

УДК: 621.396.69:621.372:512.22:621.316.56

МЕТОД ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КОММУТАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ И ЕГО ВОЗМОЖНЫЕ РЕАЛИЗАЦИИ

© 2013 Т.А. Неевина¹, И.Н. Компанец²

¹ Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г.Москва

² Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г.Москва

Поступила в редакцию 15.01.2013

Работа посвящена исследованию возможности создания многоканальных параллельных коммутаторов NxN волноводных оптических каналов. Предлагается метод, основанный на поразрядной коммутации каналов, и два варианта его реализации: с использованием эффекта полного внутреннего отражения во встроенных в волновод электрооптических ячейках и с использованием фоторефрактивного эффекта в материале самого волновода. Оба варианта промоделированы на примере коммутации 8x8 каналов.

Ключевые слова: коммутация оптических сигналов, ячейки полного внутреннего отражения, фоторефрактивный волновод, сборка – уплотнение каналов.

1. ВВЕДЕНИЕ

Сегодня современную вычислительную технику, системы связи, управления и обработки сигналов невозможно представить без применения оптических технологий. Это с одной стороны является следствием стремительного развития волоконных и интегрально-оптических устройств, с другой стороны – продиктовано требованиями увеличения информационной ёмкости каналов, скорости обработки сообщений и повышения надёжности коммуникационных систем. Тем не менее, большинство сетевых задач пока решается на базе электронных компонентов, что не только ограничивает быстродействие системы в целом, но в ряде случаев требует дополнительной инженерной проработки для обеспечения ее надёжности.

Перспективным является направление на создание полностью оптических коммуникационных сетей [1], обеспечивающих на базе оптических технологий и компонентов максимальную параллельность и надежность при реализации мультиплексирования, перегруппирования и др. необходимых для коммутации функций. По мнению авторов работы, этому критерию удовлетворяет предлагаемый ниже метод параллельной коммутации NxN оптических каналов и два способа его возможной реализации.

2. МЕТОД ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КОММУТАЦИИ NxN ВОЛНОВОДНЫХ ОПТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ

Метод параллельной коммутации NxN оптических каналов поясняется на примере трехразрядного (8-канального) устройства (рис. 1). На первом этапе выполняются операции удвоения каналов {1'} с разделением по 0 и 1 в старшем разряде адресов и операция уплотнения каналов {2'} в обоих плечах, т.е. сборки открываемых (сигнальных) каналов и удаления закрытых каналов (в них сигнал отсутствует). В результате в обоих плечах остается по 4 сигнальных канала. На следующих этапах те же операции выполняются для последующих разрядов адресов, в результате чего на втором этапе {1'', 2''} образуются 4 плеча по 2 сигнальных канала, а на третьем этапе {1''', 2'''} – 8 плеч по 1 сигнальному каналу, приводящему световой сигнал к выбранному адресу.

3. ВОЗМОЖНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА РЕАЛИЗАЦИИ NxN КОММУТАТОРА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ТИПА

Удвоение числа сразу всех каналов может легко выполняться с помощью оптического расщепителя, а разделение их по 0 и 1 – с помощью инверсного оптического фильтра. В качестве оптического расщепителя можно, например, использовать оптический куб (рис. 2), составленный из двух призм {1', 1''}. Пара линеек модуляторов {2', 2''}, одна из которых всегда является инвертором, т.е. задает не единичные, а нулевые разряды адресов, может быть выполнена на основе электрооптических кристаллов, например, ниобата лития. Включая те или иные модуляторы, можно избирательно пропускать свет, осуществляя тем самым адресацию сигналов.

Неевина Татьяна Александровна, аспирантка.

E-mail: neyevina@mail.ru

Компанец Игорь Николаевич, доктор ф.-м. наук, профессор,
заведующий отделом оптоэлектроники.

