

テストの曲げ不敏感性マルチモード・ファイバー (BIMMF) のテストの詳細エンサークルド・フラックス の必要性

概要

光ファイバーの信号伝送は全反射という現象を利用しています。これは、屈折率の高い媒質から低い媒質へ光が進む場合に発生します。ファイバー・コア（高い屈折率）とクラッド（低い屈折率）の屈折率は異なるため、光はクラッドから常に反射され、ファイバー・コア内を進みます。しかし、光ファイバーは一定の曲げ半径を超えると光の一部が損失し、信号損失の原因になります。これは敷設時またはファイバーの取り扱い中は常に発生する可能性があり、ファイバーが密集配線されたデータセンターの狭いスペースでよく問題になります。

数年前にファイバー・メーカーは、データセンターやエンタープライズ・ネットワーク向けの超屈曲性 50 μm マルチモード光ファイバーを開発しました。この新しい曲げ不感マルチモード・ファイバー (BIMMF) は、極端な屈曲に耐える約 10 mm の許容曲げ半径を特長としており、屈曲耐性のないマルチモードファイバー（以下、非 BIMM）と比較して信号損失を大幅に低減します。BIMMF の導入により、敷設事業者は、過度の屈曲によるパフォーマンスの低下を心配をすることなく、ファイバー・ネットワークを展開できるようになりました。現在、BIMMF はデータセンターで広く展開されており、その設計と利点について多く報告されています。

高速ネットワーク向けにレーザー最適化された BIMMF は、損失パジェットの厳しいアプリケーションを対象にしています。300 m を超える標準的な 10 ギガビット・イーサネット (GbE) リンクの場合、許容されるチャネル損失は 2.6 dB です。この厳しい損失パジェットでは、不適切な敷設に起因する屈曲による損失の余地はほとんどありません。また、トランシーバーとテスト機器でも励振を厳密に制御して、さらなる損失や不正確なテストの原因となる全モード励振状態または限定モード励振状態を防ぐ必要があります。ファイバー・メーカーおよびテスト機器メーカーによって提供されたデータでは、BIMMF をテストするには特定の種類の励振が必要であることが明らかになっています。この励振条件がエンサークルド・フラックス (EF) です。

EF は、マルチモード光ファイバーの励振条件を規定し、リンク損失測定の不確実性を低減するための測定基準です。2010 年 10 月に発行された ANSI/TIA-526-14-B 「Optical Power Loss Measurements of Installed Multimode Fiber Cable Plant (敷設済みマルチモード・ファイバー・ケーブル・プラントの光パワー損失測定)」で認可されました。EF improves accuracy by specifying the modal power across the entire fiber end face of the launch with the use of a template, which more closely matches the tightly controlled launch conditions of today's gigabit and 10 gigabit Ethernet optical fiber transceivers.

目次

概要

BIMMF 設計

ファイバーのモード・パワー

励振条件

非 BIMMF との互換性

テスト方法

まとめ

BIMMF 設計

曲げ不感特性を達成するために、BIMMF は非 BIMMF とは異なった設計を採用しています。非 BIMMF のコアとクラッドはガラスで形成されており、屈折率はそれぞれ異なります。それに対して BIMMF では、コアとクラッドの間に「トレンチ」が付加された特別な設計になっています。過度に曲げた場合でも、このトレンチによって伝搬モードがファイバー・コア内に閉じ込められます。実質的に、コアから光が漏れることはありません。

ファイバー・メーカーにとって、BIMMF の設計は難しく複雑です。すべての性能パラメータが業界規格を確実に満たすように、慎重に屈折率分布を設計する必要があります。ファイバーの帯域幅はマルチモード・ファイバーの重要な仕様の 1 つであるため、ファイバーの屈折率分布では高帯域幅を維持する必要があります。光学的トレンチの設計と配置が非常に重要な要素になります。マルチモード光ファイバーは、高次モードや低次モードを含む多くの光伝搬モードをサポートします。ファイバー・コアの外側近くの高次モード・グループは影響を受けやすく、曲げることによってコアから漏れる可能性があります。光学的トレンチがうまく設計・配置されていないと、高次光モードで遅延が発生し、帯域幅が狭くなります。適切に設計された BIMMF は、高次モード・グループをできるだけ多くコア内に閉じ込め、光伝送の完全性を維持します。

