

Михаил Барзилович,
инженер технического отдела,
«Корпорация ЛАНС»

О ЧЁМ СЛЕДУЕТ ПОМНИТЬ, ПОКУПАЯ ОПТИЧЕСКИЙ ПЕРЕДАТЧИК (УСИЛИТЕЛЬ) ДЛЯ СЕТИ КТВ

Введение

Да, это правда, что волоконно-оптическое оборудование стало сегодня весьма доступно российскому кабельному оператору. Произошло это, главным образом, благодаря бурному потоку китайской техники, вот уже несколько лет направляемому на наш рынок заинтересованными в этом дилерами.

Замечательно, что цены идут вниз. Замечательно, что конкуренция нарастает. Казалось бы, потребитель должен только выигрывать. Но вот с этим есть небольшая заминка... Так, например, лишь за последние 3 месяца перед данной публикацией «Корпорация ЛАНС» насчитала 4 (!!) вышедших из строя китайских передатчика 1310 нм 10-16 мВт (в 3^х российских городах), которые ей уже пришлось заменить своим клиентам на другие.

Так что, уважаемые кабельщики, похоже, пора нам озаботиться прямо сейчас, насколько надёжным и бесперебойным будет весь этот наш широкополосный доступ и телевизионные сервисы вместе взятые; в противном случае, Японию, мирового лидера в строительстве абонентских сетей доступа (FTTH), догонять будем бесконечно долго. Ибо сама услуга ещё не есть абсолютная ценность. Представляется, что ценностью является доступная услуга плюс бесперебойность её подачи.

Вот с этим самым словом «бесперебойность» (читай, – надёжность) в головах, технические специалисты «Корпорации ЛАНС» попытались проанализировать, в чём же причины столь драматического ценового разрыва между китайской и европейской техникой в области оптических усилителей EDFA и передатчиков 1550 нм. Ведь именно эта гигантская ценовая разница отодвинула надёжный европейский продукт на второй план и сделала китайский доминирующим на нашем рынке.

Ниже приведены результаты лабораторного анализа типичного усилителя EDFA и передатчика 1550 нм с прямой модуляцией (оба - китайского производства; торговую марку называть не будем по известным соображениям). Они, эти результаты, оказались в целом весьма любопытными, а местами – просто шокирующими. Оба образца были приобретены у независимого кабельного оператора в Скандинавии и привлекли к себе внимание именно низкой ценой.

Надеемся этими первыми материалами открыть целую серию статей, которая сделает потенциального потребителя волоконной оптики более информированным и будет напрямую способствовать улучшению надёжности HFC-сетей в России.

Глава 1: Тестирование оптического усилителя EDFA (Китай)

Использованное оборудование: калиброванный лазерный источник 1554 нм; ILX High Power Optical Multimeter; усилитель EDFA (Китай) с приложенной спецификацией изготовителя.

1. Тестирование общих рабочих параметров

Результаты измерений отражены в Таблице 1.

Оптическая мощность				Коэффициент шума	Предельное значение	Примечание
На входе	Показания самого EDFA	На выходе	Показания самого EDFA			
/дБм		/дБм		/дБ		
6	6,3	23,36	23,5	6,05	$\leq 6,5$	
5		23,35	23,5	5,85	$\leq 6,5$	
4		23,32	23,5	5,98	$\leq 6,5$	
3	3,4	23,31	23,5	5,73	$\leq 6,5$	
2		23,29	23,5	5,71	$\leq 6,5$	
1		23,28	23,5	5,67	$\leq 6,5$	
0	0,3	23,26	23,5	5,45	$\leq 5,3$	неудовл
-1			23,5	5,48	$\leq 5,3$	неудовл
-2			23,5	5,41	$\leq 5,3$	неудовл
-3		23,19	23,5	5,32	$\leq 5,3$	
-4		23,18	23,5	-		
-5		23,15	23,5	-		
-6	-5,6	23,12	23,5	-		
-7		23,09	23,5	-		
-8		23,05	23,5	-		
-9	-9,5	23,02	23,5	-		
-10		22,98	23,5	-		
-11		22,93	23,5	-		EDFA циклирует между вкл и выкл
-12		22,88	23,5	-		
-13	выкл	-50,80	выкл	-		

Таблица 1. Результаты измерений выходной мощности и коэффициента шума оптического усилителя EDFA (Китай)

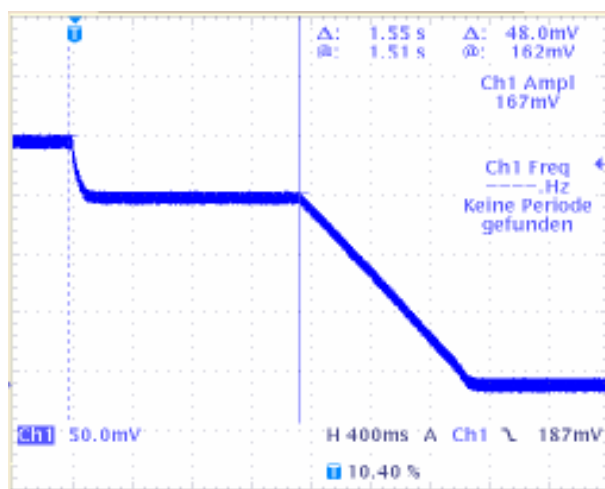
Следующие параметры оказались не соответствующими заявленным (см. Таблицу 1):

- **выходная мощность** (показания на собственном дисплее усилителя EDFA оставались всё время неизменными и равными 23,5 дБм в то время как реальная выходная мощность снижалась одновременно с изменением мощности сигнала на входе);
- **коэффициент шума** (был выше заявленного предельного уровня при мощности входного сигнала, находящейся в наиболее востребованной области 0 дБм).