E-mail: kompan@sci.lebedev.ru

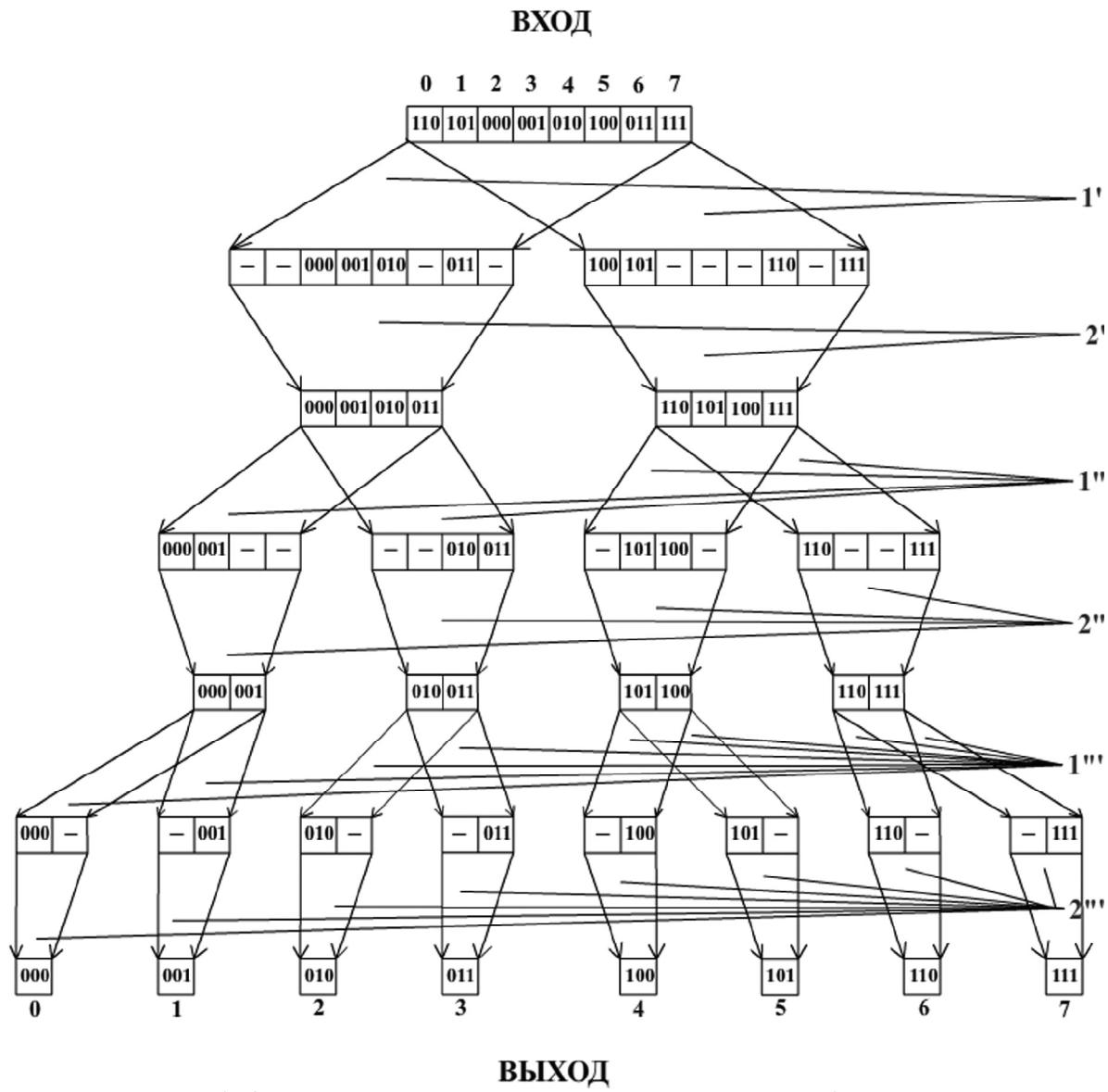


Рис. 1. Схема NxN коммутатора параллельного типа для 8 каналов

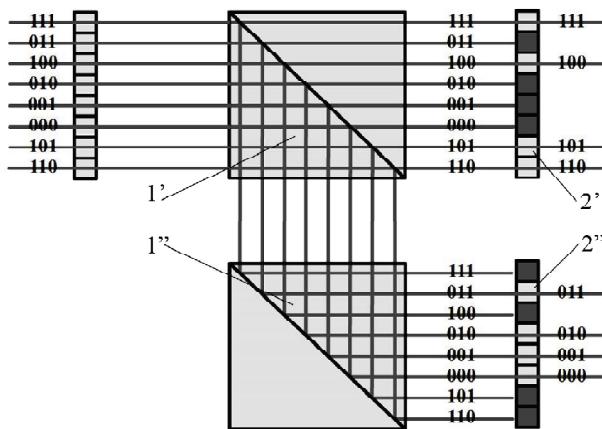


Рис. 2. Пример реализации операции удвоения информационных каналов с помощью оптических кубов