優れた BIMMF 設計は、ファイバー・コア内に高次モード・グループをしっかりと閉じ込めます。非 BIMMF は通常 17 の主要なモード・グループをサポートします。17 のモード・グループもサポートするように設計された BIMMF では、OM3 および OM4 ファイバーとの互換性が向上します。BIMMF の設計品質を確認する 1 つの方法は、エンサークルド・フラックス方法を使用して BIMMF と非 BIMMF の違いをテストすることです。非 BIMMF と優れた設計の BIMMF のエンサークルド・フラックス計測結果の差はわずかのはずです。

全モード励振が使用された場合は、すべての BIMMF 設計でファイバー・コア径と開口数の長さ依存性が示されます。トレンチに励振された高次モードは、減衰するまである距離の間そのまま残ることがあります。トレンチ層で取り込まれ、伝搬されるこれらのモードは「漏洩モード」と呼ばれます。この現象はスプライスおよびコネクタ損失に影響します。一方、非 BIMMF には長さ依存性がありません。エンサークルド・フラックス励振によって、すべての BIMMF 設計のコア径と開口数の長さ依存性が軽減されます。さらに、エンサークルド・フラックス励振ではシステム性能が正確に示されます。

ファイバーのモード・パワー

特許が申請された後、ファイバー・メーカーは、前述の光学的トレンチを使用して高次モードがファイバー・コアから漏れるのを防ぐことによって、屈曲性が向上したことを明らかにしました。あるファイバー・メーカーによって実施された初期のテストでは、BIMMF は標準的なファイバーよりも多くのモード・グループをサポートすることがわかりました。こういった余分のモードは、光のファイバーへの結合、ファイバーからの分離の仕方を変えます。このことは、エンサークルド・フラックスのテスト方法を使用して確認できます。

標準的なファイバーをテストする場合は、2 波長光源と、一般的なテスト・コードおよびマンドレルを使用して精度を達成できます。BIMMF の場合、標準的な 25 mm のマンドレルでは 850 nm で高次モードを除去することができず、悲観的な損失結果につながります。850 nm の波長で BIMMF の正確なテストを実現するには、さらに小さい 4 mm のマンドレルを使用して巻く回数を増やす必要がありますが、同じマンドレルは使用して 1300 nm の波長で BIMMF をテストすることはできません。

ランチ・コードに BIMMF を使用してより制御された励振を生成することは困難です。その理由は 2 つあります。まず、マンドレルの設計は、非常に小さな独自の形状の外径を必要とします。Testing on different manufacturers' BIMMF showed that while the 850 nm source could be accurately tested with a specially designed mandrel, the 1300 nm source could again not use the same mandrel. モード制御の EF プロパティによると、標準的なファイバーと比較した場合、これは 2 つの波長間の損失測定値で予測された相違です。

励振条件

マルチモード・ファイバー・リンクをテストする場合、減衰量測定は光源の励振条件に大きく影響されます。励振条件が異なる 2 つの光源を使用してテストを実施した場合、減衰量測定が大きく変動する可能性があります。テストに一貫性がないだけでなく、紛らわしい結果が生成されます。限定モード励振でテストされたリンクでは、接続のずれなどの高損失イベントが検出されない場合があり、不良リンクが合格になる可能性があります。一貫した正確な測定を実現するには、すべての励振条件が標準化される必要があります。このため、エンサークルド・フラックス励振が非常に重要になります。

