

УДК 004.713

Гайворонская Г. С., д.т.н.; Рябцов А. В., к.т.н.
(Одесская государственная академия холода)

НОВЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ СТРУКТУРЫ КОММУТАТОРОВ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Гайворонська Г. С., Рябцов О. В. Новий підхід до побудови структури комутаторів оптичних сигналів. Стаття присвячена подальшому вдосконаленню феноменологічних моделей повністю оптичних комутаторів для сучасних оптичних мереж. В роботі запропоновано базові елементи на основі трансфлекторів з оптичним керуванням, на основі яких у випадку використання відомих принципів побудови багатоступінчатих неблокуючих комутаторів Клоза й Бенеша, можливо створення повністю оптичних комутаторів будь-якої необхідної розмірності.

Ключові слова: ОПТИЧНИЙ МОДУЛЯТОР, ТРАНСФЛЕКТОР, СВІТЛОПРИЙМАЧ, КОМУТАЦІЯ

Гайворонская Г. С., Рябцов А. В. Новый подход к построению структуры коммутаторов оптических сигналов. Статья посвящена дальнейшему совершенствованию феноменологических моделей полностью оптических коммутаторов для современных оптических сетей. В работе предложены базовые элементы на основе оптически управляемых трансфлекторов, на основе которых применяя известные принципы построения многоступенчатых неблокирующих коммутаторов Клоза и Бенеша, возможно создание полностью оптических коммутаторов любой необходимой размерности.

Ключевые слова: ОПТИЧЕСКИЙ МОДУЛЯТОР, ТРАНСФЛЕКТОР, СВЕТОПРИЕМНИК, КОМУТАЦИЯ

Gaivoronska G. S., Riabtsov A. V. A new approach to the design of structure of optical signals switches. Paper devoted to the further improvement of phenomenological models of all-optical switches for the modern optical networks. Basic elements based on the transfectors with optical control are proposed in the work. On their base in case of usage of well known principles of multistep non-blocking Klose and Benesh switches' design it is possible to create all-optical switches with any dimensions.

Keywords: OPTICAL MODULATOR, TRANSFLECTOR, LIGHT DETECTOR, SWITCHING

Недавние достижения в области разработки новых технологий коммутации оптических сигналов позволяют сделать значительный шаг в создании полностью оптических информационных сетей. В таких AON-сетях (All Optical Network) для коммутации оптических сигналов больше не требуется применения привычного двойного преобразования сигнала: сначала из оптической формы в электрическую, и затем, после коммутации, вновь в электрическую. Коммутация сигналов производится сразу на оптическом уровне путем изменения траектории оптических лучей, перенаправляемых из одного канала в другой. Отказ от двойного преобразования сигнала в AON сетях позволяет в сотни раз повысить быстродействие систем передачи информации и, тем самым, приблизиться к пределу пропускной способности оптоволокна [1,2].

Большинство известных в настоящее время оптических телекоммуникационных систем построено на основе оптических модуляторов различных видов, действие которых основано на изменении параметров светового сигнала в информационном канале [3...6]. Одни виды модуляторов могут изменять собственную прозрачность, тем самым изменяя интенсивность проходящих сквозь них оптических лучей, другие виды способны менять свои зеркальные свойства, т.е. отражающую способность, также изменяя интенсивность отраженного света.

К сожалению, быстродействие всех известных оптических модуляторов ограничивается в основном быстродействием электронных схем, управляющих ими. Этот недостаток практически сводит к минимуму преимущества оптических линий связи, не позволяя приблизиться к их максимально возможной пропускной способности. Следовательно, для того, чтобы резко увеличить скорость передачи данных в оптических сетях, нужны новые технологии оптического управления.

Одним из важных шагов в данном направлении является создание нового вида оптического модулятора, отражающая способность которого изменяется под воздействием излучения лазера на свободных электронах [7], разработанного группой ученых из технологического института Джорджии, университета Калифорнии и исследовательского

центра Эймса. Разработчики данного устройства, продемонстрировали возможность переключать потоки света с частотой порядка терагерц. Очевидно, что разработка представляет пока лишь опытный образец, демонстрирующий лишь общую реализуемость идеи. Однако велика вероятность, что дальнейшие исследования в данном направлении позволят создать реальные полностью оптические коммутаторы для оптических систем передачи информации со скоростью более триллиона бит в секунду.

