ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ПРОЦЕССОВ ИХ УСТАНОВЛЕНИЯ В ОПТИЧЕСКИХ СЕЛЕКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ НА ОСНОВЕ КОЛЬЦЕВОГО РЕЗОНАТОРА

А. К. Кульчицкий, А. С. Логгинов, А. Ш. Майоров

МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва

Развитие компьютерных технологий и оптических сетей, бурный рост объема передаваемой информации вызвали необходимость освоения диапазона оптических частот и использования принципов (WDM) [1]. При спектрального уплотнения использовании каждому источнику спектрального уплотнения информации выделяется соответствующая длина волны. Спектральный интервал между несущими частотами в лабораторных разработках уже снизился до 25 ГГц.



Рис. І. Геометрия системы.

В настоящей работе путем численного моделирования свойств проведен анализ интегрально-оптического элемента селекции информационных каналов показанного на рис. 1, который может быть использован В системе передачи co спектральным уплотнением. В состав устройства входят два оптических волновода (входной выходной) И кольцевой И диэлектрический резонатор.

входном сигнале содержится длина волны несущей, Если во являющаяся резонансной для кольцевого элемента, она ответвится в выходной волновод. Отношения интенсивностей прошедшего и ответвленного сигналов к входной интенсивности на разных длинах волн (резонансная характеристика) и зависимость этого отношения от (переходная характеристика) времени являются важнейшими свойствами селектирующего элемента. Интерес К системам, подобным изображенной на рис. 1, обусловлен их миниатюрностью и высокой селективностью. Для диапазона длин волн 1,31 — 1,55 мкм радиус резонатора должен составлять десятки или сотни микрометров [2]–[4]. При этом добротность резонаторов достигает десятков тысяч [5], что позволяет разделять частотные каналы, несущие которых отличаются на единицы и даже доли нанометров.



Рис. 2. Картина распределения электромагнитного поля.

Для анализа системы был спользован конечноазностный метод во временной бласти (FDTD Finite-Difference Time-Domain) [6, 7], юзволяющий численно решать естационарные уравнения Иаксвелла. На входе подобной был истемы задан гауссов рофиль по оси у и изучены распределения артины лектромагнитных полей, соответствующие различным

моментам времени (например, на рис. 2 показан процесс возбуждения резонатора вытекающими полями). "Игольчатая" структура полей в селективном элементе отражает зависимость компонент поля от времени $\sim \sin ft$, где f – частота входного сигнала.

На рис. 3 рассчитаны резонансные и переходные характеристики установления интенсивности излучения на выходе фильтра при радиусе кольцевого резонатора 5 мкм. Такой размер резонатора был выбран с целью сокращения времени счета на первом этапе исследования. Резонансная кривая селективного элемента имеет вид, сходный с аналогичной характеристикой интерферометра Фабри-Перо, и определяется условием баланса фаз — на длине кольцевого резонатора должно укладываться целое число полуволн распространяющегося сигнала. Эта характеристика позволяет оценить добротность фильтра как отношение резонансной длины волны к полной ширине на полувысоте. Для рассматриваемой системы переходная кривая определяет быстродействие (время установления), коэффициент ответвления и величину потерь на излучение (при R = 5мкм около 15%), без которых не могла бы осуществляться связь резонатора с волноводами. Отметим, что повышение избирательности рассмотренной системы, определяемое увеличением радиуса кольцевого резонатора, приведет к возрастанию добротности, и, соответственно, к снижению быстродействия.



Рис. 3. Переходная характеристика системы при радиусе кольцевого резонатора 5 мкм ($\lambda_{\rm H} = 1,5465$ мкм)

- Guide to WDM Technology & Testing// EXFO Electro-Optical Engineering Inc., Quebec City, Canada. 2000. P. 11 – 32
- Chu S. T., Little B. E., Pan W., et al. // IEEE Photonics Technology Letters. 1999. Vol. 11, No. 6. P. 691 – 693.
- Little B. E., Chu S. T., Haus H. A., et al. // Journal of Lightwave Technology. 1997. Vol. 15, No. 6. P. 998 – 1005.
- 4. Rafizadeh D., Zhang J. P., Tiberio R. C., and Ho S. T. // Journal of Lightwave Technology. 1998. Vol. 16, No. 7. P. 1308 1314.
- Cai M., Hedekvist P.O., Bhardwaj A., and Vahala K. // IEEE Photonics Technology Letters. 2000. Vol. 12, No. 9. P. 1177 – 1179.
- 6. Chu S. T. and Chaudhuri S. K. // J. Lightwave Technol. 1989. Vol. 7. P.2033 2038.
- 7. Yee K. S. // IEEE Trans. Antennas Propagat. 1966. Vol. AP-14. P. 302 307.