

А. КУРКОВ, канд. физ.-мат. наук, г. Москва

ПРИОРИТЕТЫ В РАЗВИТИИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

(По материалам 23-й Европейской конференции по оптической связи)

В настоящее время наиболее перспективным видом сглаживающего фильтра представляется фотоиндуцированная длиннопериодная решетка показателя преломления. Такие решетки могут устанавливаться не только в каждом усилителе, но и после нескольких устройств для выравнивания амплитудной неоднородности сигналов, накопившейся в результате каскадного усиления.

Другая проблема использования эрбиевого волоконного усилителя в системах со спектральным уплотнением каналов состоит в том, что как коэффициент усиления, так и его спектр зависят от суммарной мощности усиливаемых сигналов. Это означает, что характеристики усиления могут меняться при выключении части спектральных каналов либо при их выводе из общего тракта на промежуточных терминалах. Для устранения этого недостатка предложено использование так называемых "запертых" усилителей. Такие усилители дополнительно снабжаются двумя Брэгговскими решетками, формирующими резонатор лазера с длиной волны, не попадающей в диапазон, где передается информация. В то же время эта длина волны находится в контуре усиления эрбиевого волоконного усилителя, например 1,51 мкм. Интенсивность генерации в этом волоконном лазере зависит от суммарной интенсивности сигналов на других длинах волн, так что при ее уменьшении интенсивность генерации возрастает, используя образовавшийся избыток мощности оптической накачки, и не позволяет возрасти коэффициенту усиления для сигналов, несущих полезную информацию.

Понятно, что количество спектральных каналов в волоконно-оптической линии связи зависит не только от общей спектральной ширины, но и от частотного расстояния между кана-

лами. Рассмотрим другие элементы линии, определяющие эту характеристику, в частности источники сигналов.

В качестве источника сигнала в настоящее время используются полупроводниковые лазеры на квантово-размерных структурах. Для систем со спектральным уплотнением каналов их наиболее критичными параметрами являются стабильность длины волны излучения и ширина линии. В последние годы для улучшения этих параметров применяется внешний резонатор, представляющий собой Брэгговскую решетку с коэффициентом отражения до 10% , записанную на волоконном выводе полупроводникового лазера. Длина волны отражения решетки попадает в спектр люминесценции лазера. В такой конфигурации длина волны излучения лазера определяется длиной волны отражения решетки, обеспечивая ее лучшую стабильность, а ширина линии излучения составляет менее 1 МГц.

В будущем альтернативой полупроводниковым источникам могут стать волоконные лазеры. Это устройство представляет собой отрезок волоконного световода, легированного ионами эрбия, на котором записываются две Брэгговских решетки, формирующих резонатор, либо одна длинная решетка с фазовым сдвигом посередине. В последнем случае эта решетка является одновременно и активной средой и волоконным зеркалом. Поскольку для обеих конфигураций длина активной среды может быть выбрана достаточно малой, достижимым является режим генерации на одной продольной моде. В этом случае ширина линии излучения составляет около 20 кГц.

Волоконный световод. Еще несколько лет тому назад представлялось, что разработка волоконных световодов для линий связи с рабочей длиной волны 1,55 мкм не является научной проблемой, и было развернуто широкомасштабное производст-

во волоконных световодов со смешанной на 1,55 мкм длиной волны нулевой дисперсии и оптическими потерями около 0,2 дБ/км. Однако по мере увеличения числа каналов передачи информации растет суммарная оптическая мощность излучения, распространяющегося по световоду. Это может привести к возникновению нелинейных эффектов, в частности, четырехволнового смещения, вызывающего, в свою очередь, перекрестные помехи. Уменьшить вероятность появления нелинейных эффектов можно, увеличивая размер сердцевины волоконного световода и уменьшая тем самым плотность мощности. При этом необходимым является сохранение дисперсионных характеристик. Сочетание этих двух требований приводит к усложнению формы профиля показателя преломления световода, который в данном случае имеет ряд слоев различной толщины и величины показателя преломления. Создание воспроизводимой технологии производства таких световодов представляет собой непростую задачу, и эту проблему нельзя считать вполне решенной.

Оптические демультиплексоры. Последним специфическим элементом волоконно-оптического тракта со спектральным уплотнением каналов является демультиплексор, или оптический фильтр, пропускающий на приемник один спектральный канал. Главные требования к демультиплексору заключаются в достаточно узкой полосе пропускания и возможности спектральной перестройки фильтра. В основе разрабатываемых в настоящее время устройств лежит интерферометр Фабри-Перо. В таком устройстве узкие пики пропускания формируются при многократном отражении пучка света, распространяющегося между двух зеркал. Реализованные в виде интегрального устройства оптические демультиплексоры имеют спектральное разрешение менее 1 нм и диапазон перестройки более 100 нм.

"Старые" линии. Что делать?

Одна из проблем современной волоконно-оптической связи состоит в необходимости реконструкции проложенных ранее линий с рабочей длиной волны 1,3 мкм. По сравнению с диапазоном 1,55 мкм эта длина волны обладает следующими недостатками: повышенные оптические потери (около 0,4 дБ/км) и отсутствие оптических усилителей, оперирующих в достаточно широком спектральном диапазоне. Последнее обстоятельство является принципиальным при решении проблемы создания систем связи с частотным уплотнением каналов с рабочей длиной волны 1,3 мкм. Для решения этой проблемы существуют два основных подхода. Первый из них заключается в поиске подходящего усилителя для сигналов на 1,3 мкм. При этом активно исследуется возможность создания усилителя с использованием волоконных световодов, легированных ионами празеодима. Основная трудность использования таких усилителей состоит в том, что в сетке кварцевого стекла люминесценция ионов празеодима испытывает значительное тушение и приходится использовать волоконные световоды на основе таких стекол, как флюоридное, халькогенидное и другие. В свою очередь, это приводит к проблеме стыковки такого волоконного световода с телекоммуникационной линией. Кроме того, эффективность празеодимовых усилителей остается небольшой. Как альтернатива в последние годы активно исследуется возможность использования Рамановского волоконного усилителя на 1,3 мкм. Достигнутое в таких устройствах усиление превышает 30 дБ.

Другой подход в модернизации "старых" линий состоит в переходе на рабочую длину волны 1,55 мкм, что снимает задачу создания оптического усилителя. Однако при этом возникает проблема большой (15...20 пс/нм·км) хроматической дисперсии на

Окончание.

Начало см. в "Радио", 1998, №5