

УДК 681.7.068:621.375

Казиева Галия Сейткамзаевна – к.т.н., доцент (Алматы, АИЭС)

Калиева Самал Ахметжановна – старший преподаватель (Алматы, АИЭС)

ИССЛЕДОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ЭТАПОВ РЕАЛИЗАЦИИ УСИЛИТЕЛЕЙ ТИПА EDFA

В настоящее время известны оптические усилители, использующие в качестве активного материала редкоземельные элементы (РЗЭ или лантаниды – элементы с 57 по 71 в Периодической таблицы Менделеева, которые нашли большое применение в области связи). Активное исследование этого типа усилителей началось только с конца 80-х (1987) и активизировалось с появлением высококачественного ОВ и систем DWDM.

Целью нашей работы являются исследования некоторых этапов реализаций усилителей типа EDFA (Erbium-Doped Fiber Amplifier).

С целью усиления активной среды в оптоволокно добавляются примеси (частном случае РЗЭ.) Их ионы создают активную среду для усиления в определенных полосах длин волн, соответствующих полосам поглощения легирующего материала.

Для легирования с целью последующего усиления до недавнего времени использовали, как правило, только три РЗЭ:

- неодим (Nd) и празеодим (Pr) - для усиления сигналов в окне 1300 нм;
- эрбий (Er) - для усиления сигналов в окне 1550 нм.

В последнее время к ним добавился иттербий (Yb), применяемый совместно с Er для расширения спектра поглощения в области 700-1100 нм, что позволяет использовать новые более мощные источники накачки. Спектры поглощения этих металлов позволяют определить длины волн возможных источников накачки. Ими могут быть известные типы лазеров, генерирующих длины волн 797 нм и 1053 нм.

Две разновидности усилителей EDFA с примесным волокном преобладают в коммерческих реализациях в данный момент:

- на кремниевой основе;
- на фтор-цирконатной основе.

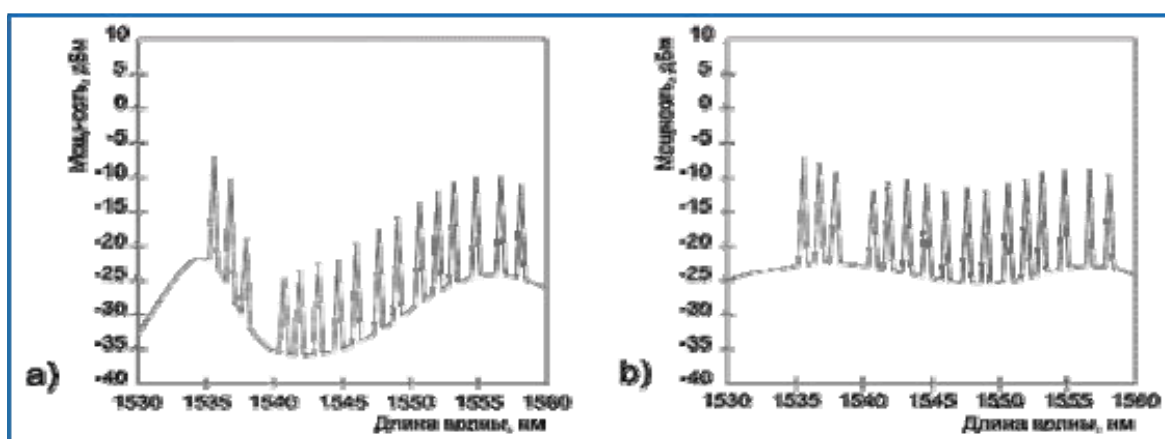
При очень схожем внутреннем строении эти усилители отличаются только заготовочным волокном. Усилители EDFA на кремниевой основе первыми появились на рынке и определили развитие благодаря возможности усиления DWDM сигнала в широком спектральном интервале при небольших вносимых шумах на разных длинах волн. Сегодня оба типа усилителей (кремниевые и фтор-цирконатные) способны работать во всем диапазоне выхода оптического излучения эрбия от 1530 нм до 1560 нм.

Усилители на кремниевой основе. Усиление DWDM сигнала в традиционных усилителях на кремниевом волокне связано с одной технологической проблемой - нерегулярностью коэффициента усиления как функции длины волны. На рисунке 1.а, показана кривая выходной мощности при усилении канального мультимплексного сигнала со скоростью на канал STM-16 (2,5 Гбит/с). Как видно, на некоторых каналах сохраняется довольно высокое отношение сигнал/шум (SNR), в то время как на других, особенно в районе 1540 нм, значение SNR низкое. В результате может оказаться, что DWDM сигнал, проходящий через усилитель на одних каналах (например, выше 1545 нм) будет иметь приемлемое SNR, а на других (район 1540 нм) не удовлетворительное для используемого приложения соотношение SNR.

