

光電融合分野 光導波路光学特性評価の重要性とその方法

【光電融合のキーデバイス 光導波路光学特性の評価】

光電融合と光導波路は、次世代の超高速・省電力半導体を実現するための最重要技術です。電気が得意な「演算」と光が得意な「伝送」を組み合わせることで、従来の電子回路の限界を打破する技術です。

○光電融合

光電融合とは、「電子回路」と「光回路」をワンチップまたは同一パッケージ内に融合させる技術です。従来の銅配線による電気伝送は、伝送データの大容量化・高速化に伴い、熱の発生と信号の減衰が限界に達しています。このため、データ処理（計算）は従来の電気回路で行い、データ通信をすべて光に置き換えます。これにより、通信速度の劇的な向上と、消費電力の大幅な削減、これに伴う熱の発生を抑制します。従来の電子回路における銅配線の役割を光電融合システムにおいては光導波路が担います。

○光電融合と光導波路

光電融合回路において、光信号を閉じ込め、目的の場所まで効率よく誘導するための光の通り道（配線）が光導波路です。電子回路における銅配線の役割を担います。中心にある高屈折率の光の通り道（コア）と、低屈折率でコアを囲む壁（クラッド）があり、光がコアとクラッドの境界で全反射を繰り返すことで、曲がり角や分岐があっても光を漏らさずに誘導します。

○光電融合光導波路の主な素材や特徴

光集積回路（PIC）で使われる主な光導波路の材料です。

- ・シリコン（Si） ⇨ 屈折率差が非常に大きく、回路の極微細化が可能。既存の半導体プロセスで大量生産に向く。チップ内・チップ間配線、光変調器等に適用される。
- ・ポリマー（樹脂）：柔軟性に優れ大型 PCB 基板への実装が容易、製造コストも安価。光電気混載基板、ボード間接続等に適する。
- ・化合物半導体（InP/GaAs など）：レーザー光源や受光器など、自ら発光・受光する素子を直接作り込める。発光受光デバイスの一体型導波路。

○役割

光導波路は以下の重要な役割を果たします。

- ・超高速・大容量通信 ⇨ 電気信号に比べ、光は帯域が圧倒的に広く、超高速データ伝送が可能。
- ・低損失・低消費電力 ⇨ 銅配線のように距離に比例した信号劣化や熱（ジュール熱）が発生しないため、消費電力を大幅削減。
- ・チップ間・チップ内接続 ⇨ サーバー間、ボード間に加えて、将来的には同じチップ内の演算コア同士を光導波路で接続。

また、光導波路材料の特徴から、以下のような使い方が想定されています

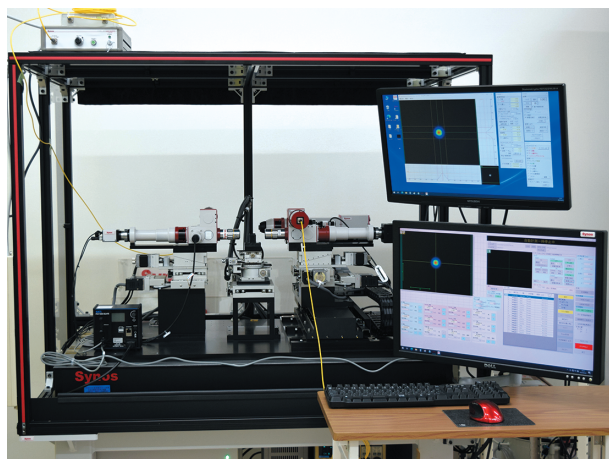
- ・ボード間（I/O の光化） ⇨ サーバーボード間をポリマーなどの光導波路基板で接続。
- ・チップ間（パッケージ内） ⇨ 同じ基板上の異なるチップ（CPU とメモリなど）をシリコン光導波路で接続。
- ・チップ内（ダイ内） ⇨ 将来的には、1 つのチップ内の演算コア（Core）同士を微細な光導波路で結びます。

○実用化に向けた光導波路の課題

光電融合の実用化に向けて、光導波路にはいくつかの高度な技術課題や特性評価の必要性があります。

- ・微細化の限界 ⇨ 光には波長があり、電気配線（数 nm）のような極微細化ができず、数百 nm～数 μm の幅が必要。
- ・光結合損失 ⇨ 外部の光ファイバーや発光素子（レーザー）とチップ内微細光導波路との結合において、光のスポットサイズ（径）が異なり結合損失が大きくなるため、スポットサイズ変換器（SSC）等を含めた接続性と結合損失の低減が必要。
- ・挿入損失・伝搬損失 ⇨ 材料自体や曲げなどの構造に起因する光導波路内部での損失の把握が必要。
- ・シングルモード性の評価 ⇨ 伝播信号の劣化や伝送容量に関わる導波伝播光のシングルモード特性の把握が必要。
- ・導波路出射光ビーム品質の評価 ⇨ 導波路出射端面のビーム品質や放射角度分布等のビーム品質や発光特性の把握が必要。

