

Keysight Technologies

100G-LR4コンポーネントの
波長／偏波依存性

Application Note

OバンドWDM

ファイバーリンクの通信容量を拡大する波長分割多重化通信(WDM)は、CバンドとLバンドで広く用いられています。これらのバンドでは、エルビウム・ドープド光ファイバー・アンプ(EDFA)を使用することにより長距離伝送が可能になります。建物内のような短距離の場合は、一般的に、850 nmバンドの低価格のトランシーバーとマルチモードファイバーを使用し、並列ファイバーを追加して通信容量を拡大する方法がより経済的だと見なされてきました。しかし最近になって、マルチモードファイバーよりも長距離の伝送を実現できる経済的な高レートリンクの必要性が、特に、大規模なデータセンターや、無線ネットワークのファイバーフロントホール／バックホールの設備が高まっています。このため、1260～1360 nmのOバンド波長レンジでWDMを使用することが増えてきました。これは、標準のシングル・モード・ファイバー(SSMF)がシングルモードで動作するときの最短波長に対応し、波長分散レンジの下限に相当します。

当初、この波長レンジでWDMが使用されたときには、非常に間隔が広い2つの信号波長のみが使用されていました。具体的には、ファイバー・トゥ・ザ・ホーム(FTTH)サービス用のパッシブ・オプティカル・ネットワーク(PON)のアップリンクとダウンリンクにそれぞれ1310 nmと1550 nmを使用した例があります。この場合、波長選択コンポーネントとして、バンドスプリッターフィルターを使用できます。2つの波長の間には伝送が重なり合う広い波長領域が生じますが、その領域に信号が存在しなければ問題にはなりません。もう1つの方式として、増幅器なしのリンクで多数の波長チャンネルをサポートする低密度波長分割多重化通信(CWDM)が開発されました。これは、SSMFの使用可能レンジ全体に広い通過帯域でチャンネルを拡散して、トランスミッターの波長を狭い許容値内に固定／安定化する必要がないようにしています。CWDMでは、20 nm間隔のグリッドを用いて、1271 nmと1611 nmの間に中心チャンネルを割り当てています。すべてのリンクが波長レンジ全体を使用するわけではありません。

データ通信で100 Gb/sリンクに対するニーズが生じたため、IEEE 802.3のイーサネット作業グループは、シングル・モード・ファイバーで4つの波長チャンネルを使用して、最大10 km(100GBASE-LR4)の伝送距離と、より許容値の狭い30 km(100GBASE-ER4)の伝送距離を実現する実装を規定しました。波長は、通信用の高密度WDM(DWDM)グリッドと同様の周波数に基いたグリッドに割り当てられますが、周波数間隔は800 GHz(約4.5 nm)と広がっています。これは、DWDMで通常用いられる50 GHzまたは100 GHzのグリッドよりも広い許容値ですが、CWDMよりは狭く、LAN-WDMとも呼ばれます。波長の間隔を狭くすると、波長分散から生じる波長チャンネル間のスキューが小さくなります。この間隔では、将来的に4個より多くの波長を使用することも考えられます。チャンネル(レーン)の中心は、231.4 THz(1295.56 nm)、230.6 THz(1300.05 nm)、229.8 THz(1304.58 nm)、229.0 THz(1309.14 nm)です。

パッシブコンポーネントのスペクトラム測定

WDMリンクに使用されるコンポーネントのスペクトラム応答は、物理レベルのリンク性能を決定する重要な要素です。パッシブコンポーネントの挿入損失(IL)は、信号のパワーバジェットに影響を与えます。マルチプレクサーと、特にデマルチプレクサーに使用されるフィルターの波長選択度は、信号安定度とクロストーク回避のために重要です。この特性は、IL対波長のトレースで、通過帯域内のリップル(フラットネス)や、通過帯域外の波長アイソレーションなどのパラメータによって評価されます。リターンロス(RL)パラメータで表される反射もリンク性能の劣化の原因となるので、制御する必要があります。また、偏波状態がファイバーリンク内でランダムに変化する可能性があるため、光信号の偏波に対する応答パラメータの依存性を小さくして、パワーが変動しないようにする必要があります。そのために、パッシブWDMコンポーネントをテスト／検証する際には、使用される波長レンジ全体でIL、PDL、RLを測定します。例えば、LR4マルチプレクサーのコモン側に波長可変レーザー光源を使用して、4つのレーンポートすべてを、同期したパワーメータで同時に測定します。このような測定のプロック図を図1に示します。この測定はN7700A-100アプリケーション・ソフトウェア・パッケージを使用して構成しています。測定システムの詳細はこの後で説明します。