Основной проблемой в реализации параллельного коммутатора по предложенному методу является операция параллельной сборки – уплотнения каналов во всех плечах одновре-

менно за счет удаления пропусков, т.е. свободных от сигнала каналов. Такая операция должна выполняться на каждом этапе работы коммутатора и, по принципу, автоматически. Авторами были проанализированы все известные среды, осуществляющие перекачку оптической мощности из одного канала в другой, с точки зрения их возможного применения для сборки каналов в коммутаторе. Анализ и сравнение этих сред показали, что наиболее подходящими являются лишь две физические среды оптических волноводов. Во-первых, это встраиваемые в волноводы управляемые ячейки полного внутреннего отражения (ПВО) на электрооптических кристаллах или жидкостях [3], и во-вторых, это сами волноводы, выполненные из фоторефрактивного материала (ФВ) [4, 5] и управляемые оптическими сигналами. И те, и другие являются достаточно быстрыми и простыми в исполнении.

Результаты моделирования операции сборки каналов с применением ячеек ПВО и с применением фотопрерывательного материала представлены в следующих разделах.

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ И КОММУТАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ЯЧЕЕК ПВО

На рис. 3 показана общая схема предлагаемого многоканального коммутатора с 8x8 каналами в А – исходном (каналы не скоммутированы) и в Б – конечном состояниях (коммутация каналов завершена, и по ним распространяется информационный световой поток). Оптоэлектронный коммутатор содержит оптические затворы {3}, выполненные на основе модуляторов света, являющихся входными портами коммутатора; полупрозрачные кубы {1', 1'', 1'''}, составленные из двух призм; линейки модуляторов {2', 2'', 2'''}, используемые для адресации сигналов; управляемые ячейки ПВО {5', 5''}, встроенные в волноводы {4}. Для каждой комбинации световых пучков на входе компьютер подает различные, заранее запрограммированные комбинации управляющих сигналов на соответствующие ячейки ПВО {5', 5''}. При включении ПВО свет отражается под углом 90° в соседний волновод, а потом под таким же прямым углом поворачивает, чтобы продолжить своё распространение уже по другому волноводу. Указанным образом были удалены все «пустые» каналы, и на выходе первого каскада осталось в двух плечах только по 4 (из 8) рядом расположенных сигнальных канала, а на выходе второго каскада в четырех плечах – только по 2 (из 4) рядом расположенных сигнальных канала. Выходящие скоммутированные потоки обозначены на рисунке цифрой 6.

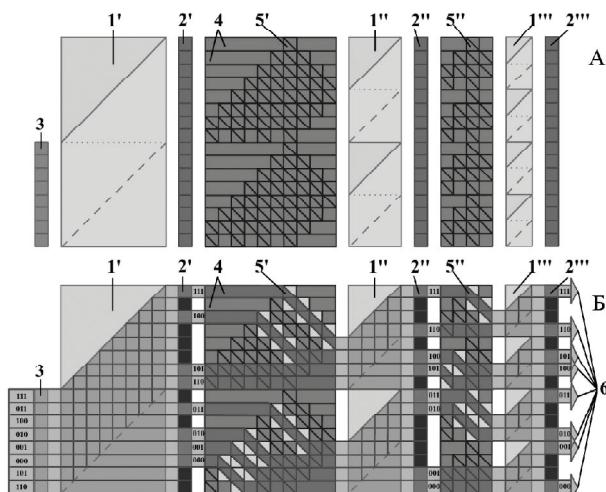


Рис. 3. Схема 8-канального коммутатора в исходном (А) и в конечном (Б) состоянии

5. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ И КОММУТАЦИИ ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ ВОЛНОВОДОВ

Общая схема многоканального коммутатора с 8x8 каналами в рабочем состоянии (коммутация каналов завершена, и по ним распространяется информационный световой поток) представлена на рис. 4. Здесь коммутатор состоит из оптических затворов {1}, выполненных на основе модуляторов света, являющихся входными портами коммутатора; полупрозрачных кубов {2', 2'', 2'''}, составленных из двух призм; линеек модуляторов {3', 3'', 3'''}, используемых для адресации сигналов; фотопрерывательных волноводов {4', 4''}. На рисунке также показаны соединения фотопрерывательных волноводов {5', 5''}, где под действием оптического сигнала {8', 8''} от ПВМС {6', 6''} изменяется коэффициент преломления

