

# Почему Intel, TSMC, NVIDIA и Apple инвестируют в полупроводниковую фотонику

Перевод: Сергей ШИХОВ  
sergey@accont.ru

**С ростом спроса на массовые вычисления для приложений искусственного интеллекта, систем связи и автономных транспортных средств эволюция интегральных схем (ИС) (согласно закону Мура) достигла физического предела. Как преодолеть этот барьер? Ответ находится в области применения оптических систем. Статья написана на основе [1].**

В настоящее время многие компании активно внедряют технологию под названием «полупроводниковая фотоника». Использование фотонов в электронике — не просто решение прикладной проблемы, например потери сигнала при передаче, а настоящая революция.

Современные ИС состоят из миллионов транзисторов, выполняющих сложные вычисления в одном кристалле. Полупроводниковая фотоника же представляет собой интегрированные тракты со светопроводящими дорожками. Проще говоря, это технология, преобразующая «электронные сигналы» в «оптические» на кремниевой платформе, что облегчает передачу и электрических, и оптических сигналов.

Поскольку по мере развития технологий возрастают требования к скорости компьютерной обработки данных, связь между чи-

пами имеет решающее значение для производительности вычислений. Так, при первом запуске чат-бота ChatGPT возникали проблемы с задержками и перерывами в процессе обмена вопросами и ответами. Очевидно, что эти сложности, в первую очередь, были связаны со скоростью передачи данных. Таким образом, вступая в эпоху искусственного интеллекта, следует обеспечить поддержку требуемой скорости вычислений.

Полупроводниковая фотоника способна повысить скорость оптоэлектронной передачи сигналов, исключая при этом их потерю, перегрев устройств и другие риски, связанные с использованием медных проводников в современных компьютерных компонентах.

Полупроводниковые гиганты, к которым относятся TSMC и Intel, уже вкладывают средства в исследования и разработку полупроводниковой фотоники.

Доктор Фан Йен Сян (Fang Yen Hsiang), директор исследовательских лабораторий электронных и оптоэлектронных систем при Научно-исследовательском институте промышленных технологий (ITRI), выступил в качестве консультанта по этому вопросу.

## Связь между полупроводниковой фотоникой и оптическими трансиверами

Модуль оптического приемопередатчика состоит из разных компонентов, включая оптические приемники, усилители, модуляторы и многое другое. Прежде они были выполнены в виде дискретных компонентов на печатной плате. Однако для снижения энергопотребления, увеличения скорости передачи данных, минимизации задержек и потерь при передаче сигнала эти компоненты были инте-