Launch Cord Selection – International standards for multimode testing sets precise launch condition metrics using encircled flux for testing installed multimode fiber cabling attenuation. テスト機器のサプライヤーからは、通常、2 波長光源と一般的なマンドレルまたはモード・コンディショナーが提供されます。非 BIMMF ランチ・コードに同じマンドレル・ラップを使用して 2 波長 (850 nm と 1300 nm) 光源から基準に準拠した励振を実現できますが、TIA ファイバー規格会議で示されたデータでは、BIMMF をランチ・コードとして使用すると、一般的なマンドレルおよび励振の位値のターゲットが分岐することが明らかになっています。ファイバーの曲げ損失は波長に大きく依存しているため、一般的なマンドレルは適しません。これらの問題を軽減できない場合は、BIMMF をランチ・コードとして使用するべきではありません。

Receive Cord Selection – To complete a permanent link test using the recommended 1-cord reference method, a receive cord must be used. ランチ・コードと同様に、受信コードは、敷設済みファイバー・プラントとリンク両端の 2 つの接続を含むリンク減衰量を測定するために使用されます。敷設済みケーブル配

線のコア径と開口数に一致する優れた設計の BIMMF テスト・コードの場合、受信コードに BIMMF と 非 BIMMF のどちらを使用しても問題はありせん。However, to avoid the possibility of an overly optimistic test result using BIMMF test cords, it is prudent to also use a non-BIMMF as the receive cord.

非 BIMMF との互換性

ほとんどのファイバー・メーカーによると、BIMMF はレーザー最適化マルチモード・ファイバー向けの OM2、OM3、および OM4 規格と完全に互換性があります。また、設置基盤の非レーザー最適化 50 μm マルチモード・ファイバーとの後方互換性もあります。互換性とパフォーマンスは BIMMF の設計に依存しています。

2011 年に、大手ファイバー・サプライヤーが BIMMF の大規模なモデリングおよび実験的テストを実施しました。これらのテストでは、最適化された BIMMF には後方互換性があり、マクロ・ベンド損失が小さく、標準的な非 BIMMF と同様の差動モード遅延を示すことが明らかになりました。実験的テストとモデリング・テストでは、BIMMF と 非 BIMMF が混在しても過剰な損失が誘発されないことが示されました。

ファイバーのスプライズ損失は、導波モードの数とそのモード・フィールド形状に強く依存しています。モード数とモード・フィールド形状が一致している場合、スプライズ損失は最小になります。これは、制御された EF 励振が必要であり、ファイバー・コアのサイズと許容誤差が一致することを意味します。コア・サイズと許容誤差が一致している場合、非 BIMMF と BIMMF 間のスプライズで EF が維持されます。

以下は、TIA 規格会議で大手ファイバー・メーカーから提供された BIMMF と 非 BIMMF の互換性に関する非常に参考になる質疑応答の要約です（テスト・データは含まれていません）。

1. 質問：同種の BIMMF リンクの挿入損失は、従来のマルチモード・ファイバーと同等ですか。回答：BIMMF 設計の挿入損失は、従来のマルチモード・ファイバーより小さくなっています。
2. 質問：異種の BIMMF リンクの挿入損失は、従来のマルチモード・ファイバーと同等ですか。回答：同じ設計のさまざまな BIMMF を連結すると影響が最小になります。
3. 質問：設計が異なる BIMMF が混在したケーブル・リンクの挿入損失は、従来のマルチモード・ファイバーと同等ですか。回答：設計が異なる BIMMF を連結した場合、挿入損失は同等になります。
4. 質問：BIMMF と従来のマルチモード・ファイバーを混在させた場合の挿入損失は、従来のマルチモード・ファイバーと同等ですか。回答：BIMMF 設計と従来のマルチモード・ファイバーを混在させた場合の挿入損失は、従来のマルチモード・ファイバーだけよりも小さくなります。

テスト方法

Now let's take a closer look at the test methods for BIMMF, which are really no different than testing other fiber types with a few exceptions. BIMMF を含むマルチモード・ファイバー・ケーブル配線をテストするには、テスト時に使用される光源に接続するランチ・コードと、パーマネント・リンクの測定時に使用する受信コードが必要です。以下は、テストおよびファイバーの専門家の意見に基づいた BIMMF テストに関する 3 つの基本的な推奨事項です。