Таким образом, предложенная авторами в [8] феноменологическая модель полностью оптического коммутатора, управляемого оптическим излучением, становится еще ближе к своей практической реализации. В связи с этим возникает необходимость в совершенствовании и развитии теоретических основ построения и применения полностью оптических коммутаторов нового типа на основе модуляторов с оптически управляемой прозрачностью. Авторы предлагают использовать в качестве рабочего варианта для обозначения такого типа модуляторов термин «трансфлектор». Покажем, что на основе трансфлектора можно построить любой тип из известных оптических коммутаторов. Рассмотрим три основных варианта построения коммутаторов, которые могут найти применение в оптических сетях: собирающий (мультиплексор), распределяющий (демультиплексор) и адресный (кросс-коннект).

Оптический мультиплексор 4x1 на основе трансфлекторов может быть легко реализован в виде структуры, приведенной на рис. 1.

Как видно из рисунка, четыре трансфлектора 1...4 расположены на одной оптической оси под углом 45° к ней. Один из трансфлекторов, в данном случае 2-й, переводится внешним излучением из прозрачного состояния в состояние зеркального отражения (выделен жирной линией). При этом луч света, поступающий из соответствующего входного световода «In 2», отражается от его поверхности и направляется в выходной светоприемник «Out», где коллимируется и усиливается для дальнейшей передачи. Остальные трансфлекторы, не участвующие в данном цикле коммутации, остаются в прозрачном состоянии и пропускают неактивные входные оптические потоки в специальные светопоглотители (drain).

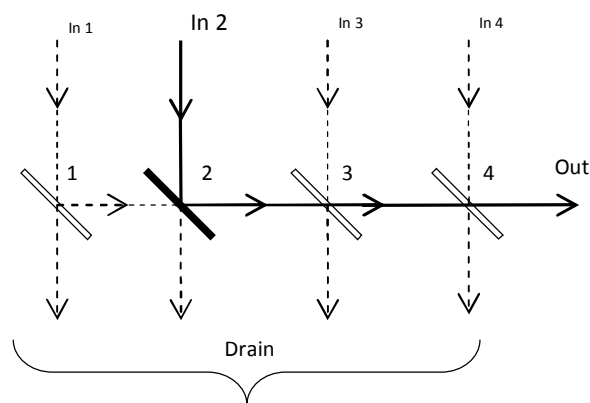


Рис.1. Оптический мультиплексор 4x1 на основе трансфлекторов

Перед началом нового цикла коммутации трансфлектор 2 возвращается в исходное прозрачное состояние одним из предложенных в [8] способов.

Схема полностью оптического демультиплексора 1x4 может быть построена, как показано на рис. 2.

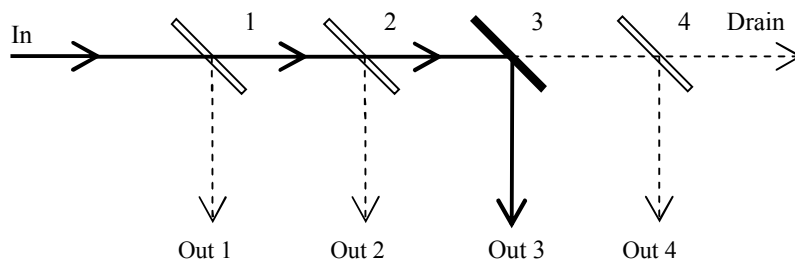


Рис. 2. Оптический демультиплексор 1x4 на основе трансфлекторов

В данном примере входной световой сигнал может проходить через четыре аналогичных трансфлектора, также расположенных на одной оптической оси под углом 45° к ней. На этой же оси должен быть расположен светопоглотитель «drain», отсекающий неинформационное излучение в интервалах между рабочими циклами коммутации. Если необходимо направить входной оптический сигнал «In», например, в третий выход коммутатора, то трансфлектор 3

переводится в зеркальное состояние и отражает сигнал в соответствующий светоприемник, обозначенный на рисунке как «Out 3».