2. Тестирование времени выключения

Этот весьма критичный для EDFA усилителей параметр оказался у испытуемого образца неприемлемо большим: 2.7 сек (!!!).

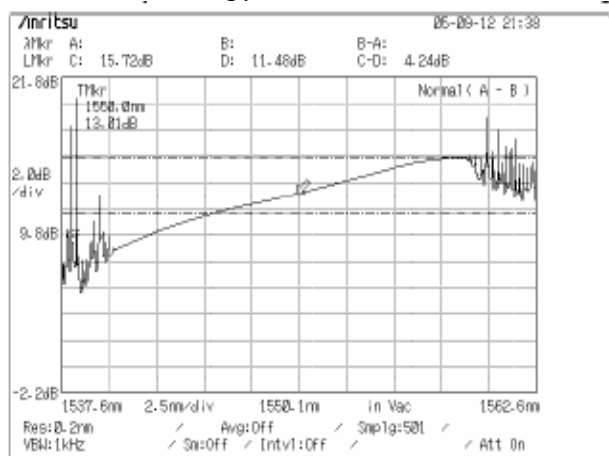
Важность этого параметра заключается в следующем. Если время выключения слишком велико, и если вдруг происходит пропадание входного сигнала, то эрбиевое волокно моментально насыщается («заряжается») фотонами, поступающими из лазеров накачки. Далее, как только входной сигнал восстанавливается, происходит «разряд» волокна в выходную линию с генерацией мощного светового импульса, способного повредить фотодиоды в соответствующих оптических приёмниках. Стоит упомянуть, что европейские EDFA-усилители имеют многократно меньшее время выключения, и, кроме того, обеспечены встроенной защитой, предотвращающей вышеупомянутый эффект.



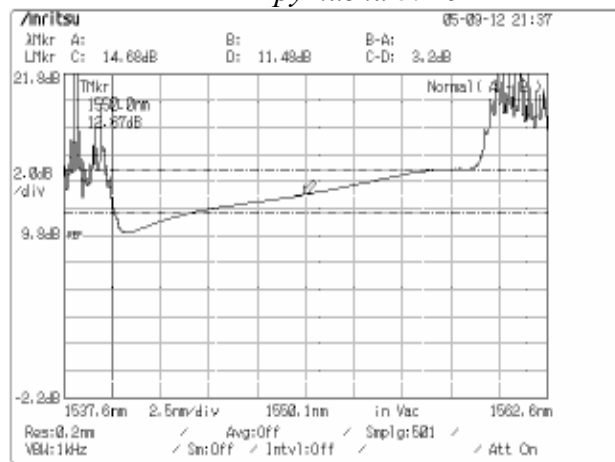
Диагр. 2 . Очень долгое время выключения:
2.7 сек (!!!)
(время детектирования исчезнувшего
входного сигнала: 1,55 сек)

3. Тестирование наклона характеристики

Вход 2 дБм
Крутизна 4.2 дБ



Вход -6 дБм
Крутизна 3.2 дБ



Диагр. 3 и 4. Крутизна характеристики (в принципе, оказалась нормальной для данного двухкаскадного EDFA)

Линейность характеристики этого китайского EDFA была не из лучших, но вполне приемлемой для передачи на одной длине волны. В случае же использования нескольких

длин волн (DWDM) данный усилитель с таким наклоном характеристики, увы, уже не подошёл бы.

4. Внутреннее устройство



Фото 4.1. Китайский усилитель EDFA со снятой верхней крышкой (общий вид)