В результате того, что признание технологии усилителей EDFA на кремниевой основе произошло раньше, на сегодняшний день большее распространение имеют именно

эти разновидности EDFA. Некоторые потребители операторы связи) решают проблему завала кривой простым исключением области низкого усиления от 1530 до 1542 нм, довольствуясь более узким окном. Но это может повлечь в некоторых случаях к очень высокой плотности каналов, что нежелательно, так как с ростом плотности сильнее начинают проявляться нелинейные эффекты, как, например, четырехволновое смешивание. Четырехволновое мультиплексирование в окне 1550 нм, появившееся всего несколько лет назад, сегодня сменяется мультиплексными системами с числом волновых каналов более 40. Плата за увеличение числа каналов выражается в уменьшении удельной мощности (мощности на канал) в выходном сигнале, которая ослабевает примерно на 3 дБ при удвоении числа каналов.

Кроме этого, принимая во внимание настоящее состояние дел по технологии фильтрации, стоимость выделения отдельных каналов из более плотного DWDM сигнала будет выше.



а - усилители на кремниевой основе; б - усилители на фтор-цирконатной основе

Рисунок 1- Кривые выходной мощности

Другой способ решения проблемы завала состоит в намеренном предварительном селективном ослаблении входного сигнала с целью получения более ровной картины амплитуд выходных сигналов и более согласованных значений SNR на разных каналах. При выполнении селективного ослабления приходится принимать во внимание то, что энергия на других каналах также перераспределяется. В результате чего оптимизация системы становится сложной итерационной процедурой. Дополнительные сложности возникают, когда битовые скорости добавляемых или удаляемых каналов различны. Например, соотношение SNR для передачи STM-64 (10 Гбит/с) должно быть на 6 дБ больше, чем для передачи STM-16 (2,5 Гбит/с). В последнем случае, дополнительная мощность должна быть добавлена в канал STM-64.

Производители оборудования, понимая эту проблему, начинают внедрять различные самооптимизирующиеся алгоритмы в элементы полностью оптической сети. Обеспечение возможности динамического оптического балансирования по энергии между каналами важно не только для работы с EDFA на кремниевой основе, но и само по себе, поскольку позволяет значительно повысить надежность сети.

Усилители на фтор-цирконатной основе. Эти усилители обладают более регулярным плато. Дело в том, что фторсодержащее волокно способно поглотить больше эрбия, что и приводит к улучшению профиля в области 1530-1542 нм, которая теперь открывается для усиления DWDM сигнала. Рисунок 1 показывает, насколько эффективно

усиливается DWDM сигнал. Мультиплексированные каналы практически по всей полосе пропускания имеют близкие значения SNR. Это значительно упрощает процедуру оптического балансирования при воспроизведении сигналов, когда каналы добавляются или удаляются.

Длина волны накачки 980 нм, характерная для кремниевого EDFA, неэффективна для работы фторидного усилителя EDFA, поскольку на этой длине волны велико сечение поглощения, сопровождающееся возбуждением других состояний. Указанный недостаток проявляется при строительстве сверхпротяженных безрегенерационных сегментов с каскадом оптических усилителей, ограничивая расстояния между усилителями. Есть пути преодоления этой проблемы, и производители собираются поставлять следующее поколение фтор-цирконатных усилителей EDFA, имеющих ровный профиль, низкий уровень шумов и более высокую надежность.

Выводы:

Исследование некоторых разновидностей усилителей показали возможности работы их с разными примесями. Необходимо отметить, что оптические усилители на кремниевой основе не имеют столь ровной передаточной кривой коэффициента усиления, как усилители на фтор-цирконатной основе, но на сегодняшний день именно эти усилители получили большое распространение, т.к. у фтор-цирконатного усилителя EDFA уровень шума выше, что является следствием большой рабочей длины волны лазера накачки 1480 нм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Michel J.F. Digonnet, Rare-Earth-Doped Fiber Lasers and Amplifiers, Second Edition, Revised and Expanded, CRC Press, 2001, 798 p.
2. Раджабов Т.Д., Расулов Д.Ф., “Использование редкоземельных элементов в оптических усилителях”, Узб.физический журнал ,v.7, № 2, стр.101-107, 2005
3. Pedersen, Bjarne B.; Miniscalco, William J.; Zemon, Stanley A.; Quimby, Richard S., Analysis of Pr³⁺- and Nd³⁺-doped fiber amplifiers at 1300 nm, Proc. SPIE Vol. 1789, pp. 191-200, 03/1993
4. P. Mysiinski, D. Nguyen, J. Chrostowski. "Effect of Concentration and Clusters in Erbium-Doped Fibre Amplifiers", paper WP3, Conference on Optical Fiber Communications, OFC'95, San Diego, CA, Feb-Mar.,1995

УДК 625.1.002 (075)

Ибраев Жексенбы Саукенович – к.т.н., доцент (Алматы, КазАТК)

Токмурзина Наталья Анатольевна - к.т.н., доцент (Алматы, КазАТК)

Амантаев Жандос Есетович - магистрант (Алматы, КазАТК)

АНАЛИЗ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ

При исследовании потребления электроэнергии на тягу поездов и поиске резервов ее снижения необходимо знать, какие составляющие в качественном и количественном отношениях определяют затраты в различных условиях движения. Это позволит определить соотношения влияющих факторов и выбрать направления работ по повышению эффективности перевозочного процесса на эксплуатируемом участке железной дороги.

Представим полный расход электроэнергии на тягу поездов (ΔW_B) в виде суммы следующих составляющих: затрат на преодоление сил сопротивления движению в режиме