

# РЕАЛИЗАЦИЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ОСНОВАНИЙ ДЛЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

**П**ерспективы развития электронной продукции, разработанные в 2007 году консорциумом iNEMI, позволяют оценить современное состояние технологии изготовления оптоэлектронных оснований печатных плат. Реализация таких оснований связана с решением ряда серьезных проблем.

Оптоэлектронные межсоединения, представляя альтернативу медным, способны обеспечить более широкую полосу пропускания; свободны от проблемы "шума", присущей медным межсоединениям при быстродействующих коммуникациях; привлекательны для применения на самолетах, поскольку заменяют множество медных кабелей большой массы.

Сегодня несколько компаний и лабораторий работают в области новых световодов, и технология изготовления оптоэлектронных оснований непрерывно изменяется. Однако, несмотря на проводимые исследования, эта технология коммерчески застоялась. В США сдерживается введение волоконного кабеля в дом, офис и на технические предприятия, а в Японии применение оптоволоконка в доме растет быстрыми темпами.

Одна из причин отсутствия движения в этой области состоит в том, что в технологии медных межсоединений (менее дорогой) продолжают совершенствования в отношении полосы пропускания. Однако продолжается и обсуждение оптоэлектронных оснований со встроенными световодами и сравнение их с традиционными основаниями. Они не станут превалировать, пока не будет доказано их преимущество в сочетании стоимость-рабочие характеристики (рис.1).

Рост скорости передачи данных определяет требования к расширению полосы пропускания, так что электрические системы передачи сигналов вскоре, вероятно, приблизятся к своим пределам. Телекоммуникационные системы, по-види-

мому, первыми станут стимулировать технологию оптоэлектронных межсоединений. Технология формирования сигнала на ПП с основанием FR-4 достигла скорости 10 Гбит/с. Хотя это обеспечивает такую же скорость на объединительной плате, при этом растут стоимость и сложность. Кроме того, растет мощность рассеяния. В результате многообещающими становятся оптические межсоединения, однако решение об их применении будет определяться стоимостью и надежностью технологии.

Таким образом, современная ситуация выглядит следующим образом:

- продолжается рост скорости передачи данных, что повышает требования к расширению полосы пропускания;
- период времени, через который произойдет переход к оптической технологии, остается неопределенным и не ожидается, что это произойдет в пределах 10-летних пер-

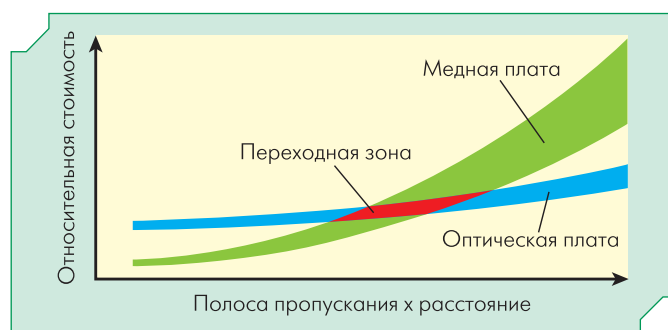


Рис.1 Зона перехода от медных оснований к оптоэлектронным

спектив развития iNEMI. Технология изготовления оптоэлектронных оснований также не определена;

- некоторые эксперты полагают, что световоды должны внедряться в обычный материал основания, а другие – находиться вне ПП;
- ожидается, что оптические межсоединения будут выполнены для объединительных плат, где скорость передачи данных 10–15 Гбит/с и выше;
- электрическим и оптическим ПП свойственны проблемы затухания сигнала и деградации, которые могут быть решены с помощью правильного проектирования схемы и выбора материалов.

### ОСНОВАНИЯ С ОПТИЧЕСКИМИ МЕЖСОЕДИНЕНИЯМИ

Оптические межсоединения используются в настоящее время в объединительных платах, если этого требует их архитектура или если в распределенной системе между соединениями существуют расстояния (обычно от 1 до 10 м при 5 Гбит/с и выше). Оптические межсоединения в соединительных платах выполняются на световолоконной основе в виде отдельных от электрической платы физических слоев. Механическое соединение оптического межсоединения с удаленной платой выполняется через вырез в электрической задней панели с размещенным там же адаптером. Оптические переключики или схемы вставляются в эти адаптеры для создания световолоконных соединений в объединительной плате (соединений между платами). Такой тип межсоединений имеет высокую стоимость и трудности с очисткой, проверкой и трассировкой волокна.