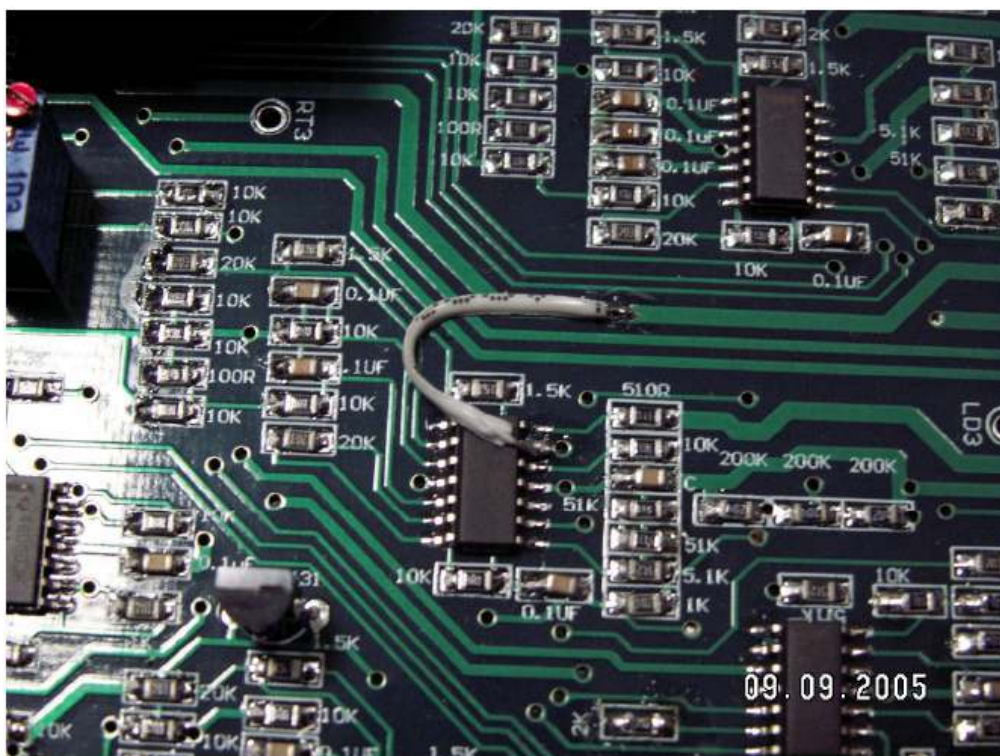


Фото 4.2. Качество сборки материнской платы: все компоненты припаяны вручную



Фото 4.3. Ленточный кабель имеет очень плохое качество пайки

5. Использованные оптические компоненты (лазеры накачки)

1. Усилительный блок в целом напоминает известную продукцию от Bookham, Inc. (USA). Возможная копия.
2. Использовано целых 3 лазера накачки; все – от разных производителей (Sumitomo, FITEЛ, SDL). Для ранее измеренной выходной мощности (23.3 дБм) такое построение указывает на примитивный уровень проектирования.
3. Лазер накачки SDL принадлежит к так называемой серии 2500 Series 980 nm. Год изготовления: 1998. Данная серия известна серьёзными проблемами с надёжностью и давно уже выведена большинством американских и европейских изготовителей EDFA из употребления.

Для справки: эти SDL лазеры производились до 1999 года и, как только технологическая проблема была выявлена, производство их было немедленно прекращено, и лазеры стали изымать (отзывать) с рынка. Но, к сожалению, большая партия этих приборов исчезла, так и не вернувшись к изготовителю (по всей видимости, это могло произойти в Китае). Вся серьёзность технологической проблемы заключалась в следующем: углеродная составляющая «выпаривалась» самим излучением лазера из эпоксидной смолы, окружающей кристалл, и выпадала в виде осадка в волокно (!!!), с одновременной резкой деградацией выходной мощности самого лазерного модуля.

4. «Возраст» накачивающих лазеров FITEЛ и Sumitomo установить не удалось. Что можно сказать определённо, так это то, что данные компоненты уже давно не производятся этими компаниями.
5. Два использованных фотодиода взяты почему-то от совершенно различных производителей.

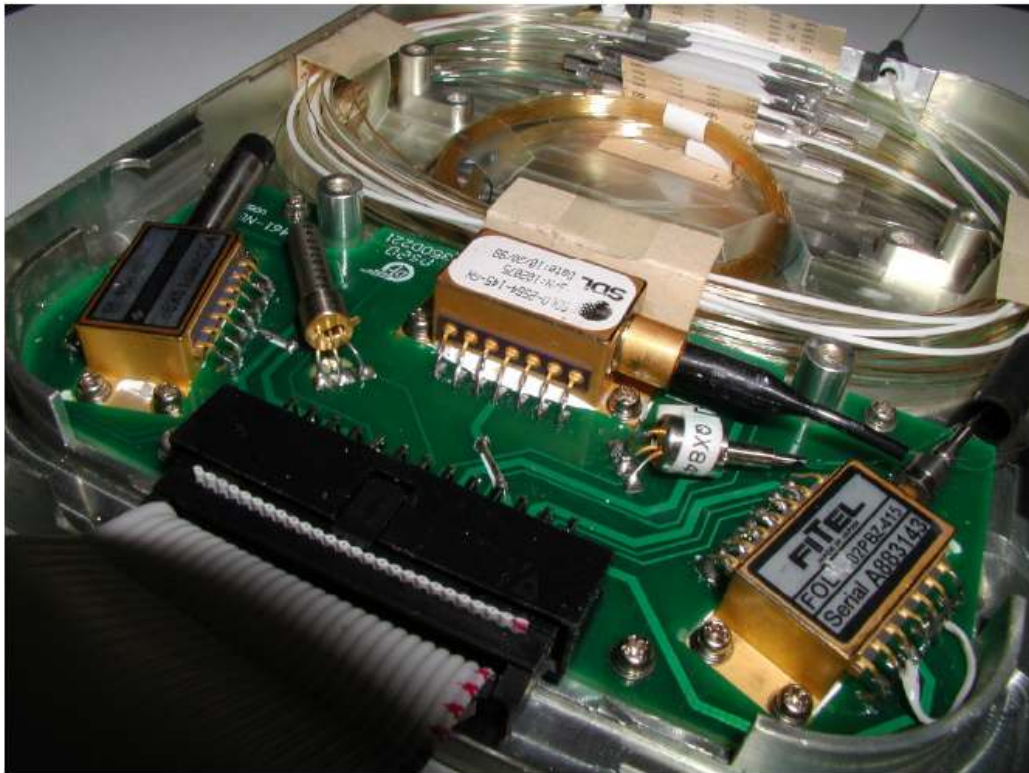


Фото 5.1. Вид сверху на усилительный блок.