1. 非 BIMMF ランチ・コードを使用してエンサークルド・フラックス励振を使用する
2. 1 コード参照テスト方法を使用する
3. パーマネント・リンクのテストには非 BIMMF 受信コードを使用する

ファイバー・タイプを規定するのではなく、テスト対象のファイバーに厳密に一致する受信コードを使用することが重要になる場合があります。これは、テスト時にコア・サイズが混在している場合にも同様です。設計によって一致しない場合に BIMMF と 非 BIMMF を相互接続する影響は、コア径または開口数が異なる 2 本のファイバーを接続する場合と似ています。光が径の小さいコアから径の大きいコアへ進む場合の減衰量は、径の大きいコアから径の小さいコアへと進む場合よりも小さくなります。ただし、安全策として非 BIMMF 受信コードが推奨されます。

図 1 は、短いテスト・コードの減衰量を測定して検証するための一般的な 3 つの手順を示しています。手順 1 では、大面積光検出器を使用した光パワー・メーターを使って、非 BIMMF ランチ・コードの出力をゼロ点補正します。手順 2 では、テスト参照コード (TRC) の「A」側を測定します。最後に手順 3 では、テスト・コードの「B」側を測定します。



STEP 1: Reference and zero out power meter

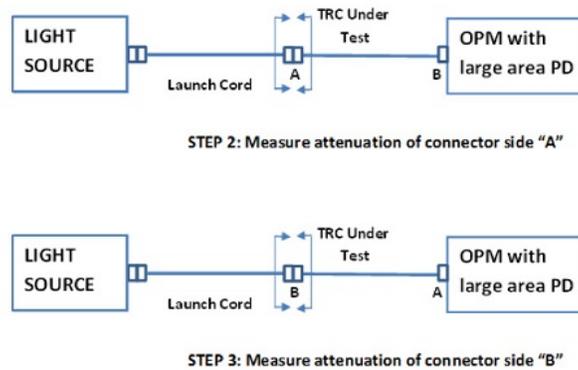


Figure 1 – General method for testing a short test cord

図 2 は、パーマネント・リンクの減衰量を測定して検証するための一般的な 2 つの手順を示しています。手順 1 では、大面積光検出器（1 mm 以上）を使用した光パワー・メーターを使って、非 BIMMF ランチ・コードの出力をゼロ点補正します。手順 2 では、ケーブル配線プラントの一番端に受信コードを追加します。テスト・コードにはすべて非 BIMMF を使用します。最終的な減衰量が測定されます。

BASIC TESTING USING THE PREFERRED 1-CORD METHOD:

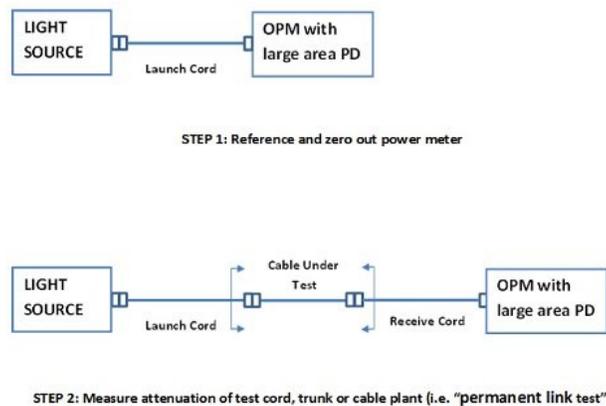
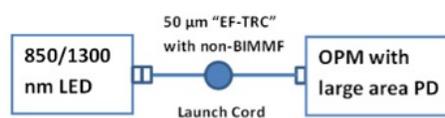


Figure 2 – General method for testing a permanent link

図 3 は、非 BIMMF ランチ・コードと非 BIMMF 受信コードでエンサークルド・フラックス励振を使用した、参照、受信コードの検証、および実際のパーマネント・リンクのテストを含む 4 つのテスト手順を示しています。テスト対象のケーブル配線には、BIMMF、非 BIMMF、またはその両方が使用されている場合があります。