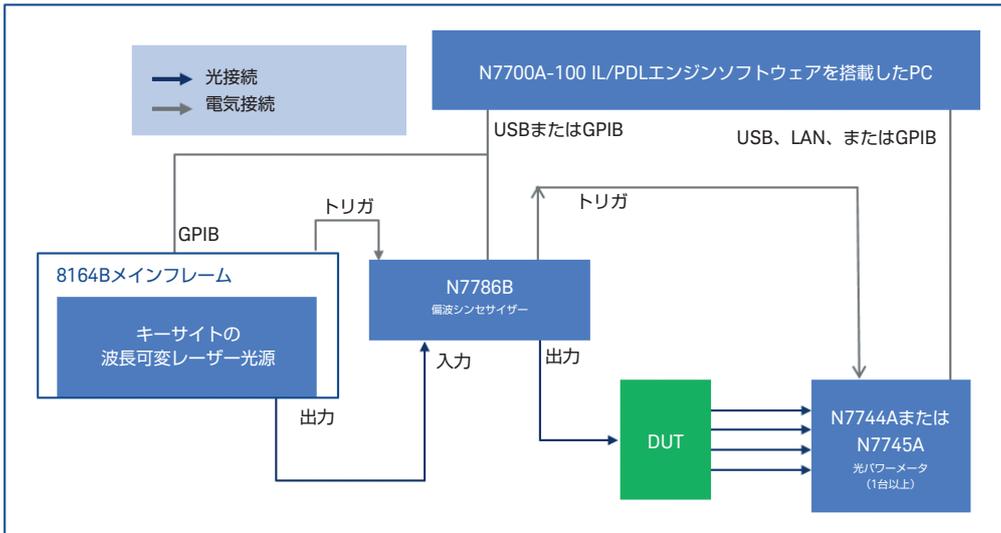


図1. 波長掃引IL/PDL測定のプロック図

図2に示すように、測定結果には、各出力ポートの挿入損失スペクトラムを、すべての偏波状態に対して平均した結果が示されています。これは、無偏波の入力信号のILに相当します。偏波依存損失のスペクトラムも求められます。これは、各ポートでの2つのILスペクトラム(入力偏波状態による最大ILスペクトラムと最小ILスペクトラム)として表示することもできます。ウエハーチップなどの平面デバイスの場合、これは通常、チップ表面に平行または垂直な偏波(TEまたはTM)に対応します。

N7700Aソフトウェアでは、波長オフセット、帯域幅、アイソレーション、リップル、最大チャンネル内IL/PDLなどの通過帯域の重要な解析パラメータも計算できます。

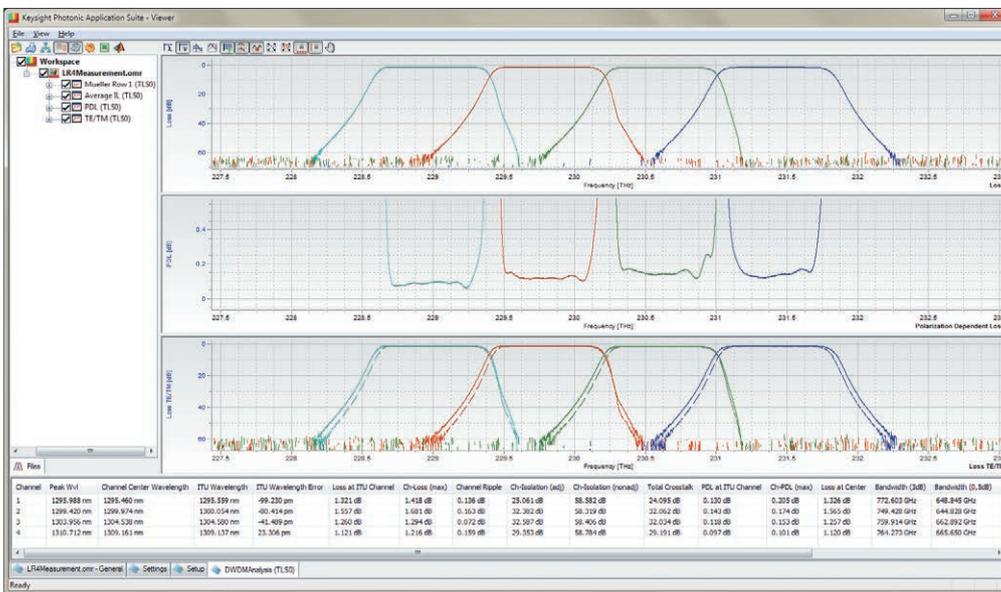


図2. 4ポートマルチプレクサーの測定結果(データ解析を含む)

