

Интегральная фотоника: перспективы применения в системах связи

Анатолий Ковалёв (генеральный директор АО «ЗНТЦ»)

В статье представлено краткое описание основных направлений и ключевых преимуществ использования технологий интегральной фотоники. Рассмотрены возможности использования фотонной компонентной базы, в том числе AWG мультиплексоров/демультиплексоров в телекоммуникационных и других стратегически значимых отраслях промышленности. Представлено краткое описание полученных АО «ЗНТЦ» результатов в области разработки и производства фотонных интегральных схем.

В современном мире объём передаваемой информации настолько велик, что стандартные системы связи достигли предела и не соответствуют требованиям современной индустрии в части обеспечения необходимого уровня вычислений и пропускной способности. По экспертным оценкам, к 2025 году объём всех данных во всем мире составит 163 ЗБ, что в 10 раз больше, чем общий объём данных по состоянию на 2016 год [1].

Подсчитано, что 90% всех данных в мире было создано за последние несколько лет, и их объём растёт экспоненциально. Если бы эти данные записали на CD-диски, то стопка дисков устремилась бы до Луны и смогла бы вернуться обратно [2]. Кроме того, на обеспечение функционирования Интернета приходится около 10% мировой электроэнергии, при том что потребление энергии каждые 4 года увеличивается в 2 раза. Всё это

привело к необходимости разработки новых технологий, превосходящих современные решения, применяемых для производства телекоммуникационных систем и центров обработки данных.

Наиболее эффективно решить задачи организации систем высокоскоростной передачи данных позволяет интегральная фотоника. Интегральная фотоника и оптоэлектроника – это объединение электроники и оптики, позволяющее «принципиально изменить систему передачи данных на расстояниях от миллиметров до тысяч километров» [3]. Несмотря на то что фотоника является сравнительно молодой отраслью, её смело можно считать индустрией будущего.

Значимость результатов внедрения фотоники может быть сопоставима с изобретением полупроводников. Внедрение фотоники позволяет «сохранить действие закона Мура, составляю-

щего базис развития информационных и коммуникационных технологий» [3]. По прогнозам экспертов, к 2027 году рынок фотонных интегральных схем (ФИС) достигнет \$3,3 млрд.

С 90-х годов оптическая технология передачи данных широко используется во всём мире для создания телекоммуникационных сетей, сетей передачи данных, управления, телеметрии. Европейский союз вкладывает большие средства в развитие фотоники. Разработана программа развития фотоники на 2021–2027 годы. Также создан консорциум производителей изделий фотоники и радиофотоники (EPIC), объединяющий более 147 фирм и корпораций. Практически все крупные фирмы и корпорации электронной индустрии мира, включая таких гигантов, как Intel и IBM, сформировали научно-исследовательские и научно-производственные кластеры, занимающиеся фотоникой и оптоэлектроникой.

В США развитие фотоники в основном финансируется за счёт сегмента IT Electronics национальной нанотехнологической инициативы (NNI). Благодаря данным инструментам поддержки в настоящее время иностранными компаниями выпускается широкая номенклатура ФИС, позволяющая зарубежным производителям электронной аппаратуры создавать энергоэффективные защищённые высокопроизводительные системы управления, передачи и обработки информации. Исследования по основным направлениям в области интегральной фотоники ведутся во многих лабораториях мира:

- Andrew M. Weiner et al., Ultrafast Optics and Optical Fiber Communications Laboratory, Purdue University, USA;
- Karry Vahala et al., California Institute of Technology;
- Roberto Morandotti et al., INRS-EMT, Varennes, Quebec, Canada;
- Yanne K. Chembo et al., 2FEMTO-ST Institute [CNRS UMR6174], Optics Department, Besancon cedex, France;
- Electro-Optic Materials and Devices Group Lincoln Laboratory (MIT) США.



Рис. 1. Производственный комплекс

При этом в настоящее время в России, за исключением полупроводниковых лазеров, отсутствует серийное производство элементов интегральной фотоники – всего спектра: от пассивных элементов до гибридных сборок пассивных с активными элементами. Это однозначно влечёт за собой зависимость отечественных производителей телекоммуникационного оборудования и ЦОД от зарубежных компаний. Применение DWDM-технологий DWDM спектрального уплотнения данных позволит обеспечить высокоскоростную передачу информации, увеличить скорость передачи данных с 50 Гб/с до 10...100 Тб/с, что важно для обеспечения задач цифровой экономики.

Чтобы сформировать условия развития отечественного производства электроники для телекоммуникационной индустрии в России, создан консорциум «Телекоммуникационные технологии» (АНО ТТ). Участники консорциума формируют отечественную экосистему содействия развитию цифровой инфраструктуры и отечественных телекоммуникационных систем. В рамках экосистемы АНО «Телекоммуникационные технологии» Зеленоградский нанотехнологический центр (АО «ЗНТЦ») развивает технологии интегральной фотоники для оптоволоконных систем связи, ЦОДов, сетей распределённых вычислений.