*Видны разномастные лазеры накачки: FTEL, SDL, Sumitomo.
Очевидно, ставились те, которые удалось «добыть»...
Также на переднем плане два разнородных фотодиода.*

6. Выводы

- ✓ Внешний осмотр: весьма посредственное качество корпуса
- ✓ Качество сборки: очень низкое
- ✓ Все электронные компоненты припаяны вручную (см. отдельный подробный комментарий о ручной пайке в заключительной главе)
- ✓ Использованные оптические компоненты предположительно очень старые; один из лазеров накачки (SDL) вызывает очень серьёзные сомнения в его надёжности
- ✓ Общий уровень проектирования прибора низкий
- ✓ Реальная выходная мощность и токи лазеров накачки не коррелируют с показаниями на собственном дисплее изделия
- ✓ Низкая цена изделия достигается главным образом за счёт использования оптических компонентов неиндустриального качества (в т.ч. отбракованных иными производителями).

Глава 2: Тестирование оптического передатчика 1550 нм (Китай)

Испытывался передатчик (производство: Китай) для аналогового (!) КТВ на основе DFB-лазера с прямой модуляцией и рабочей длиной волны 1550 нм. Техническая спецификация изготовителя прилагалась к изделию.

1. Тестирование общих рабочих параметров

Общие условия тестирования:

Входной ВЧ-сигнал (на канал)	80 дБмкВ
ОМІ (глубина оптической модуляции) (на канал)	1.5 %
Длина линии	0 км, 10 км, 25 км
Выходная оптическая мощность	8.3 дБм (6.8 мВт)
Длина волны	1550 нм

Следующие параметры оказались в пределах заявленных величин:

- выходная оптическая мощность
- длина волны
- ширина полосы
- входной уровень
- равномерность АЧХ

А вот какие параметры оказались не соответствующими заявленным:

- выходной уровень и равномерность АЧХ на тестовом выходе (организован он был просто откровенно запрещённым способом!!!)
- CNR (несущая-к-шуму)
- CSO (несущая-ко-второй-гармонике)
- СТВ (несущая-к-третьей-гармонике)

Результаты измерений отражены в Таблице 2:

Длина линии	Параметр	Наилучшее измерение	Наихудшее измерение	Заявленное значение	Результат
0	CNR/дБ	47.9	47.6	51	неудовл
	CSO/дБ	-67.3	-46.6	60	неудовл
	СТВ/дБ	-63.4	-60.4	65	неудовл
10	CSO/дБ	-67.8	-42.8	60	неудовл
	СТВ/дБ	-63.8	-55.9	65	неудовл
25	CSO/дБ	-66.9	-38.7	60	неудовл
	СТВ/дБ	-63.5	-55.5	65	неудовл

Таблица 2. Результаты измерений CNR, CSO и СТВ оптического передатчика 1550 нм (Китай)

Ну, что сказать обо всём об этом? В принципе, вы всё видите сами.

Европейский изготовитель (примером такой компании может служить, скажем, VKtel Communications GmbH/ Германия – и это не реклама!) всегда в своих спецификациях гарантирует так называемый “minimum performance”, т.е. наихудшее значение параметра,

ниже которого он не опустится ни при каких обстоятельствах. Для иллюстрации: если в технических условиях у вышеупомянутого изготовителя заявлена, например, величина CSO выше, чем 65 дБ, – то это означает, что сие работает по всему спектру (!), т.е. производитель выбирает наихудший канал и помещает соответствующее измеренное значение в перечень технических характеристик (technical data sheet).

Если же вы возьмётесь внимательно изучить все эти technical data sheets китайских изготовителей, то практически всегда будете наткаться на одни и те же весьма достойные значения. Секрет такого «благополучия» прост. Китайские специалисты, не долго думая, попросту копируют спецификации (требования) соответствующих международных стандартов (напр., CENELEC, SCTE и т.п.) и помещают эти величины в свои data sheets. Если вы сейчас ещё раз взглянете на заявленные китайским изготовителем параметры (Таблица 2), то найдёте их действительно великолепными. Но вся беда в том, что таковыми они будут лишь на бумаге...

В качестве дополнительного комментария по испытанному китайскому передатчику можно было бы сказать вот ещё что.

С испытуемым передатчиком пришлось держать OMI на уровне 1.5%, т.к. невозможно было достичь приемлемой линейности при более глубокой модуляции. Этот параметр OMI напрямую влияет на CSO и СТВ. Чем выше OMI, тем хуже у передатчика дело с CSO/ СТВ (из-за нелинейных эффектов в лазере). К сожалению, с данным передатчиком было невозможно поднимать OMI выше, чем 1.5%, т.к. CSO и СТВ одновременно ухудшались до неприемлемо плохих значений.