Для получения полностью оптического коммутатора с произвольной адресацией, позволяющего выполнить оптическое соединение любого из входов с любым из выходов (кросс-коннект), может быть применена ставшая уже классической матричная 2-D схема коммутатора типа N^2 , где в качестве узловых элементов использованы трансфлекторы.

В качестве примера (рис. 3) показано соединение 1-го оптического входа с 3-м выходом.

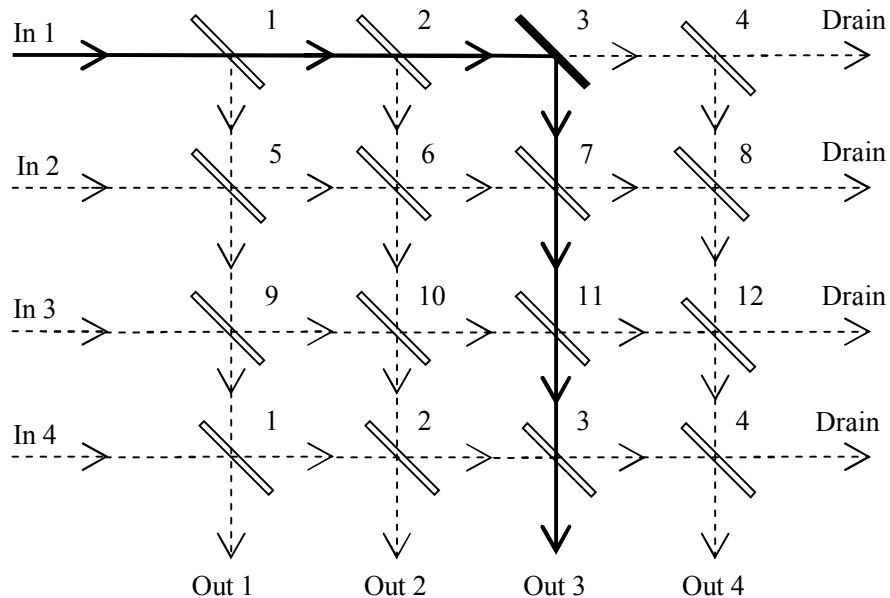


Рис. 3. Оптический матричный коммутатор 4x4 на основе 16-ти трансфлекторов

Очевидно, что при всех известных достоинствах такая структура коммутатора обладает не менее известным недостатком, а именно – плохой масштабируемостью, так как рост числа каналов сопровождается квадратичным увеличением числа элементов. Однако применение трансфлекторов позволяет существенно уменьшить число узловых элементов коммутатора. В качестве примера, авторы предлагают использовать структуру, выполняющую аналогичную функцию оптического коммутатора 4x4, с минимизированным числом трансфлекторов.

В данном примере показано, что, переведя 5-й трансфлектор в зеркально-отражающее состояние, можно организовать оптическую связь между 2-м входом коммутатора и его 1-м выходом. Аналогичным образом осуществляется коммутация в остальных каналах. Следует отметить, что число узловых элементов в данном случае составляет уже не 16, а всего 6, что на 25% меньше, чем в наиболее прогрессивных 3-D матричных коммутаторах, выполненных по зеркальной MEMS-технологии типа 2N [9,10], которая в большинстве случаев уже вытеснила технологию N^2 .

Как видно из рис. 4, на схеме легко визуальнo выделить базовый элемент предлагаемой структуры оптического коммутатора. Этим базовым элементом является коммутатор 2x2 на основе одного трансфлектора. Два его входа и два выхода объединены одним узловым элементом – трансфлектором, который может находиться либо в оптически прозрачном, либо в зеркально-отражающем состоянии, рис.5.

Очевидно, что дискретно изменяя прозрачность трансфлектора от 0 (полной прозрачности) до 1 (полного зеркального отражения) можно изменять состояния базового элемента в соответствии с табл. 1, изменяя тем самым направления оптических потоков.