検出器を内蔵したコンポーネントのスペクトラム測定

パッシブコンポーネントと同様の測定がアクティブコンポーネントに対しても重要性を増しています。レシーバーに使用されている光検出器に対しても、波長と偏波への依存性に関する特性評価が必要ですが、応答は一般的にそれほど大きく変動しません。ただし、検出器がフィルターなどのパッシブコンポーネントに内蔵されている場合は、このアセンブリーも個別コンポーネントと同様に特性評価する必要があります。重要な例として、LR4レシーバー光サブアセンブリ(ROSA)があります。これには、デマルチプレクサー光学部品、各信号レーンの検出用のフォトダイオード、検出された光電流で伝送されるRF信号の相互インピーダンス増幅用の電子回路などが含まれています。このブロック図を図3に示します。

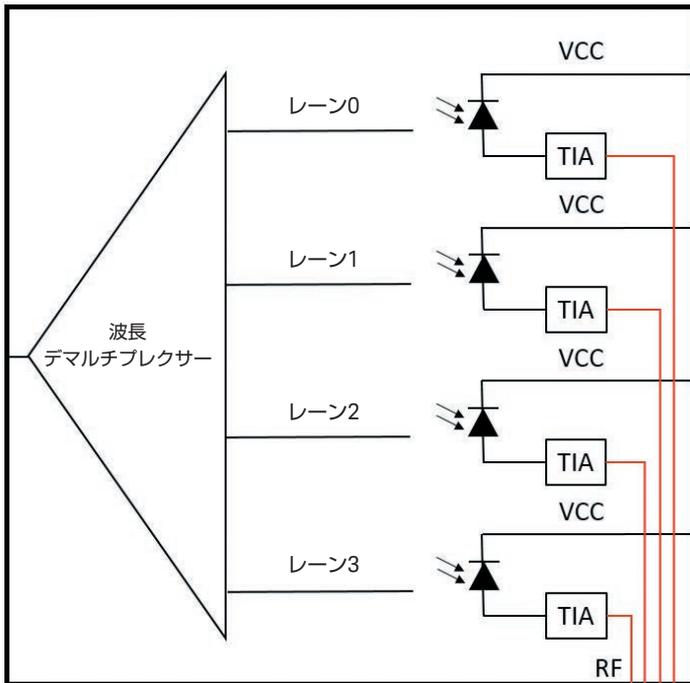


図3. LR4-ROSAデバイスのブロック図

入力光信号の波長と偏波を変化させながら、フォトダイオード検出器にバイアス電圧を供給するROSAの電気接点を利用して、光電流にアクセスし、感度応答パラメータを測定することもできます。このようなソリューションを図4に示します。