2. Внутреннее устройство



Фото 2.1. Китайский передатчик 1550 нм со снятой верхней крышкой (общий вид)

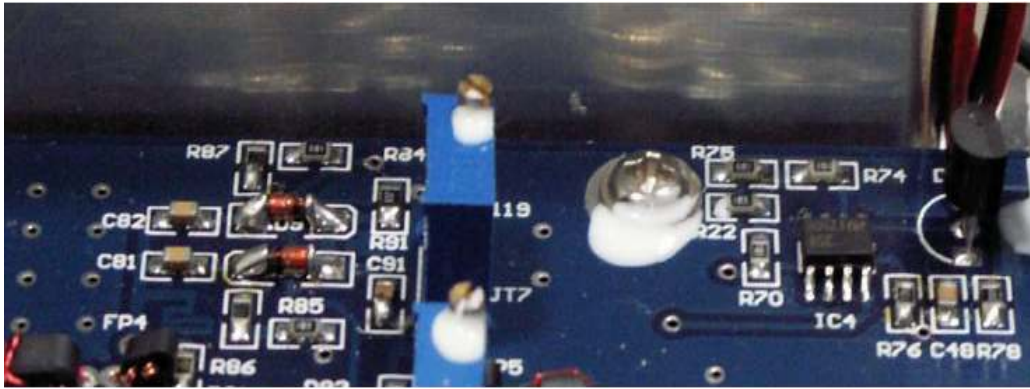


Фото 2.2. И вновь о качестве сборки материнской платы: все компоненты припаяны вручную



Фото 2.3. Интерфейсный разъём RS 232: установлен, но не подсоединён изнутри!! (см. Фото 2.4)



Фото 2.4. Вид на интерфейс RS 232 изнутри



Фото 2.5. Приборная электророзетка зафиксирована с помощью клея (!!!).

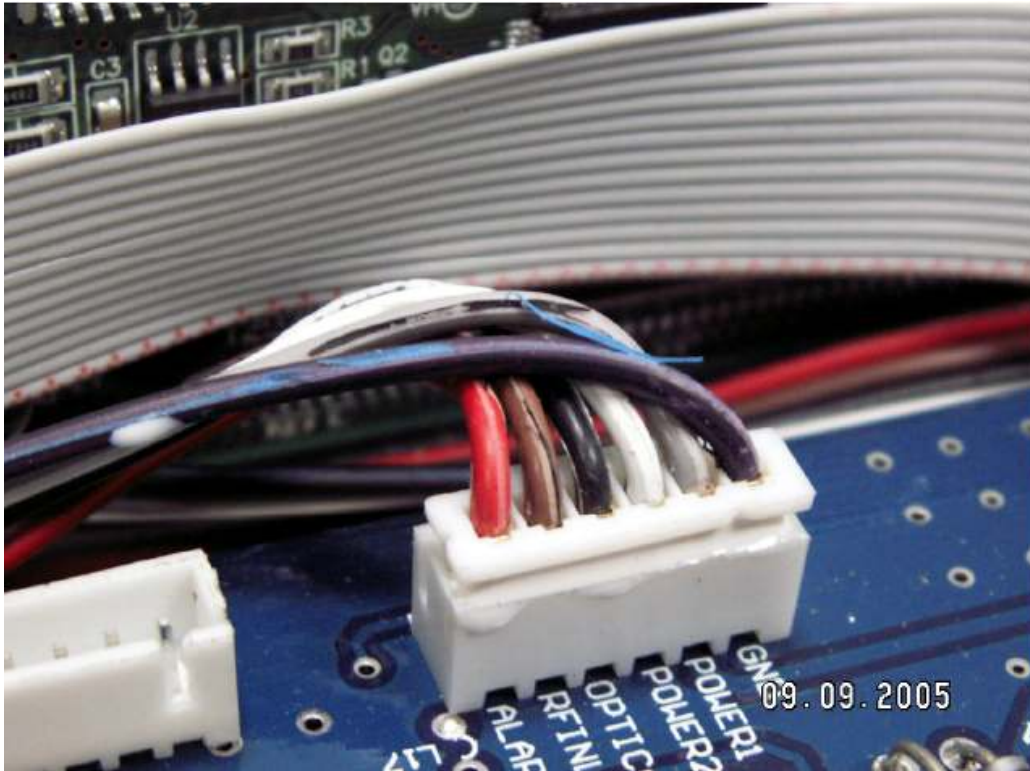


Фото 2.6. Кабель питания: качество, как говорится, «без комментариев»



Фото 2.7. Яркость свечения светодиодов не отрегулирована надлежащим образом

3. Оптическая часть: DFB-лазер

1. Согласно стикеру, изготовителем лазера заявлен AGERE SYSTEMS (USA); год производства 2002 (см. Фото 3.1 – Фото 3.3). Однако, вне всяких сомнений, что это лазер голландского происхождения, и изготовителем на самом деле является JDS Uniphase. Произведён лазер на самом деле в Эйндховене (Нидерланды); год производства 2000. Это подтверждает и уцелевший штрих-код с оригинальным серийным номером изготовителя и маркировкой «Made in the Netherlands», что отчётливо видно на боковой поверхности лазера (см. Фото 3.2). Налицо откровенная подмена (обман потребителя).
2. Настоящий тип (модель) данного лазера:
JDSU CQF915/18 (DWDM 2.5 mW 2.5 Gb/s digital laser).
Со всей очевидностью, данный цифровой лазер не предназначен для аналоговых

применений (!!!)

3. Лазер «раскачан» до выходной мощности 6.8 мВт, что в 2.5 раза превышает операционный предел, на который он был изначально спроектирован (!!!). Такая «раскачка» рабочей точки и объясняет странное поведение лазера, которое упоминалось выше; установленные режимы эксплуатации сильно отразились на линейности прибора...
4. Оригинальные электрические выводы лазера, увы, канули в прошлое... Нынче его распаяли прямо к керамическому корпусу !!! (см. Фото 3.2 – Фото 3.3). Предположительно, этот лазер уже был использован в некоей цифровой 2.5 Гбит/сек передающей системе (DWDM), и сейчас доживает свою вторую жизнь в китайском аналоговом передатчике...

