

Узкополосный интегрально-оптический фильтр

Есман А. К., Зыков Г. Л., Потачиц В. А.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В работе показано, что оптимизация конструктивных параметров и структуры селективного оптического элемента, используя методы аналитического моделирования, позволяет получить простой и экономичный интегрально-оптический фильтр с шириной полосы пропускания 0,1 нм и разнесением частот между соседними оптическими несущими 0,2 нм при отношении сигнал/шум 50 дБ. Использование таких фильтров позволяет увеличить количество параллельно передаваемых оптических несущих длин волн более 160, что обеспечивает передачу трафика со скоростями до 1,6 Тбит/с в одном направлении по одному оптическому волокну.

Сфера практического использования оптических средств приема, обработки, хранения и передачи информации неуклонно расширяется главным образом за счет применения новой элементной базы, обладающей лучшими эксплуатационными характеристиками при меньшей цене.

При создании высокоселективных устройств контрольно-измерительной аппаратуры волоконно-оптических сетей для передачи и обработки сигналов с различными несущими в оптических магистралях нового поколения необходимы простые, экономичные, небольших размеров, управляемые оптические фильтры [1–3].

Нами предложен узкополосный интегрально-оптический фильтр на основе оптически связанных кольцевых микрорезонаторов. Несмотря на то, что принципы создания оптических фильтров в интегрально-оптическом исполнении известны, однако возрастание требований к спектральной селективности единицы нанометров, с одной стороны, и необходимость непрерывной перестройки в диапазоне 0–1 нм – с другой, стимулировало проведение новых исследований в этом направлении. Разработка и создание электрически управляемых фильтров с очень узкой полосой пропускания (~0,1 нм) необходимо для WDM-систем (wave length division multiplexing) [4]. Для систем оптической связи и высокопроизводительных систем обработки информации, основанных на технологии спектрального мультиплексирования с плотным расположением спектральных каналов (DWDM), наибольший интерес представляют интегральные оптические фильтры с узкой (0,1...0,4 нм) и электрически смещаемой полосой пропускания и управляемой формой спектральной передаточной функции.

Хорошо известно, что ширина и спектральное разделение резонансных пиков оптического излучения на выходе из резонатора зависят от его оптической длины. Кольцевой резонатор большого радиуса дает узкие часто расположенные пики оптического излучения. Пики излучения малого резонатора имеют большую полуширину, но сильнее разделены по спектру. Очевидно, что для получения узких пиков, разнесенных по спектру на достаточно большое расстояние, необходимо использовать два резонатора разного радиуса, соединенных последовательно. Общий вид такого фильтра приведен на рис. 1.

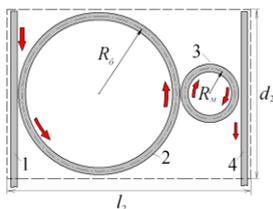


Рис. 1. Структурная схема узкополосного оптического фильтра на кольцевых микрорезонаторах:

- 1 – входной волновод; 2 – микрорезонатор большой оптической длины;
3 – микрорезонатор малой оптической длины; 4 – выходной волновод

Работа осуществляется следующим образом. По входному волноводу 1 на кольцо микрорезонатора с большим радиусом поступает входной сигнал. В это кольцо ответвляется излучение в узком спектральном диапазоне с центральной длиной волны

$$\lambda_{\text{рез}} = \frac{Ln}{m},$$

где L – длина резонатора; n – эффективный показатель преломления моды волновода; m – целое число.

Таким образом, на выходе микрокольцевого резонатора образуются пики оптического излучения, расстояние между которыми определяется оптической длиной резонатора. Далее эти пики излучения поступают на кольцевой резонатор малого радиуса, причем оптическая длина малого резонатора должна быть кратна длине большого резонатора. В этом случае, отдельные пики излучения будут ответвляться во второй резонатор.

Таким образом, резонатор малого радиуса будет прореживать резонансные пики, поступающие на его вход. Отфильтрованное излучение выводится из резонатора малого радиуса с помощью выходного волновода. В качестве выходного волновода в составном резонаторе можно использо-

вать входной волновод, поскольку направление выходного сигнала из резонатора малого радиуса противоположно входному сигналу, и эти сигналы не смешиваются. Выходной оптический сигнал составного резонатора представлен на рис. 2 сплошной линией.