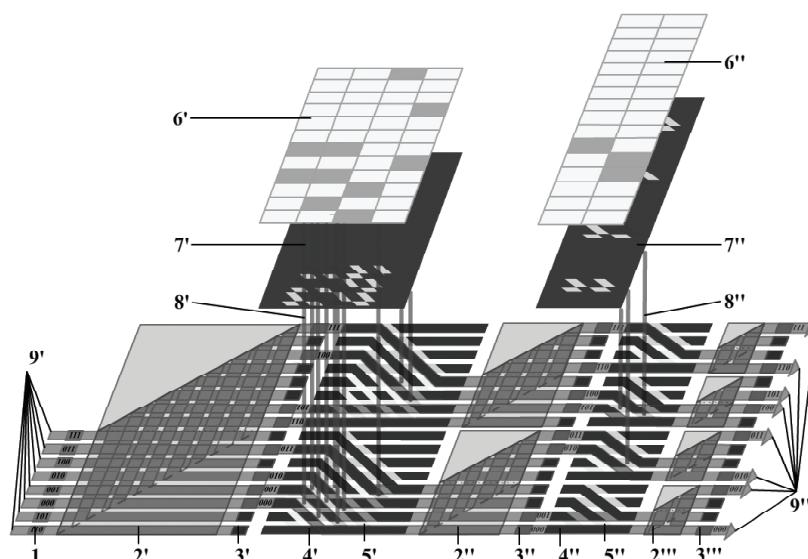


Рис. 4. Принципиальная схема многоканального коммутатора с применением эффекта фотопрерывательных волноводов (на примере 8-канального устройства), находящегося в рабочем состоянии

материала, вследствие чего информационный оптический поток переходит в соседний открытый волновод и распространяется по нему. Для каждой комбинации световых пучков на вход ПВМС подаются различные, заранее запрограммированные комбинации управляющих сигналов. Голографические оптические элементы (ГОЭ) {7', 7"} нужны здесь для задания нужной конфигурации оптических сигналов, сформированных в ПВМС. Входящие и выходящие коммутируемые потоки обозначены на рисунке цифрами {9'} и {9"}.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен метод поразрядной параллельной коммутации NxN оптических каналов, отличающийся простотой и надежностью вследствие отсутствия пересечений каналов. Рассмотрены и промоделированы два варианта сборки (уплотнения) каналов – с встроенным в волноводы ячейками ПВО и с фоторефрактивными волноводами, наилучшим образом решающие эту наиболее сложную для реализации коммутатора задачу.

Достоинством первого варианта реализации по сравнению со вторым является меньшее коли-

чество конструктивных элементов (отсутствуют ПВМС, проекционная оптика, ГОЭ или оптический фильтр), что облегчает конструктивное и технологическое воплощение коммутатора. С другой стороны, достоинством второго варианта является отсутствие общей электрической цепи управления и появление возможности, с помощью только что указанных конструктивных элементов, ввести в работу коммутатора дополнительные функции управления коммутируемыми каналами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. М.: Эко-Трендз, 2000.
2. Компанец И.Н., Компанец С.И., Невина Т.А. Способ коммутации NxN оптических каналов и устройство для его осуществления // Патент РФ №2456652. 2012.
3. Jeffrey D. Skinner, John S. McCormack. Optical switch // US Patent № 4828362. 1989.
4. Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. С-Пб.: Наука, 1992.
5. Севостьянов О.Г. Фоторефрактивный эффект в нестехиометрических кристаллах ниобата лития и оптических волноводах на их основе: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Кемерово, 2006. 135 с.

METHOD OF OPTICAL CHANNELS PARALLEL COMMUTATION AND IT'S POSSIBLE IMPLEMENTATIONS

© 2013 Т.А. Невина¹, И.Н. Компанетс²

¹National Research Nuclear University “MEPhI”, Moscow

²P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow

This work is devoted to the investigation of possibility of creating a multi-channel parallel switches of NxN optical waveguides. A method, based on bitwise switching of channels, and two variants of its implementation: using the effect of total internal reflection in the built-in waveguide electro-optic cells and using the photorefractive effect in the material of the waveguide are proposed. Both options are modeled on the example of 8x8 channels switching.

Key words: optical channels switching, total internal reflection cells, photorefractive waveguide, assembly – comaction of channels.

Tatiana Neevina, аспирантка. E-mail: neyevina@mail.ru
 Igor Kompanets, Doctor of Physics and Mathematics, Professor,
 Head at the Optoelectronics Department.
 E-mail: kompan@sci.lebedev.ru