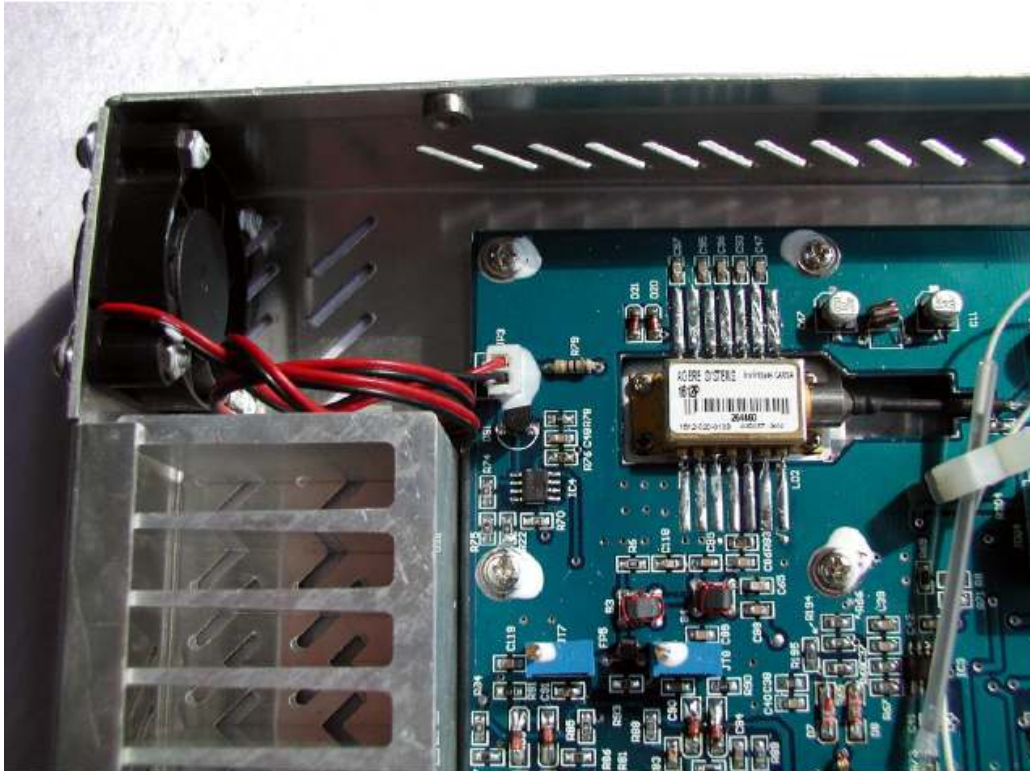


Фото 3.1. Вид сверху на лазерный модуль



Фото 3.2. Цифровой лазер JDS Uniphase 2.5 мВт доживает свою жизнь в китайском аналоговом оптическом передатчике под фальсифицированной маркой AGERE SYSTEMS. Работа идёт на запредельной выходной мощности 6.8 мВт (!!!).

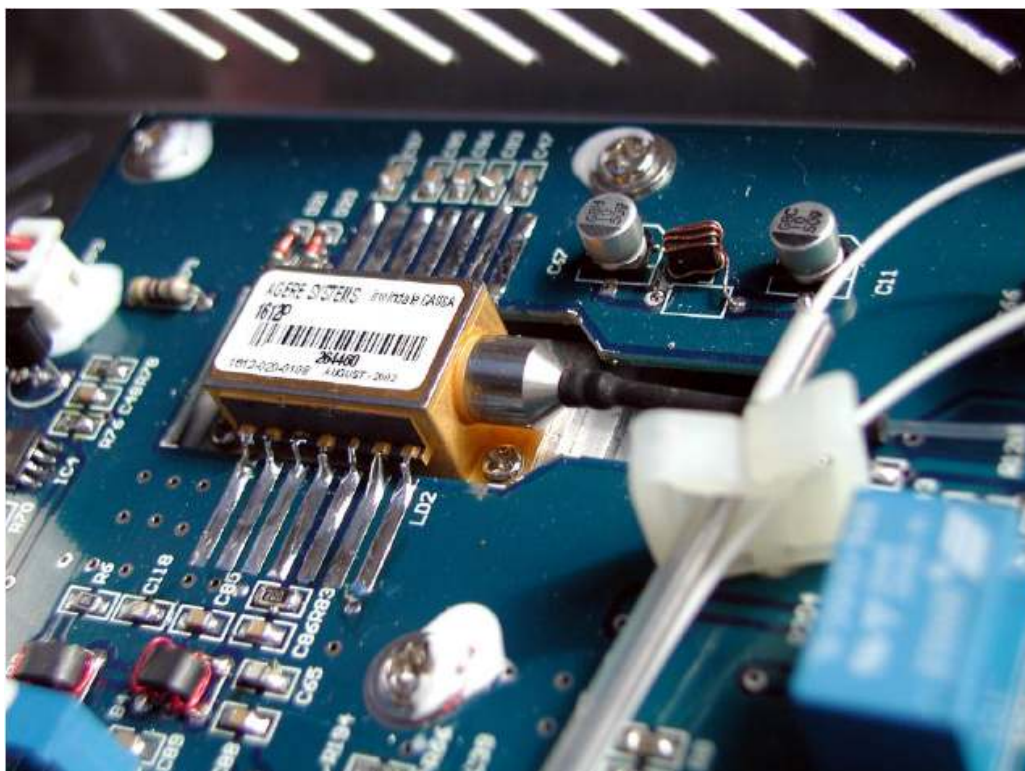


Фото 3.3. Вид сбоку на лазерный модуль: оригинальные электрические выводы более не существуют, и пайка произведена прямо к керамическому корпусу прибора