Наличие собственного производственного участка полного цикла и технологий производства позволяет максимально быстро, экономически эффективно разрабатывать и поставлять заказчику фотонные интегральные структуры (ФИС). Эти структуры позволяют создавать телекоммуникационные сети, соответствующие их индивидуальным требованиям гарантированной доступности, интеллектуальных возможностей, производительности, пропускной способности и безопасности.

В настоящее время на площадке АО «ЗНТЦ» отрабатываются технологии производства ФИС, в том числе оптических волноводных AWG мультиплексоров/демультиплексоров для DWDM-систем (см. рис. 1).

ФИС используют оптические методы передачи данных, в частности методы спектрального уплотнения сигнала, позволяющие параллельно передавать информацию по нескольким каналам, тем самым увеличивая не только объём, но и защищённость систем связи.

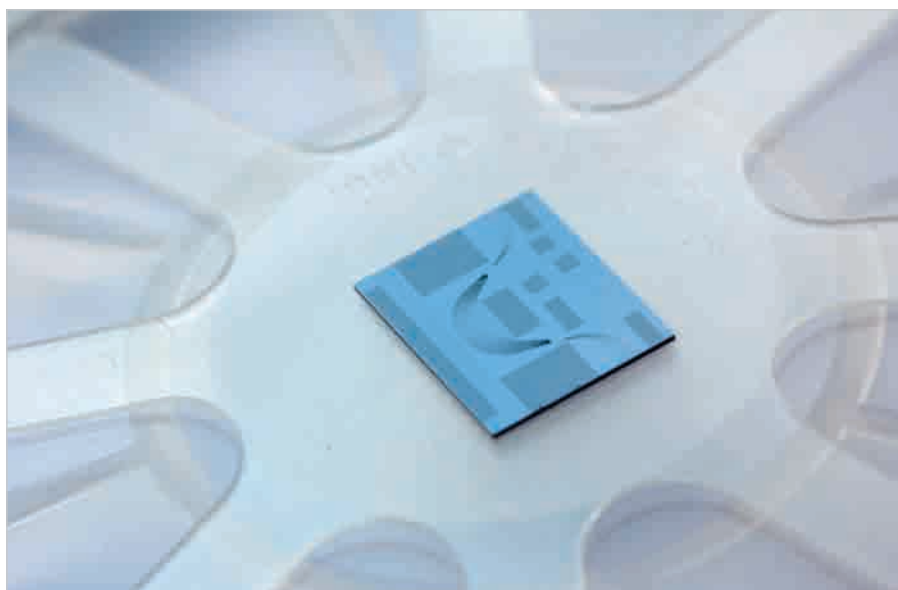


Рис. 2. Кристалл AWG мультиплексора

Получены экспериментальные образцы разрабатываемой продукции (см. рис. 2). Технологии спектрального уплотнения данных позволяют увеличить пропускную способность систем связи в 10–100 раз, обеспечивают возможность создания доверенных и помехоустойчивых систем. Передача данных по оптическим сетям не допускает бесконтактного считывания, т.к. не порождает никаких излучений.

Разрабатываемая фотонная компонентная база позволит создавать устройства для использования в оптической телекоммуникации и квантовой криптографии. С производителями телекоммуникационной аппаратуры согласовываются технические требования и уточняются сферы применения элементов интегральной фотоники.

Элементы интегральной фотоники являются базовыми при проектировании оптических коммутаторов, спектрально-зависимых и независимых переключателей каналов, поляризационных делителей, спектральных модулей ввода-вывода (add-drop фильтров), внешних резонаторов для лазерных диодов (как простейших некоммутируемых, так и коммутируемых для переключения частоты генерации лазерного диода) и др. Актуальность разработки и технологической отладки изготовления оптических мультиплексоров для работы в DWDM-системах определяется как возрастающим объёмом передаваемой информации, так и широким применением данных устройств различной конфигурации в технологических элементах оптических сетей.

Целевыми потребителями разрабатываемых АО «ЗНТЦ» AWG мультиплексоров/демультиплексоров являются компании-производители высокоскоростных и энергоэффективных устройств передачи и обработки телекоммуникационных сигналов. Эти устройства используются для бортовой аппаратуры и наземной инфраструктуры авиационно-космической отрасли, а также в телекоммуникационной отрасли для организации мощных информационных сетей и подключения пользователей к высокоскоростному Интернету, IP-телефонии и IP-телевидению.

По экспертным оценкам, увеличивающиеся требования к надёжности сетевой инфраструктуры приводят к тому, что ключевые элементы телекоммуникационного оборудования должны создаваться на основе отечественных технологий с использованием российской компонентной базы, так как это позволит обеспечить необходимый уровень доверия к сетям связи и их информационную безопасность. В свою очередь, независимость отечественной промышленности от зарубежных компаний будет способствовать интеллектуальному и промышленному росту национальной экономики.

Литература

1. Электронный источник: <https://aftershock.news>.
2. Электронный источник: <https://sci-fact.ru>.
3. S. Lin et al, "Efficient, tunable flip-chip-integrated III-V/Si hybrid external-cavity laser array", Optics Express, v.24, no.19, pp.21454-21462 (2016).