В разработке находятся несколько различных типов оптических интерфейсов между оптоэлектронными компонентами и платами:

- **Оптический путь на ПП или объединительной плате.** При сегодняшней технологии создания объединительных плат оптический путь создается с помощью световолоконных контуров, связывающих компоненты с другими оптическими или оптоэлектронными модулями. Основную проблему при таком методе представляет невозможность выполнения какой-либо манипуляции с сигналом и трудность достижения высокой плотности межсоединений из-за ограниченных радиусов изгиба оптоволоконна. Более того, эти трудности обуславливают повышение стоимости и часто низкий выход годных. Из-за небольших радиусов изгиба такая технология ограничена крупными платами (объединительными).
- **Соединение оптоэлектронного модуля (компонента) с оптической ПП с интегрированными световодами.** Рассмотрим два метода соединения. Пер-

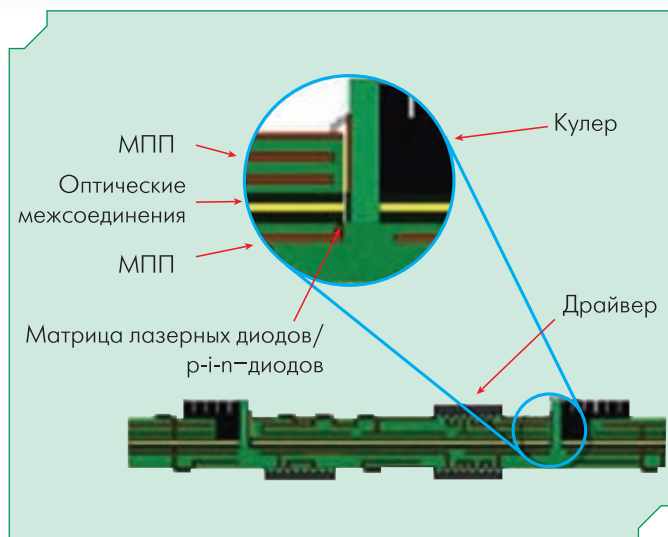


Рис.2 Оптоэлектронный узел, использующий непосредственное соединение встык

вый – межсоединение "свободного пространства" (без световода) с использованием микролинз и специальных соединителей, а второй – непосредственное соединение встык. Последний метод имеет преимущество благодаря отсутствию дополнительных оптических микроэлементов, таких как линзы и зеркала. При нем матрицы лазерных диодов/p-i-n-диодов необходимо размещать непосредственно перед торцом световода. Однако из-за проблем отвода тепла и совмещения при этом методе невозможно собрать модули с помощью технологии поверхностного монтажа (рис.2).

- **Канализируемая волна, отклонение луча на 90 град.** Отклонение света (Z-направление) может быть выполнено с помощью дифракционной решетки или зеркал. Ряд публикаций описывают изготовление зеркала путем создания скошенной на 45 град. грани на торце световода с помощью скрайбирующего резца, химического травления или лазера. Скошенная грань может быть металлизирована для улучшения отражающих свойств зеркала. Зеркала обладают таким достоинством, как независимость от длины волны, однако шероховатость поверхности зеркала может вызывать большие потери. Выравнивание зеркала со световодом и активными приборами вызывает существенные проблемы (рис.3).

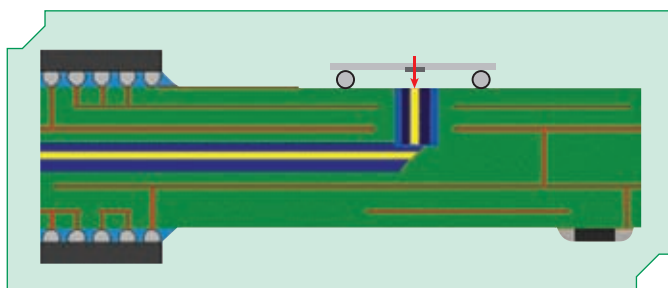


Рис.3 Оптоэлектронная плата с отклонением луча на 90 град.

Появившиеся оптоэлектронные технологии

Технология	Возможное применение	Современные проблемы
Фотонные кристаллы, фотонные материалы с запрещенной зоной	Световоды, вращение светового луча, улучшение форм-фактора прибора	Серийное производство, ограничение света по оси Z, сопряжение
Оптическое волокно с запрещенной зоной	Световоды с большой цифровой апертурой, передача большой мощности, нелинейные свойства	Серийное производство, поглощение воды
MEMS-приборы	Переключение частоты и реконфигурация в полностью оптической сети	Относительная медлительность (мс)
Голография	Быстрое (нс) оптическое переключение	Несколько неопределенностей, например, потери при сочленении, перекрестные помехи