● 光電融合光導波路の諸光学特性を単一装置で一括測定・評価 【光導波路光学特性測定装置】



● 光導波路光学特性測定装置

光導波路光学特性測定装置は、光電融合光導波路に要求される損失測定・出射端 NFP 測定、シングルモード特性の評価、出射光放射角度分布（FFP）、偏光消光比測定の光学諸特性を測定・評価するための装置です。

当社は、光電融合分野での各種光導波路の光学特性測定・評価を目的とした**光導波路光学特性測定装置**を開発致しました。本装置では以下のような測定を単一装置で実現しています。

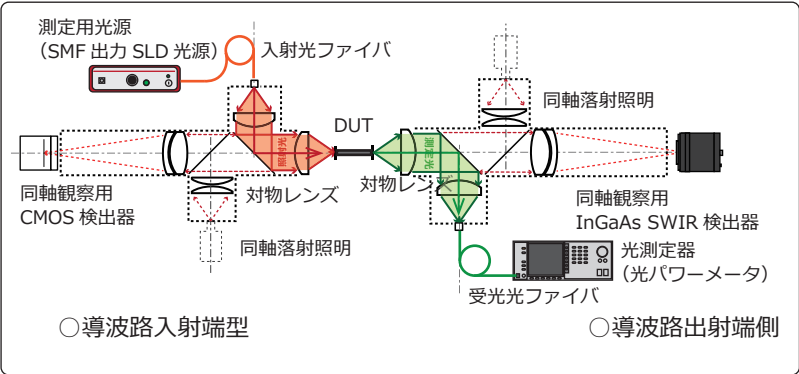
- 自動調芯による光導波路の挿入損失や伝搬損失の測定
- 光導波路出射端の NFP 測定
- 光導波路出射端 NFP 測定を応用したシングルモード特性の評価
- 導波路出射光の FFP 測定
- 導波路の偏光消光比測定

当社光導波路光学特性測定装置は、以下のような特徴を有しています。

- 専用開発の光入射・受光計測光学系
画像検出器（カメラ）を搭載した専用の光入射・受光計測光学系を使用、取得画像と光パワーメータ、電動ステージを連動して計測を行います。搭載した画像検出器で、導波路端面の画像観察も可能です。受光側には SWIR 検出器と使用、調芯状態での NFP 計測が可能です。さらに、対物レンズ倍率を変更することにより、入射ビームスポット径・受光径を変更することができます。
- 最適調芯状態でのさまざまな光学特性測定に対応
光パワー調芯による最適調芯点を求め、その状態で NFP 計測、FFP 計測、偏光消光比計測の各計測を連動して行うことができます。

●光導波路光学特性測定装置の機能・特徴

●光照射・受光計測用光学系



●光導波路光学特性測定装置 光学系方式光入射・受光計測

入射側・受光側に当社の光計測用光学系を配置、光ファイバによる測定光照射・受光計測と同軸観察用検出器（カメラ）による画像観察を併用して、計測やサンプル姿勢調整等を行います。

当社の光導波路光学特性測定装置では、入射側・受光側に当社独自の光計測用光学系を使用しています。測定系の構造を左図に示します。

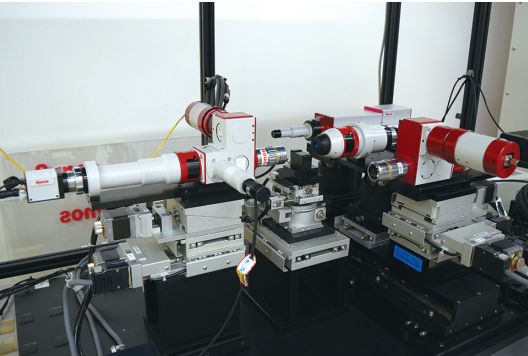
●導波路入射端側光計測用光学系

光学系の入射ファイバ接続ポートに接続された光ファイバ出射光を 1:1 で光導波路（DUT）入射端にリレーして投影します。対物レンズの倍率を変更することで入射ビーム径を絞ることも可能です。また、同軸観察用 CMOS 検出器で、光導波路入射端側の画像観察することができます。この画像を使用して、光導波路（DUT）の傾き調整や位置調整等を行います。