Таблица состояний базового элемента		Табл. 1
Состояние трансфлектора		Образуемые соединения
0 - прозрачный		Out 1 = In 2
1 - зеркальный		Out 2 = In 1

Следовательно, такое устройство можно использовать для коммутации оптических сигналов в соответствии с нижеприведенной матрицей переходов (табл. 2), где в графе 1 указано состояние трансфлектора.

Матрица переходов коммутатора 2x2				Табл. 2
1	Вход «In 1»	Вход «In 2»	Выход «Out 1»	Выход «Out 2»
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

Таким образом не вызывает сомнения то, что, используя предлагаемые базовые элементы на основе оптически управляемых трансфлекторов, и применяя известные принципы построения многоступенчатых неблокирующих коммутаторов на основе структур Клоза и Бенеша, возможно создание полностью оптических коммутаторов любой необходимой размерности. Совершенно очевидно, что быстродействие таких устройств, управление которыми осуществляется при помощи оптического излучения, будет намного превышать быстродействие всех известных оптических коммутаторов с электрическим управлением, что позволит вплотную приблизиться к теоретическому пределу пропускной способности оптоволоконных систем передачи информации.

Литература

1. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. – М.: Техносфера, 2003.
2. Коршунов В. Н. Пропускная способность оптического кабеля // Наука и техника. №1, –2009. – №1. – С. 32-35.
3. Маккавеев В. Фотонные коммутаторы // Компоненты и технологии. – 2006. – №2.
4. Low-Voltage, Large-Scan Angle MEMS Analog Micromirror Arrays With Hidden Vertical Comb-Drive Actuators / Nah D., Ting-Yu H. S, and others. // Journal of microelectromechanical systems. Vol. 13, No. 2, April, 2004.
5. Султанов А. Х., Виноградова И. Л. Подход к построению коммутаторов оптических сигналов, управляемых оптическим излучением // Компьютерная оптика. – 2004. – № 26. – С. 56-64.
6. Гайворонская Г. С., Рябцов А.В. Проблема построения полностью оптических сетей // Збірник тез VI МНТК «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології». Київ.– 2010. – С.33.
7. Новости физики. Internet-ресурс : www.physorg.com/news9372.html
8. Гайворонская Г.С. Феноменологическая модель полностью оптического коммутатора с оптической адресацией / Г. С. Гайворонская, А. В. Рябцов // Вісник ДУІКТ, – 2012. – Т.10, №1. – С. 50-54
9. The Nihon KeizaiShimbun - Internet-ресурс:www.neasia.nikkeibp.com.
10. DiC on Fiber optics 1x8 50um Multi-mode Optical Switch. - Internet-ресурс: www.diconfiberoptics.com.

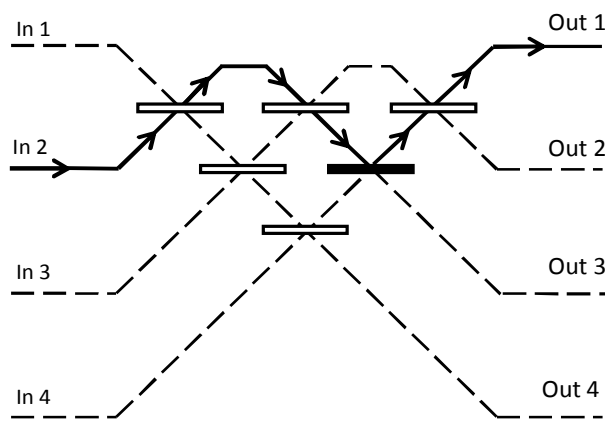


Рис. 4. Оптический коммутатор 4x4 на основе трансфлекторов с минимизированным числом элементов

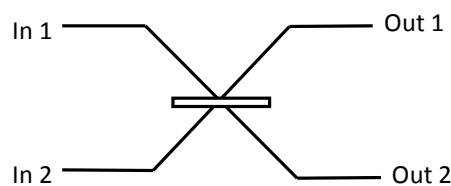


Рис. 5. Базовый элемент полностью оптического коммутатора на основе трансфлектора