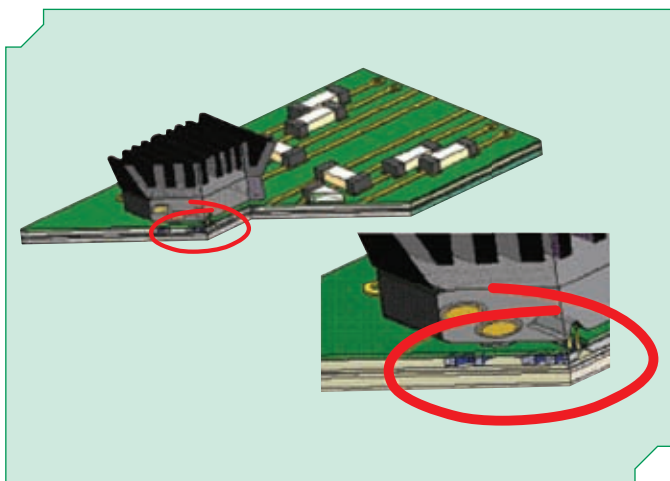


Рис.4 Использование стеклянных слоев в оптоэлектронной плате

• **Материалы и технологические процессы.** Необходимо учитывать стоимость материалов и соответствующих технологических процессов при разработке материалов, удовлетворяющих спецификациям оптоэлектронных плат. Для внедренных оптических межсоединений может использоваться ряд неорганических материалов, в том числе Si/SiO<sub>2</sub>, кварцевые и стеклянные слои. Из них только стеклянные слои уже применены в технологии внедренных световодов для ПП (рис.4). Диоксид кремния и кварц используются в приборах и обрабатываются непосредственно на кремниевой пластине. Световоды формируются с помощью сочетания литографии, травления или ионной имплантации. Выбор материала, неорганического или органического, должен сочетаться с технологическим оборудованием и окружающей средой. Материал будет

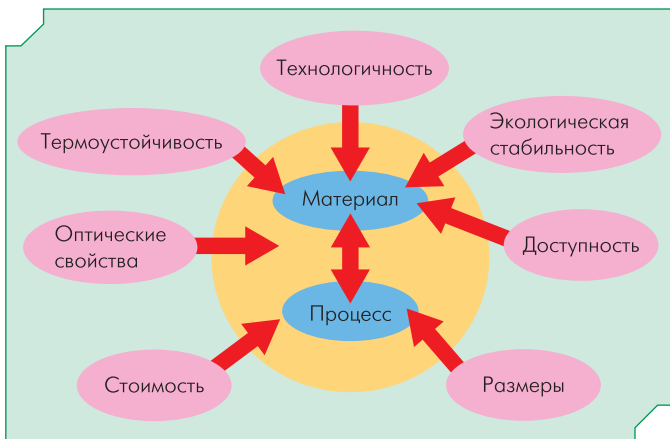


Рис.5 Оптимизация материала световода и технологии ПП

подвергаться воздействию различных химических веществ и температур, находиться большую часть времени вне условий чистой комнаты. Любой материал, используемый для создания световода как межсоединения ПП, надо всесторонне тестировать на надежность, проводя в том числе анализ отказов (рис.5). Методы, используемые для полимерных световодов, включают горячее тиснение, фотолитографию и лазерное формирование. В частности, для плат средних габаритов наиболее подходящей технологией, по-видимому, будет горячее тиснение. Недавно была продемонстрирована функционирующая оптоэлектронная плата с планарными полимерными световодами, выполненными горячим тиснением. Однако для световодов до 1 м длиной, необходимых в объединительных платах, вероятно, лучше всего подходят методы литографии и лазерного формирования.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ПП

Изготовителям ПП придется существенно изменить технологическую среду для интеграции оптоэлектронных компонентов в ПП и сборки печатных узлов. Обработка световодов требует чрезвычайно чистой технологической среды, а сборка оптических компонентов – прецизионных методов укладки. Потребуется стабилизация температуры, влажности и чистоты.

Несколько появившихся недавно технологий способны повлиять на будущее оптических межсоединений и оптоэлектронных компонентов. Это фотонные кристаллы или материалы с оптической запрещенной зоной, сложные дифракционные решетки и новые системы материалов. Этот перечень непрерывно растет, так как все больше НИОКР направлено на оптоэлектронные межсоединения. Предсказать, какая технология получит в будущем распространение, пока невозможно. В таблице суммированы некоторые из разрабатываемых перспективных технологий, которые могут разрушить наше сегодняшнее представление и решить упомянутые проблемы.

Для превращения технологии оптоэлектронных межсоединений в основную необходимо следующее:

- разработка межсоединений со встроенными световодами для быстродействующих оптических объединительных плат и соединений чипа с чипом;
- усовершенствование матрицы лазерных диодов для передачи длин волн 1310 и 1550 нм.