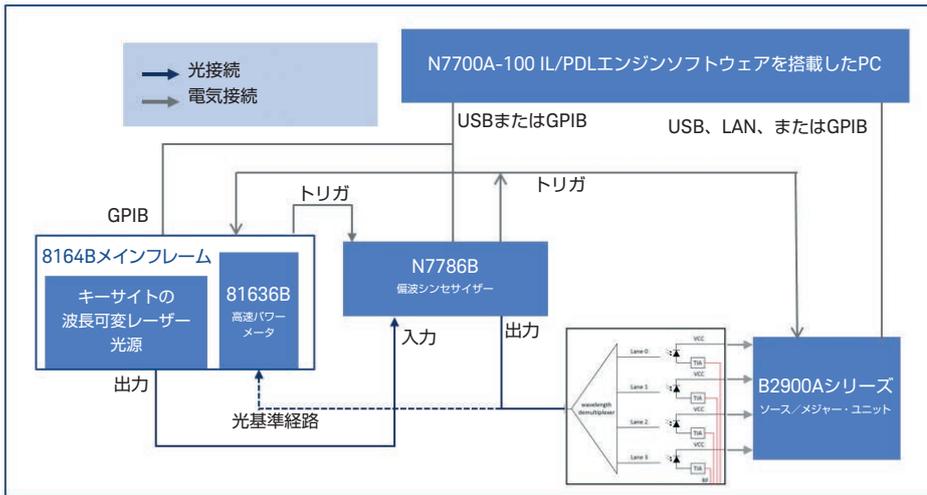


図4. 波長および偏波依存感度測定のブロック図

この測定では、ソース/メジャー・ユニットを使用してバイアス電圧を印加し、DUTの内蔵検出器からの光電流を測定します。結果には、光入力パワー (mW)あたりの電流(mA)を単位とする感度が表示されます。これを求めるために、絶対入力光パワーを光パワーメータで測定し、DUTに入力します。この場合も、偏波に対して平均された応答と、偏波に対する最小/最大感度が、ソフトウェアによって計算されます。図5に例を示します。

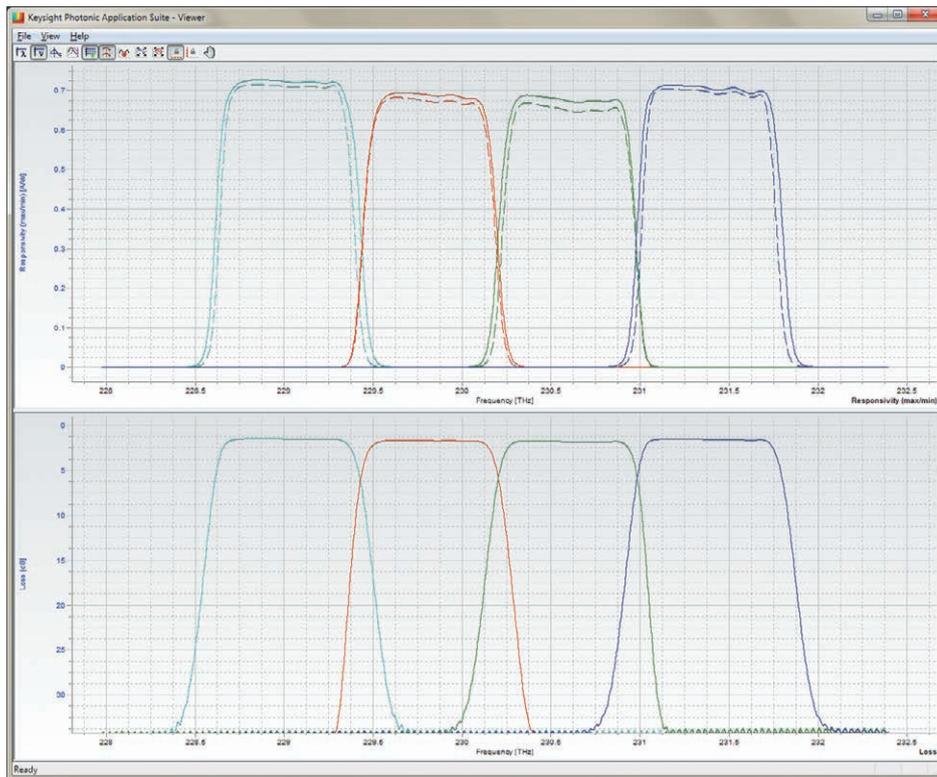


図5. LR4-ROSAデバイスの測定例

テストソリューションの構成

以上のような測定セットアップの中心となるのは、一定速度で波長掃引できる波長可変レーザー光源です。Keysight 81606Aまたは81608A(精度許容値が異なる)にOバンド用のオプション113を搭載すれば、これらの測定に対応でき、さまざまな特長を利用できます。例えば、最大200 nm/sの掃引速度でも、内蔵リアルタイム波長計を使用して、優れたパワーフラットネスと仕様で定められた波長精度／再現性を実現できます。また、レーザーラインから離れた波長でのバックグラウンド自然放射がきわめて小さいので、広いダイナミックレンジでフィルターを測定できます。さらに、信号パワーレベルが十分に高いため、セットアップでパワーを分岐してリターンロスまたは複数デバイスを測定したり、検出コンポーネントの感度／クロストークを必要な入力パワーでテストしたりできます。これらのレーザーモジュールは、8164Bメインフレームで使用されます。このメインフレームには、モジュール計測器を追加するためのスロットが4つあります。例えば、2種類以上のレーザーを使用して波長レンジを拡張するスイッチ、81636Bパワーセンサ、N7786BとDUT間の経路に挿入できるリターン・ロス・モジュールなどを追加できます。