●導波路出射端側光計測用光学系

光導波路出射端からの出射光を、光学系の受光ファイバ接続ポートに接続された光ファイバコア相当径で受光ファイバにリレーします。この方法で、入射光ファイバと受光ファイバ間の光パワーを計測、パワー調芯と挿入損失の測定を行います。また、出射側に設置された同軸観察用 InGaAs SWIR 検出器で、光導波路出射端の画像観察や NFP 計測を行います。

●1 台の装置で、光導波路の挿入損失・出射端 NFP 計測・出射光 FFP 計測・偏光消光比計測に対応



受光計測側には、受光側光計測用光学系（調芯・損失測定・NFP 測定）・FFP 計測光学系・偏光測定モジュールが配置されています。

●調芯と挿入損失の測定

上記に示す入射光ファイバ～受光ファイバ間で光パワー調芯を行い、レシピ設定された各計測 CH をすべての最適調芯点を求めて挿入損失の測定を行います。この時、光パワー調芯により求めた最適調芯点の電動ステージ座標を記憶します。

●NFP 測定とシングルモード性の評価

次に、対物レンズを NFP 計測用に 100 倍（高倍率）対物レンズに変更します。光パワー調芯により求めた最適調芯点に光学系を移動、画像情報を使用して入射側の位置ずれを補正して出射端 NFP を計測します。各 CH 毎に同様の計測を行います。さらに、光導波路（DUT）のシングルモード性の評価を行う目的で、入射側光学系の位置をシフトさせて同様に NFP を計測、シングルモード性を評価します。

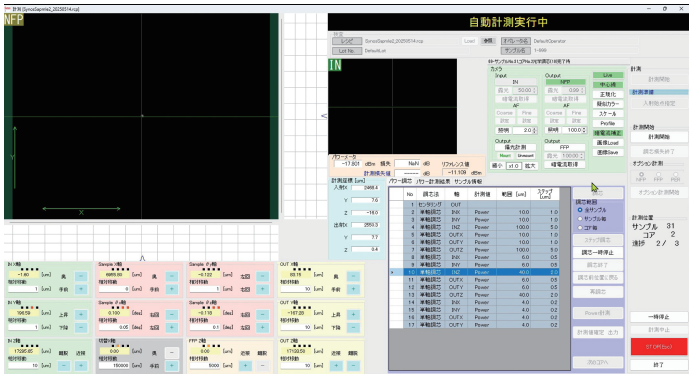
●FFP 測定

光学系を FFP 計測光学系に変更、最適調芯点の座標をもとに光学系を移動、入射側位置ずれ補正を行って各 CH の FFP を計測します。

●偏光消光比測定

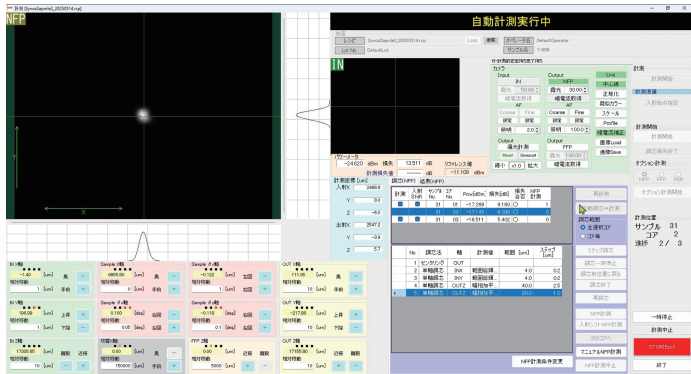
光学系を偏光計測モジュールに変更、FFP 測定同様に偏光消光比を計測します。
* 出射側光学系は、必要となる測定項目により選択いただけます。

●装置全体の制御・測定・データ管理を一元管理する光導波路光学特性測定ソフトウェア



●光パワー調芯・損失測定

装置の制御や計測は、光導波路光学特性測定ソフトウェアから行います。本ソフトウェアから、計測レシピ設定、電動ステージ制御、検出器の制御、各計測光学系や測定器の制御等の機器制御、光パワー調芯と損失測定、NFP 測定、FFP 測定、偏光消光比測定の実行とデータ保存を行います。計測レシピで設定された指定計測 CH に対して自動計測致します。



●NFP 計測

* 本装置はデモ用装置がございます。実機と実サンプルを使用したデモ評価も可能です。ご遠慮なくお問合せください。

●製品に関するお問合せは...

シナジーオプトシステムズ株式会社

〒431-0101
静岡県浜松市中央区雄踏町山崎 3625-1
TEL:053-523-8453 / FAX:053-523-8459
E-mail : info@synos.jp
http://www.synos.jp/