4. Выводы

- ✓ Внешний осмотр: опять весьма посредственное качество корпуса.
- ✓ Качество сборки: очень низкое
- ✓ Все электронные компоненты припаяны вручную (см. отдельный подробный комментарий о ручной пайке в следующей главе)
- ✓ Главная оптическая компонента (DFB-лазер) используется повторно и не предназначена для применения в аналоговых передатчиках
- ✓ Рабочий режим лазера намеренно выведен в запредельную (запрещённую) область
- ✓ Работа аналогового передатчика в целом не соответствует минимальным требованиям к подобным изделиям
- ✓ Низкая цена изделия достигается за счёт использования оптических компонент, уже бывших в употреблении, либо функционально не совместимых с заявленной областью применения

Глава 3: Принципиальные отличия китайского и европейского подходов к разработке и исполнению активных волоконно-оптических элементов

В этой главе мы попытались как-то систематизировать всё то, что мы знаем о вышеупомянутых подходах к производству таких ключевых продуктов для растущих HFC-сетей, как оптические передатчики и усилители EDFA. Сразу оговоримся, что здесь и далее критике будет подвергаться лишь китайский продукт, произведённый с явными технологическими нарушениями и отступлениями от промышленных стандартов, т.е. так называемый «дешёвый, низкокачественный Китай». Потребителям следует знать, что редкие образцы «добротного, дорогого Китая» в ценовом смысле отстают от европейской техники всего лишь на 25-30% (!!!), а не на порядок, как это сложилось в нынешней ситуации на российском и иных рынках CATV/HFC.

Сколько раз приходилось слышать от недоумевающих европейцев о том, что зачастую они даже базовые оптические компоненты (лазеры) не могут закупить по тем ценам, по которым китайцы продают уже полностью собранные готовые изделия (!!!). Теперь же, после только что приведённых фактов детального анализа, многие вещи встают на свои места.

Часть 1: Сравнение технологических подходов и методов

Вначале дадим обещанный комментарий «**О недостатках ручной пайки современных чиповых радиоэлементов SMD (=Surface Mounted Device), предназначенных для машинного поверхностного монтажа**»:

- а) При ручном монтаже резко возрастает вероятность ошибок (растёт процент неустановленных или неправильно установленных радиоэлементов). Это можно заметить даже невооружённым взглядом, если внимательно сравнивать несколько экземпляров одного и того же изделия. Сказанное касается как SMD-, так и дискретных элементов.
- б) Механическое повреждение SMD-элементов при ручной пайке практически неизбежно, т.к. эти детали были разработаны специально для машины-автомата.
- в) При ручной пайке количество используемого припоя различно, в результате чего частотные характеристики имеют очень большой разброс, и видно, что при конечном тестировании оператор был вынужден навешивать дополнительные детали для юстировки. Повторяемость (воспроизводимость) параметров изделия при этом низкая.
- г) При ручной работе «холодные» пайки неизбежны.
- д) После ручной пайки SMD-детали становятся чувствительными к транспортировке, потому что не всегда лежат правильно и плотно (горизонтально) на плате, а припаяны как попало.
- е) При этом во время прикручивания платы к корпусу нередко происходят надрывы SMD-элементов.
- ж) При ручной пайке термическое повреждение SMD-элементов неизбежно. «Всплывает» это, как правило, позже, во время эксплуатации, при нагреве изделия в целом или при длительном воздействии влаги воздуха.

А вот какие технологические отличия мы смогли насчитать, рассматривая в общем смысле европейские и китайские подходы к производству волоконно-оптических передатчиков (усилителей). Здесь и далее европейский продукт обозначаем буквой «Е», китайский – «К».

1. Изготовление корпуса

- Е:** Прецизионный металлический корпус; воздушные каналы спроектированы таким образом, что засасываемая вентиляторами пыль не может попасть в рабочие отсеки, а идёт мимо них и выбрасывается наружу (так называемая «пылевая герметизация»). Здесь применяются сложные резервированные системы охлаждения с принудительным обдувом и обратными связями для стабилизации температуры внутри корпуса (всё это сказывается на цене конечного продукта, но резко увеличивает долговечность и надёжность работы лазеров, стабилизацию их рабочих режимов и стабильность/повторяемость выходных параметров).
- К:** Дешёвый металлический корпус. Охлаждение либо пассивное безвентиляторное (рабочие режимы лазеров не стабилизированы полностью), либо вентилятор попросту «вдувает» пыль в рабочую зону.