N7786Bは、高速スイッチング光偏波コントローラーで、内蔵ポラリメータを使用して偏波状態の特定のシーケンスを作成し、このシーケンスを繰り返し実行しながら、出力偏波状態(SOP)とパワーレベルを記録し、さらに、セットアップの検出器用の同期トリガを供給することができます。波長ごとの偏波依存性を測定するために、選択した波長レンジ内でレーザーが連続掃引を行っている間に、6個のSOPのシーケンスを測定ポイントごとに繰り返すことができます。結果のデータは、選択した波長グリッドに合わせて補間され、Muellerマトリクス法によって解析され、偏波に依存する最大応答と最小応答が求められます。マトリクスデータからは、さらに高度な解析も実行できます。例えば、デバイスの主軸(TEとTM)の応答スペクトラムの分解や、偏波によるフィルターの中心波長のシフトの計算などです。

光信号を出力するパッシブ光デバイスを測定する場合は、N7744A 4ポートまたはN7745A 8ポートパワーメータ測定器を検出器として使用します。これらの測定器は、広いダイナミックレンジと広い帯域幅を備え、偏波状態と同期した高速なサンプリングが可能です。同じセットアップで複数のパワーメータユニットを使用すれば、スプリッターやスイッチなどの複数の出力ポートを持つデバイスを同時に測定したり、複数のコンポーネントを測定したりできます。独自のクリップオン型4チャンネルアダプターにより、コネクタのない裸ファイバーも簡単に接続でき、コンポーネントを測定している間に別のアダプターの組を接続することができるので、スループットが向上します。

光検出器を内蔵したデバイスを測定する場合は、このセットアップでデバイスからの出力光電流をサンプリングする測定器を使用できます。このような測定器の例としては、4つの光電流入力と4つの光入力を備えたN7745Aの特別なカスタマイズ版があり、スペシャルオプションE02を追加すれば利用できます。これは、上述の同じ機能を使用して、4個のフォトダイオードからの信号を測定できるコンパクトなソリューションです。ただし、この特別なモデルは、現時点では負のバイアス電圧しか供給できず、検出器を電気的なグランドからアイソレーションできません。さらに柔軟な電氣的接続が必要なデバイスに対しては、B2900シリーズ ソース／メジャー・ユニットを使用できます。

これらのセットアップは、N7700A IL/PDLソフトウェアエンジン(オプション100)で制御されます。ソフトウェアと構成の詳細は、N7700Aのカタログに記載されています(www.keysight.co.jp/find/n7700からダウンロード可能)。その他の測定として、例えば偏波依存性のない単純な測定を、アライメントおよび校正手順をサポートしながら高速な繰り返しレートで実行する場合には、81606Aの高速双方向掃引機能と、N774xAシリーズ パワーメータの連続ロギング機能、N7700A FSILソフトウェアエンジン(オプション102)を使用します。

ヒューレット・パッカードからアジレント、そしてキーサイトへ

キーサイトは、75年以上もの間、電子計測によって未知なる世界を解き明かしてきました。キーサイト独自のハードウェア、ソフトウェア、スペシャリストが、お客様の次のブレイクスルーを実現します。Unlocking measurement insights since 1939.



1939

未来

myKeysight

myKeysight

www.keysight.co.jp/find/mykeysight

ご使用製品の管理に必要な情報を即座に手に入れることができます。

DEKRA Certified
ISO 9001 Quality Management System

www.keysight.com/go/quality

Keysight Technologies, Inc.
DEKRA Certified ISO 9001:2015
Quality Management System

Keysight Infoline

Keysight Infoline

www.keysight.com/find/service

測定器を効率よく管理するためのオンラインサービスです。無料登録により、保有製品リストや修理・校正の作業履歴、校正証明書などをオンラインで確認できます。

契約販売店

www.keysight.co.jp/find/channelpartners

キーサイト契約販売店からもご購入頂けます。
お気軽にお問い合わせください。

www.keysight.co.jp/find/n7700

キーサイト・テクノロジー合同会社

本社 〒192-8550 東京都八王子市高倉町9-1

計測お客様窓口

受付時間 9:00-18:00 (土・日・祭日を除く)

TEL ☎ 0120-421-345 (042-656-7832)

FAX ☎ 0120-421-678 (042-656-7840)

Email contact_japan@keysight.com

ホームページ www.keysight.co.jp

記載事項は変更になる場合があります。
ご発注の際はご確認ください。