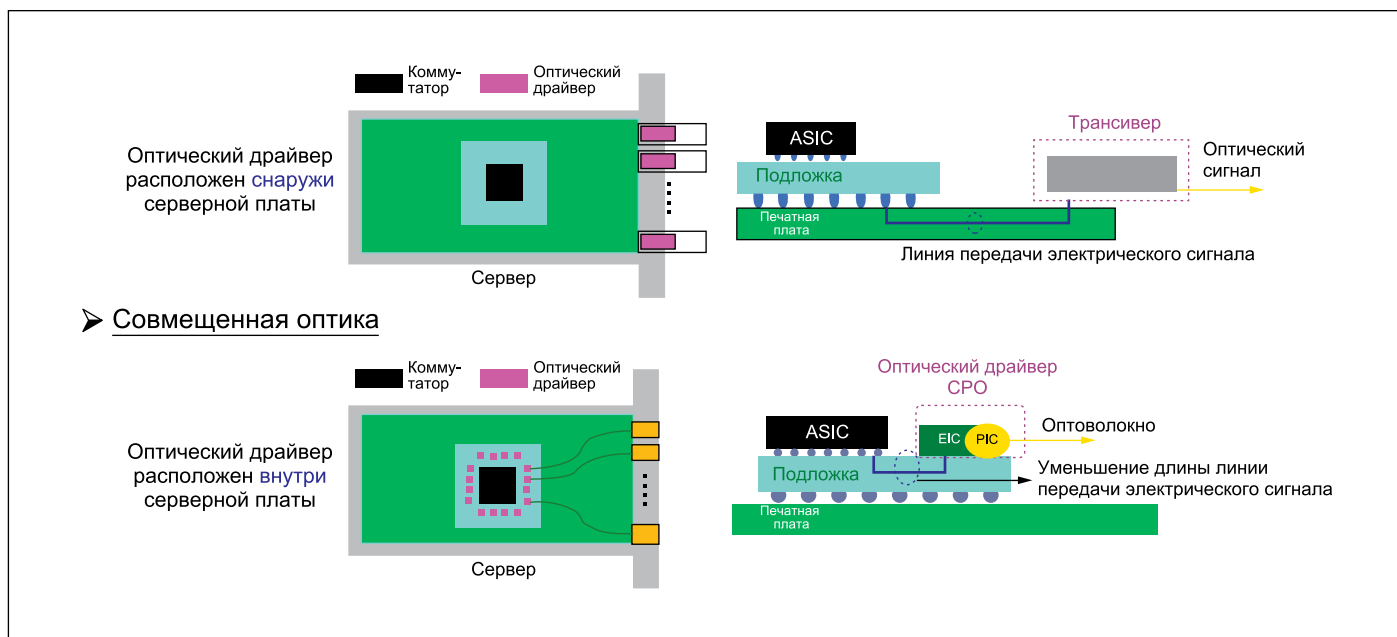


Рис. 1. Оптический трансивер

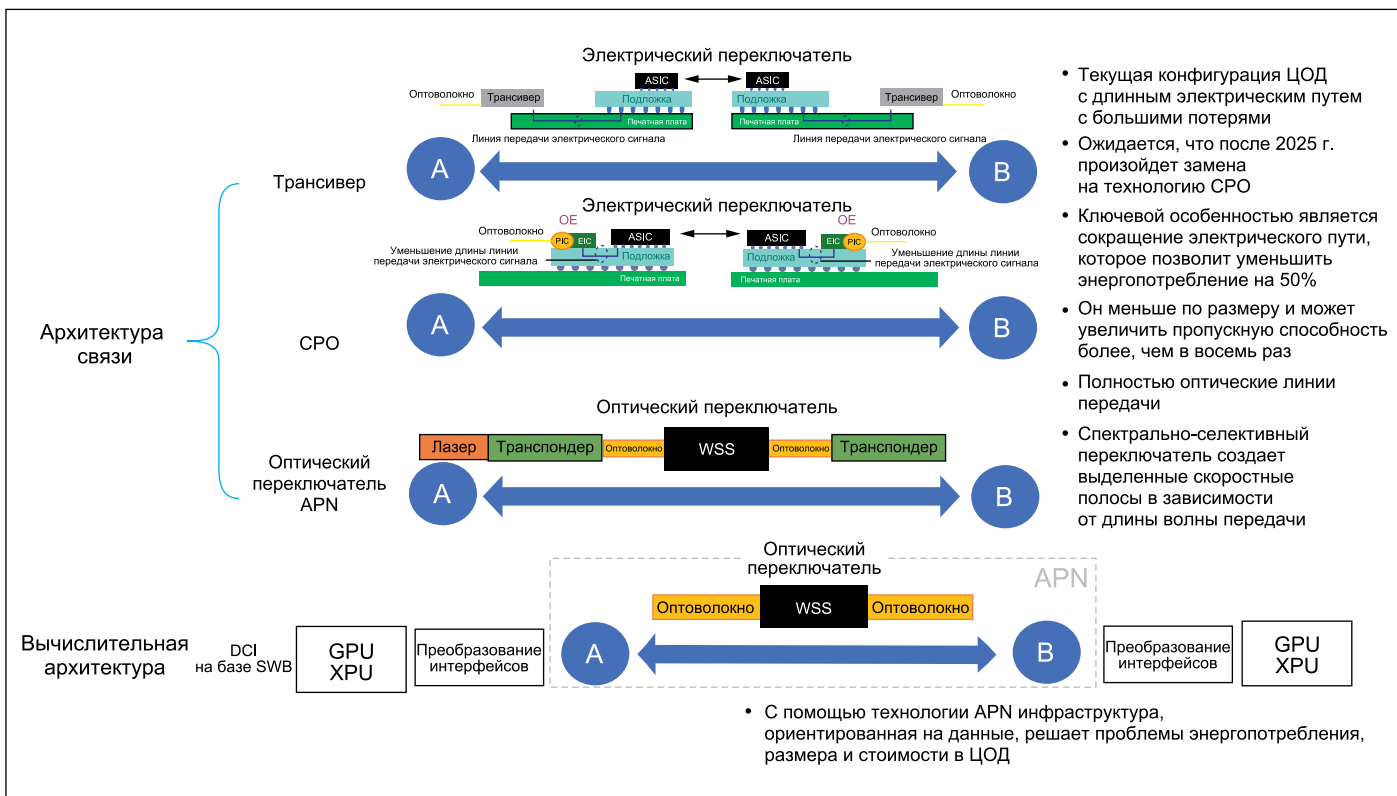


Рис. 2. Предлагаемое решение проблем, связанных с энергопотреблением, размерами оборудования и его стоимостью в ЦОД

гированы в один кремниевый чип. Доктор Фан Йен Сян выделяет принцип интеграции компонентов как основу полупроводниковой фотоники, которая станет следующим шагом в эволюции интегральных микросхем. Ее развитие будет происходить в три этапа.