STEP 1: SET REFERENCE using 1-cord method and non-BIMMF in EF launch cord

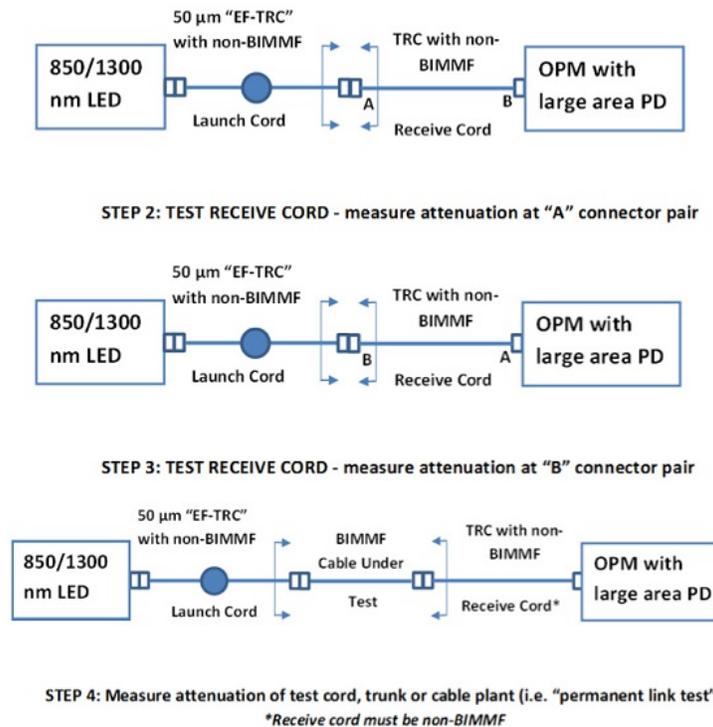


Figure 3 – Four step process for testing a permanent link

まとめ

BIMMFを使用すると、ケーブル敷設事業者は作業によって曲げ損失が誘発されることを心配せずにネットワークを展開できます。BIMMFはOM3やOM4などの他の曲げに弱いマルチモード・ファイバーと同等であり、互換性があります。ただし、良好な互換性を実現するには、BIMMFの設計が非常に重要です。

同種のBIMMFリンク、または従来のファイバーとBIMMFが混在するリンクが適切に動作するためには、より厳密に制御された励振、つまりエンサークルド・フレックスを使用することが重要です。全モード励振は多くの高次モードをトレンチに閉じ込め（漏洩モード）、パフォーマンスが低下します。BIMMFはマンドレルと共に使用すること、およびランチ・コードとして使用することが難しく、一般的なマンドレルによって波長のスキューが発生するため、ランチ・コードには非BIMMFを使用する必要があります。

1コード参照方法では、BIMMFを使用した短いテスト・コードまたはBIMMFを含むリンクをテストした場合に、測定値が最も正確になります。パーマネント・リンクを測定する場合は、非BIMMFを受信コードとして使用することが推奨されます。これによって、理想的とは言えないBIMMF設計の過度に楽観的な結果を防ぐことができます。

フルーク・ネットワークスについて

フルーク・ネットワークスは、優れた認証/トラブルシューティング/インストレーション・ツールを提供する世界大手企業です。当社の製品は、重要なネットワーク・ケーブル配線インフラを設置・保守する技術者を対象にしています。弊社は、信頼性と比類ない能力において高い評価をいただいております。最先端のデータセンターの設置から悪天候のサービス復旧作業に至るまで、すべての作業を効率的に行います。当社の主力製品には、クラウド接続を利用した世界最先端の革新的ケーブル認証ソリューション、LinkWare™ Live が含まれ、これまでに 1400 万件以上の結果がアップロードされています。

1-800-283-5853 (US & Canada)

1-425-446-5500 (米国外)

<http://www.flukenetworks.com>

Descriptions, information, and viability of the information contained in this document are subject to change without notice.

Revised: 2019 年 8 月 22 日 2:35 PM

Literature ID:

© Fluke Networks 2018