

Перспективы кремниевой фотоники

Ключевые слова: кремниевая фотоника, оптическое позиционирование.

Преимущества фотонных вычислений – низкое энергопотребление и высокая скорость передачи данных. Основной барьер – высокие затраты на производство кремниевых интегральных микросхем со встроенными фотонными элементами. В статье проанализированы перспективы применения улучшенных технологий оптического позиционирования.

Современные тенденции характеризуются увеличением объема данных, скорости их передачи и энергопотребления. По данным корпорации Google, энергопотребление при совершении одного поискового запроса составляет 1 кДж. По оценкам отраслевых экспертов, в 2016 г. мировые Центры обработки данных – ЦОДы – потребляли почти на 40% больше электроэнергии, чем вся Великобритания, и уровень энергопотребления продолжает расти. Скорости передачи данных начинают превышать возможности традиционных технологий коммутации. При высокой плотности пикселей и частоте кадров видеоизображений наблюдается ухудшение сигнала в случае использования традиционных медных кабелей HDMI.

Специалисты Стэнфордского университета (г. Пало-Альто, шт. Калифорния, США) указывают, что наиболее энергозатратен процесс передачи данных, в рамках которого происходит связанный с затратами энергии и времени цикл зарядки и разрядки проводов, в том числе внутри микросхем ЦП и ОЗУ. Основной фактор рассеяния энергии – электрическая емкость заряжаемых

и разряжаемых проводов, составляющая около 200 аФ (1 аФ (аттофарад) = 10^{-18} Ф (фарад)) в расчете на 1 мкм провода. Огромные объемы энергопотребления серверных ферм ЦОДов вызывают проблемы устойчивости и эффективности межсерверных соединений.

Фотоника позволяет существенно смягчить указанные проблемы. Фотонные технологии перспективны для применения в вычислительной технике и системах коммуникаций, подходах к логике и обработке данных, квантовым вычислениям.

Преимущества фотонных межсоединений – масштабируемость, высокая пропускная способность, параллелизм, оптимальная длина канала и скорость. Оптические кабели HDMI поддерживают высокую частоту кадров для дисплеев шириной от 4 тыс. пикселей, оптические кабели USB и Thunderbolt⁹ поддерживают скорость передачи данных от 40 Гбит/с и выше.

Процесс изготовления фотонных устройств отличается трудоемкостью. Несмотря на использование некоторых стандартных полупроводниковых технологий, подключение оптического волокна к фотонному чипу требует в три раза большей

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ: PI



PI (Physik Instrumente) – компания, специализирующаяся на технологиях прецизионного позиционирования.

Штаб-квартира: г. Карлсруэ, Германия.

Численность сотрудников: более 1200 человек.

Объем чистых продаж (2018 г.): 175 млн евро.

Дата основания: 1970 г.

Производственные мощности подразделений группы расположены в четырех городах Германии, а также в США, Китае и Израиле. Площадь чистых комнат – 5 тыс. м², производства – 13 тыс. м².

Группа компаний PI занимается разработкой и производством систем позиционирования, программного обеспечения, магнитных

систем привода, пьезоэлектрических компонентов, датчиков и систем контроля. Продукция компании находит применение в сферах фотоники, производстве полупроводников, промышленной автоматизации, аддитивном производстве, инженерном деле, метрологии и научных исследованиях, включая астрономию и биотехнологию.

точности по сравнению с аналогичными процессами традиционной электроники.

Впервые фотонная технология получила широкое распространение при замене спутниковых линий в системах дальней связи в конце 1990-х гг. Для решения задачи регулировки положения лазерных диодов и одномодового оптического волокна использовалась аналоговая технология градиентного поиска, позволяющая быстро достигать оптимального значения передачи данных для волокон с гладким модальным профилем. Недостатки применяемых систем позиционирования – хрупкость, ограниченный диапазон перемещения, склонность к смещению. Добиться возможности производить надежное оборудование для оптоволоконных соединений удалось путем разработки цифровой версии технологии градиентного поиска.

Одновременно увеличивалась сложность фотонных устройств, емкость и скорость обработки и передачи данных. Сегодня на одной пластине могут быть размещены тысячи фотонных ИС,

состоящих из многоканальных и многоволновых структур. Матрица входов и выходов позволяет фотонным устройствам обрабатывать и передавать несколько каналов информации.

Все фотонные входы и выходы на уровне ИС соединены с другими элементами (оптическими волокнами, волоконно-оптическими матрицами, волноводами, лазерными диодами, линзами, решетками). Многие соединения требуют тщательного выравнивания не только в плоскости XY, но и по другим степеням свободы. Добиться оптимального результата, в том числе для коротких многомодовых волноводных структур, распространенных в кремниевой фотонике, позволяет циклический подход, однако он неэффективен с точки зрения временных затрат.