**Обновление традиционных подключаемых модулей**

Полупроводниковая фотоника существует уже более 20 лет. Традиционные подключаемые оптические приемопередатчики очень похожи на интерфейсы USB и подсоединяются к двум оптическим волокнам: к одному для входящего, а к другому — для исходящего светового пучка. Недостатком такой конфигурации являются существенные потери сигнала на высоких скоростях из-за большого расстояния, которое он должен преодолеть при передаче от трансивера до коммутатора внутри сервера. Для минимизации этих потерь компоненты полупроводниковой фотоники переносятся ближе к коммутатору сервера, что сокращает передающий тракт. Таким образом, подключаемые модули содержат только оптические соединения.

Этот подход согласуется с активно развивающейся технологией «совмещенной оптики» (CPO), суть которой заключается в размещении электронных интегральных схем (EIC) и фотонных интегральных схем (PIC) на одной подложке и создании сборки, объединяющей чипы и модули. Такой способ компоновки, известный как CPO (рис. 1г), заменяет оптические приемопередатчики

и приближает оптические драйверы к чипам CPU/GPU, показанным на рис. 1г в виде чипов. Это решение позволяет сократить длину тракта передачи, свести к минимуму потери, уменьшить задержки сигнала.

По данным института ITRI, описанная технология позволяет снизить стоимость, увеличить скорость передачи данных более чем в восемь раз, обеспечить 30-кратное повышение вычислительной мощности и сократить энергопотребление на 50%. Однако пока технология интеграции находится в стадии разработки. Совершенствование CPO станет следующим важным шагом в развитии полупроводниковой фотоники.

**Решение проблем передачи данных между центральными и графическими процессорами**

В настоящее время развитие технологии CPO, в первую очередь, направлено на преодоление задержек сигнала подключаемых модулей. Следующим этапом должно стать решение проблем передачи электрического сигнала между центральными и графическими процессорами.

Необходимо обеспечить стабильную связь между ними с использованием оптических волноводов, преобразовав все электрические сигналы в оптические.

**Создание полностью оптических сетей (AON)**

По мнению доктора Фан Йен Сяна, дальнейшее развитие полупроводниковой фо-

тоники предполагает создание полностью оптической сети (AON), в которой все связи между чипами, включая взаимодействие с оперативной памятью, передачу, коммутацию и обработку данных, будут основаны на оптических сигналах.

Японские производители уже внедряют в электронные устройства элементы полупроводниковой фотоники и активно готовятся к переходу на полностью оптические сети.

**Существующие технологические проблемы полупроводниковой фотоники**

В настоящее время технология полупроводниковой фотоники сталкивается с рядом проблем, связанных с интеграцией компонентов. Прежде всего, это вопрос коммуникации между производителями.

Производители полупроводников при всем своем опыте в области электронных процессов могут не учитывать ряд нюансов, связанных с особенностями фотоники: например, тот факт, что характеристики фотонных компонентов очень чувствительны к большому количеству факторов (например, к температуре и длине тракта), а ширина линий и зазор оказывают существенное влияние на передачу оптического сигнала. Таким образом, необходимо создать единую коммуникационную платформу между производителями полупроводников и производителями фотоники. Такая платформа будет

**Комментарий специалиста**

**Сергей ШИХОВ,**  
**директор по управлению**  
**проектами, А-КОНТРАКТ**

Тема полупроводниковой фотоники крайне популярна в настоящее время, почти так же, как искусственный интеллект и квантовые вычисления.

При этом не всем очевидно, что же скрывается за этими терминами. В предложенной вниманию читателей статье простым языком описывается проблематика полупроводниковой фотоники.

содержать информацию о технических решениях, материалах, параметрах устройств и другие данные, которые помогут ученым, исследователям, разработчикам и произво-

дителям совместно находить эффективные решения.

В настоящее время полупроводниковая фотоника занимает нишевый сегмент рынка, а процессы сборки интегральных модулей и стандарты на используемые материалы еще находятся на стадии разработки. Поскольку большинство предприятий, которые производят чипы для полупроводниковой фотоники, работают в сфере изготовления специализированных интегральных схем (ASIC), их опыт сложно распространить на другие области применения. Отсутствие общей коммуникационной платформы существенно затрудняет накопление, обмен опытом и знаниями в области полупроводниковой фотоники между участниками процесса.

Кроме того, развитию полупроводниковой фотоники могут помешать проблемы, связанные с высокими производственными затратами, разработкой интегрированных источников света, производительностью компонентов, совместимостью материалов, тепловыми эффектами и общей надежностью разрабатываемых схем.

Ожидается, что благодаря технологическому прогрессу и инновациям эти проблемы будут преодолены в ближайшие годы или десятилетие. ■

**Литература**

1. What Is 'Silicon Photonics'? Why Intel, TSMC, NVIDIA, Apple Are Investing // <https://www.trendforce.com>