

通信用光デバイスにおける高信頼光接続技術に関する研究

荒武, 淳

<https://doi.org/10.15017/4060193>

出版情報 : 九州大学, 2019, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

(別紙様式2)

氏 名 : 荒武 淳

論文題名 : 通信用光デバイスにおける高信頼光接続技術に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

光通信では複数の光素子間の光学的接続によって構成した光モジュールの低光損失化が重要である。光素子間の光学的接続においては、光素子間で発光と受光を行い光接続損失を測定しながら位置決めを行うアクティブアライメントと、光素子間で発光と受光を行うことなく機械的精度やセルフアライン機能のみで光学的接続を行うパッシブアライメントがあり、いずれも光通信用部品を実用化する上で重要な技術となっている。

本研究は、小型・複合化の進む光通信用デバイスと光ファイバ、また光通信用デバイスどうしのアクティブアライメントおよびパッシブアライメントの両技術において、高効率な光接続を行いつつ、光接続部の信頼性を確保することを目的に行ったもので、以下の章から構成されている。

第1章では、光通信システムにおける光接続技術の位置づけと意義について説明している。また、光接続における結合効率と光軸のズレに対する影響を理論的に説明している。

第2章では、アクティブアライメント技術による石英系Planar Lightwave Circuit (PLC)を構成要素とするモジュールの基本構成とその組み立て方法について説明し、光モジュールの典型例として、端面接着による光接続の形態を1×8光スプリッタにより提示している。また、128心ファイバアレイの提案により、チップの多心化(多チャンネル化)やチップの反りにも対応できる柔軟さ、適用範囲の広さについて明確にしている。一方で、アクティブアライメント技術を用いた実装には、高精度な調心装置が必要であり、光モジュールを個別に光ファイバと接続するための時間を要するという課題を抽出している。

第3章では、抜本的低コスト化を図る実装技術として、パッシブアライメントによる光モジュールの組み立てについて、半田バンプを用いたセルフアライン法とガラスノッチを用いた嵌合法の2種類の技術を提案している。前者では、通信波長帯におけるSMFとの接続で0.55 dB以下の接続損失(光軸ズレによる過剰損失)を理論的に導き出している。また、後者では、0.3 dB以下の接続損失となることを導き出している。そして後者の方法を用いて実際に1×8光スプリッタモジュール作製を行い、接続損失1.2dB以下を実現することでパッシブアライメント技術の実現性を明らかにしている。部材の精度・実装精度の両方の更なる向上、光ファイバの位置合わせ用V溝の揺らぎと光ファイバの物理的揺らぎを考慮した実装法を開発することで、さらなる低損失化ができることを明らかにしている。

第4章では、熱膨張係数が大きく異なる石英とニオブ酸リチウム(Lithium Niobate: LN)との異

(別紙様式2)

種材料集積について、アクティブアライメントを用いた設計手法を提案している。異種材料それぞれの熱膨張が光接続に与える効果を、光軸方向と光軸垂直方向に分離して設計する手法を提案している。光軸方向については、光ファイバの断線と接続部の剥離が課題となることを明確化し、それらを防ぐガイドラインを確立している。光軸直交方向では、電気クロストークと光結合のトレードオフの関係を明らかにし、最適な導波路間隔を明らかにしている。これらの設計論をもとにアレー状に8箇所的光接続点を有する100Gbit/s偏波多重4相位相変調 (DP-QPSK) 変調器モジュールを試作し、基本特性および温度変化に対する光学的特性の目標値を実現している。

第5章では、アクティブアライメント、パッシブアライメントに共通した要素技術である端面接着による光接続技術について、これを用いた2種類の代表的な光デバイスの信頼性評価法の確立、および信頼性評価を行っている。まず、石英系PLCによる所外用1×8光スプリッタについて、各種信頼性試験 (Telcordia GR-1209-CORE、GR-1221-CORE) をクリアし、端面接着による光接続の実用性を示している。また、加速試験と曝露試験を行い、損失変動が許容範囲内であること、光加入者系ネットワークに導入した光スプリッタの故障率が極めて小さいことを明らかにしている。次にアクティブデバイスとして、石英系PLCとLNとを異種材料集積した100Gbit/s DP-QPSK変調器に対する各種信頼性試験 (Telcordia GR-468-CORE) を実施し、これら試験を全てクリアすることで熱膨張係数の違いを克服する設計論が妥当であることを示している。そして信頼性が確立された本モジュールは光通信システム向けデバイスとして実用化されていることを述べている。

6章では、本論文の総括と今後の展望について述べている。