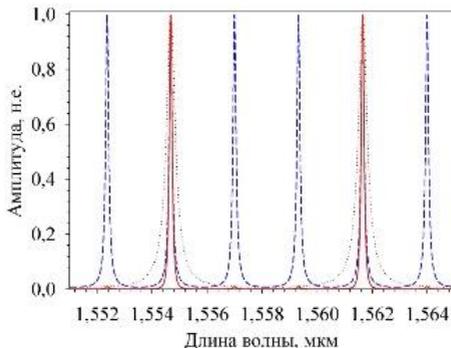


Рис. 2. Спектр пропускания кольцевого микрорезонатора

Пунктирная линия относится к резонатору с радиусом 16 мкм, штриховая – с радиусом 48 мкм, сплошной линией показан спектр пропускания составного резонатора.

Предложенный нами управляемый узкополосный интегрально-оптический фильтр на основе оптически связанных кольцевых и прямых волноводов микронных размеров наиболее полно отвечает современным требованиям. Как показали проведенные исследования методом аналитического моделирования по оптимизации конструктивных параметров и структуре селективного оптического элемента можно получить простой и экономичный интегрально-оптический фильтр с шириной полосы пропускания 0,1 нм и разнесением частот между соседними оптическими несущими 0,2 нм при отношении сигнал/шум 50 дБ. Использование таких фильтров позволит увеличить количество параллельно передаваемых оптических несущих длин волн до 160 и более, то есть обеспечить передачу трафика со скоростями до 1,6 Тбит/с в одном направлении по одному оптическому волокну.

Литература

1. Jiao, W. Integrated optical filter consisting of micro-ring resonator embedded in Fabry-Perot cavity / W. Jiao, J. Sun // Proc. SPIE 11767, 2020 International Conference on Optoelectronic Materials and Devices. – 2021. – Vol. 11767. – P. 117671G–1–4.

2. Дианов, Е. М. Волоконная оптика: сорок лет спустя / Е. М. Дианов // Квантовая электроника. – 2010. – Т. 40, № 1. – С. 1–6.

3. Goncharenko, I. A. Optical broadband analog-digital conversion on the base of microring resonator / I. A. Goncharenko, A. K. Esman, V. K. Kuleshov, V. A. Pilipovich // Optics Communications. – 2006. – Vol. 257, No. 1. – P. 54–61.

4. Goncharenko, I. Spectral division of the optical fiber passband using narrowband controllable filter on the base of semiconductor waveguide microresonator / I. Goncharenko, A. Esman, G. Zykov [et al.] // J. of Telecommunications and Information's Technologies. – 2008. – № 4. – P. 67–72.

УДК 530.145(075.8)

Антенна терагерцового диапазона

Есман А. К., Зыков Г. Л., Потачиц В. А.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Работа посвящена увеличению эффективности преобразования энергии терагерцового электромагнитного излучения в энергию электрического сигнала за счет оптимального согласования детектирующей антенны с выпрямительным элементом и волновым сопротивлением открытого пространства.

Терагерцовый диапазон спектра заключенный между оптическим и радиочастотным являясь областью сближения электроники и фотоники, существенно отличается как теоретической базой, так и техническими средствами, осуществления приема и обработки электромагнитных волн. Волны в терагерцовом спектре обладают специфическими свойствами: они проходят сквозь одежду, дерево, пластик, керамику, но отражаются от металлов и воды. Терагерцовые технологии распространяются на удивительно широкий спектр применения это и контроль пищевых продуктов (определение содержания воды), и медицинская диагностика, контроль фармацевтической продукции, зондирование атмосферы ну и конечно безопасность и оборона, например, обнаружение оружия и взрывчатых веществ при досмотре пассажиров воздушного транспорта. Важно отметить, что терагерцовое излучение в отличие от рентгеновского не опасно для человека. В настоящее время остро стоит задача создания эффективных аппаратных средств, работающих на частотах данного диапазона. Одним из составляющих компонентов в такого рода приборах является детекторный