводы позволяют создавать произвольные формы и использовать их в макете. Эти произвольные формы волновода могут быть определены в терминах их траектории или путем указания верхнего и нижнего плеч волновода. Можно ввести любую форму волновода, которая может быть описана стандартными функциями одной переменной.

Решатели режима, основанные на сетке, могут иметь ограничения, неприемлемые для расчетов оптоволокон. Величина полей, удаленных от сердцевин волокон, может быть на порядки величины меньше, чем ошибка, допущенная при симуляции сетки. На длинных расстояниях распространения эти небольшие поля могут все еще быть значительными. OptiBPM имеет многослойный решатель режима волокна, который использует технологию матрицы переноса вместо сетки для LP и векторных режимов волокна. Возможна точная оценка поля на многих порядках.

OptiBPM использует хорошо зарекомендовавшие себя алгоритмы, такие как Golden Search для одного измерения и метод Simplex или Direction Set для многомерных поисков.

Пример моделирования в программе OptiBPM

Методы BPM работают на микроскопическом уровне (обычно минимальное расстояние около 0,1 мкм), но фотонные схемы, с другой стороны, могут занимать целую пластину (масштаб 10 см). Успешный анализ должен сочетать основные микроскопические методы с подходом на более абстрактном или системном уровне. OptiBPM имеет функцию рассеивания данных, в которой может быть получена Матрица переноса любого устройства. Охарактеризованное таким образом, устройство (подраздел схемы всей оптической схемы) может быть загружено в OptiSystem. Анализ оптической схемы как оптической системы является очень эффективным, что позволяет передавать фотонные схемы, такие как решетчатые фильтры, кольцевые резонаторы.

OptiBPM может имитировать линейный электрооптический эффект (эффект Поккелса). OptiBPM рассчитает статическое (или радиочастотное) электрическое поле в поперечной плоскости и рассчитает оптическое распространение, модифицированное электрооптическим эффектом.

OptiMode — это полный набор программного обеспечения, посвященный модальному анализу волноводов, который является первой работой в области проектирования оптических компонентов. Любой волновод может быть проанализирован рядом числовых алгоритмов, и возможны многие уровни анализа, включая скалярный, электрическую форму, магнитную рецептуру, изотропную и анизотропную. Конструкция волновода может быть параметризована и оптимизирована. Сложные волноводы (такие как фотонные кристаллы) могут быть созданы с помощью сценариев VB, написанных либо в OptiBPM, либо в OptiFDTD. Копирование профилей и материалов (простым перетаскиванием) между OptiMode, OptiBPM и OptiFDTD разрешено, поскольку они все совместно используют один и тот же конструктор профилей. Постобработка и просмотр данных моделирования выполняется с помощью OptiMode Analyzer.

Промоделировав в среде OptiBPM многосердцевинное оптическое волокно получили зависимости перекрестных помех на дальнем конце при изменении расстояния между сердцевинами волокна в пределах 10–95 мкм, при радиусе изгиба волокна 200 мм. А также зависимость перекрестных помех от радиуса изгиба волокна в пределах 20 до 200 мм, при расстоянии между центрами сердцевин волокна 60 мкм. Ниже представлена 3D модель волокна с микроизгибом в трех проекциях: вид сверху (XZ View); вид сбоку (XY View); вид с торца (YZ View).

3D модель волокна в трех проекциях

а) График зависимости перекрестных помех на дальнем конце от радиуса изгиба ОВ б) график зависимости перекрестных помех от расстояния между сердцевинами, при радиусе изгиба 200 мм

Проанализировав результаты моделирования и проведя сравнения с аналогичными опытами других авторов, можно сделать вывод о том, что среда моделирования OptiBPM позволяет получить относительно точные результаты измерения различных параметров экспериментальных волокон, производство которых на данный момент не целесообразно или невозможно. В дальнейшем планируется проведение исследования многосердцевинных оптических волокон при помощи данной среды моделирования, а именно исследования различных конструкций ОВ при разном количестве сердцевин и исследование многосердцевинного оптического волокна с пониженным показателем преломления по периметру сердцевины относительно основной оболочки

1. Optiwave Photonic Software. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://optiwave.com>;
 2. Скляров О.К. Волоконно–оптические сети и системы связи: Учебное пособие. 2–е изд., стер.–СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 272 с.;3.Takenaga K. et al. A large effective area multicore fibre with an optimized cladding thickness. – ECOC2011, 2011, No.1.LeCervin.2.
 3. Sasaki Y. et al. Large-Effective-Area Uncoupled 10-Core Fiber with Two-Pitch Layout. – OFC/NFOEC 2012, OM2D.4.
 4. Takara H. et al. 1.01-Pb/s(12 SDM/222 WDM/456 Gb/s) Crosstalk-managed Transmission with 91.4- b/s/Hz Aggregate Spectral Efficiency. – ECOC2012, 2012, Th3.C.1.
 5. Saitoh K. et al. Full-vectorial imaginary-distance beam propagation method based on a finite element scheme: application to photonics crystal fibers. – IEEE J. Quantum Electron, 2002, vol.38, No.7, p.927–933.
-