2. Оптические компоненты (лазеры)

- Е:** Используются только первоклассные лазеры последнего поколения, доступные от ведущих поставщиков оптоэлектроники из Японии и Европы. в оптических усилителях, например, применяются резервные лазеры накачки, готовые к включению, дабы скомпенсировать эффекты старения в основных лазерах, после того, как они отработают положенный ресурс.
- К:** Лазеры (в т.ч. лазеры накачки) работают на предельных режимах без какого-либо учёта эффектов старения. Резервные лазеры не применяются. Регулярно используются оптические компоненты, уже бывшие в употреблении, т.е. с остаточным ресурсом, либо выведенные другими производителями из производственной сферы.

3. Сборка основных плат (PCB)

- Е:** Машинная сборка/пайка, гарантирующая надёжность и повторяемость параметров от изделия к изделию.
- К:** Ручная сборка/пайка. Скрытые дефекты проявляются в пределах первого года эксплуатации.

4. Заявленные технические характеристики

- Е:** В перечень технических характеристик помещаются наихудшие измеренные значения, которые гарантируются на протяжении всего срока службы изделия. Европейские продукты всегда соответствуют Европейским Стандартам (обязательное требование закона Европейского Союза). Это также отражается на электробезопасности продукта и его электромагнитной совместимости (ЭМС).
- К:** Заявленные спецификации может выдержать так называемый «золотой образец». В дальнейшем массовое производство всегда даёт худшие параметры. Кроме того, параметры могут быть выдержаны в начале эксплуатации, но

с течением времени они резко падают из-за эффектов старения. Массовым явлением стало то, что заявляемые технические характеристики изделия написаны не по итогам его тестирования, а переписаны с соответствующих производственных стандартов (Cenelec, SCTE и т.п.)

5. Функциональная насыщенность

- Е:** Возможность плавной перестройки вверх так называемого порога SBS (порога «Вынужденного Бриллюэновского Рассеяния»), например, в диапазоне 13 дБм ... 19 дБм.
Длина волны, стандартизованная по ИТУ (International Telecommunication Union); возможность работы на 5-ти различных длинах волн.
Резервирование встроенного блока питания с автоматическим переключением на запасной и выдачей сигнала тревоги в систему мониторинга. Разнообразие (дублирование) питающих напряжений: 220 VAC, 48 VDC и т.п.
Широкие возможности многоуровневого контроля сети и управления сетью (вкл. поддержку веб-браузера), в масштабе от малых сетей до размеров страны в целом.
- К:** Данные технологические улучшения недоступны или доступны лишь частично.
Минимальная возможность самоконтроля на встроенном LCD-дисплее изделия. Резервирование (увеличение надёжности) возможно лишь путём покупки нескольких одинаковых единиц техники.

Часть 2: Различия в технической поддержке предлагаемого (проданного) продукта

1. Общая техническая поддержка

- Е:** 3^хГодичная гарантия на волоконно-оптические изделия. Быстрый ремонт и сервис. Поставки необходимых высококачественных з/частей. Непрерывная техническая поддержка и программный инструментарий для планирования сети в целом. Заинтересованность в постепенном развитии долговременных связей с рынком и с одним или несколькими партнёрами.
- К:** Труднореализуемая гарантия. Если вообще она предоставляется, то длительностью до одного года (в максимуме). Нет квалифицированной технической поддержки. Все усилия изготовителя направлены только на массовые поставки недорогого продукта как можно большему числу клиентов на данном рынке.

2. Модификация продукта (по запросу)

- Е:** Технический потенциал отделов R&D («разработка и запуск в серию») позволяет быстро реагировать на технологические запросы о внесении изменений в схемотехнику.
- К:** Здесь вы как правило берёте «то, что есть». Внесение модификаций затруднительно и потребует от Вас чрезвычайных затрат времени и сил на всевозможные корректировки.

3. Техническое обучение (тренинг)

- Е:** Регулярно предлагаемые технические семинары (тренинги) для обучения тех. персонала клиентов (как на лабораторной базе изготовителя, так и с выездом к заказчику). Технический контроль (надзор) при пуске сети. Все сервисы бесплатны для клиентов.
- К:** Нет информации о таких возможностях.

Заключение.

Принимая решение о строительстве волоконно-оптической сети, кабельный оператор логично рассчитывает на надёжность, значительно превышающую надёжность аналогичной коаксиальной системы, рассчитывает на «необслуживаемость» оптической инфраструктуры. Это означает, что вопросы о стабильной, бесперебойной работе покупаемого активного оптического оборудования следует ставить в самом начале. Неоспоримой истиной является также и то, что высокая надёжность сети резко снижает эксплуатационные расходы, т.е. несколько бóльшие капзатраты в самом начале строительства позволят затем ежемесячно экономить на текущих операционных издержках.

Хочется отметить, что в густонаселённом Китае только в наиболее бедных провинциях операторы используют «родную» передающую технику; большинство же крупных сетей предпочитают надёжный европейский продукт, т.к. он позволяет гарантированно и бесперебойно обслужить огромные массивы абонентов: от 10 000 и до нескольких сотен тысяч. Даже сам китайский потребитель уже не считает цену на такого рода продукт определяющим фактором, ибо согласно статистическим данным китайского рынка, возврат, например, передатчиков 1550 нм местного производства составляет около 50% (!!!) в пределах первого года эксплуатации (на самом деле, подавляющее большинство их родом из соседнего Тайваня, и лишь «перебрендывается» в материковом Китае).

Так что даже сам Китай уже давно начал «считать» деньги...