Новый подход к цифровому градиентному поиску, позволяющий выполнять его по нескольким каналам, входам и степеням свободы одновременно, был предложен компанией PI (г. Оберн, шт. Массачусетс, США). Параллельный цифровой гра-

Источник: Form Factor

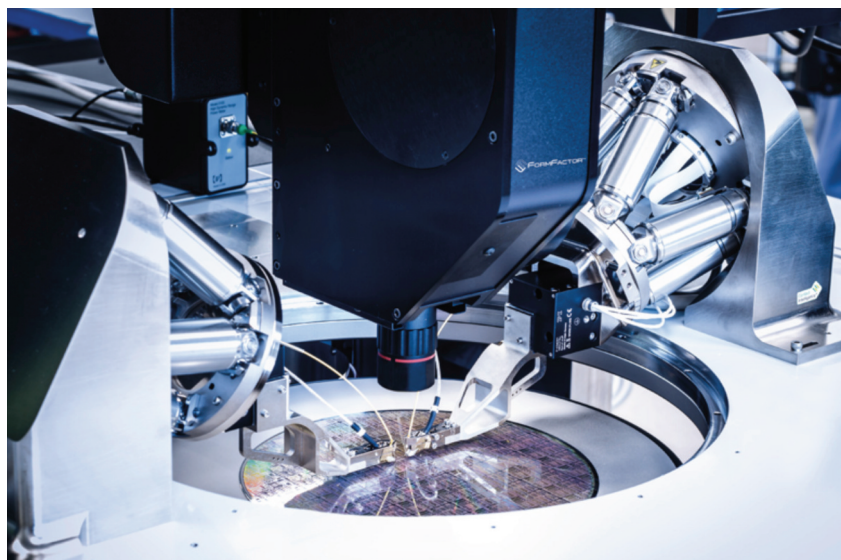


Рисунок 1. Устройство Cascade CM300xi-SiPh компании Form Factor

диентный поиск (ПЦГП) масштабируется до шести степеней свободы для каждого устройства. Позиционирование выполняется на нескольких входах и выходах устройства одновременно даже при наличии взаимодействия с ними. Процесс градиентного поиска сокращается от нескольких минут в случае циклического подхода до секунды при параллельном подходе. Общие временные затраты практически не зависят от количества выполненных настроек.

Впервые роботы с микропозиционированием со встроенной технологией ПЦГП были внедрены в 2016 г. на производстве зондовых систем проверки

полупроводниковых пластин в устройстве Cascade CM300xi-SiPh компании Form Factor (рис. 1).

Затем микро роботы получили распространение в регулировке, оценке технического состояния и сборке ИС. Технология ПЦГП применима в процессе сборки и тестирования кремниевых фотонных устройств, оптимизируемых по параметру оптической мощности (рис. 2).

Другие перспективные направления – лазерное производство и производство видеокамер, особенно востребованных в связи с распространением смартфонов и внедрением технологий автономного вождения.

The Promise of Silicon Photonics. Physics World, June 18, 2019: <https://physicsworld.com/a/the-promise-of-silicon-photonics/>

Источник: Physics World

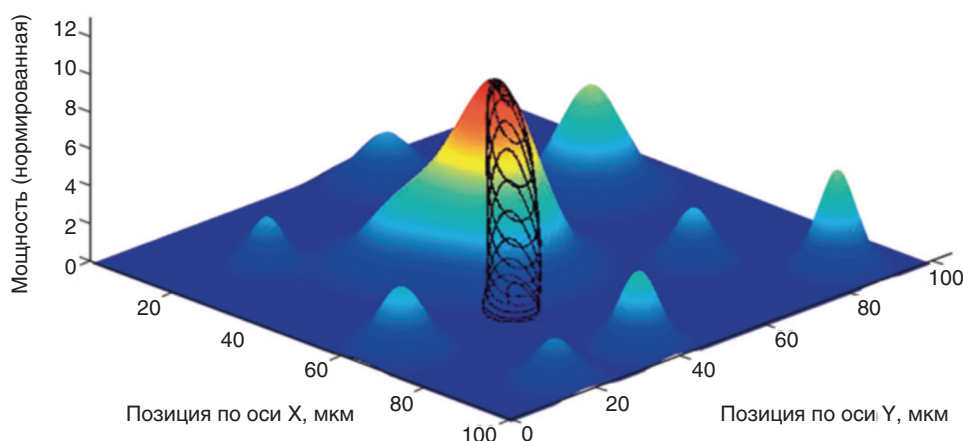


Рисунок 2. Применение ПЦГП в кремниевой фотонике