

平成26年度研究開発成果概要書

課題名 : 革新的光通信インフラの研究開発
採択番号 : 150 イ 02
個別課題名 : 課題イ マルチコアファイバ接続技術
副題 : マルチコアファイバ用入出力デバイス技術の確立

(1) 研究開発の目的

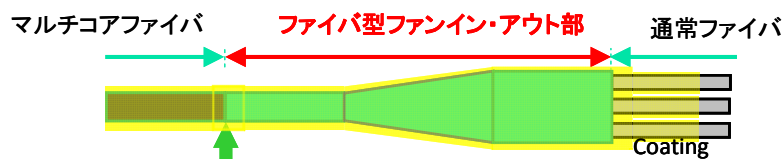
空間多重数増加による伝送容量拡大に向けて、これまでターゲットとしてきたシングルモード空間多重マルチコアファイバのみならず、マルチモード（フューモード）空間多重マルチコアファイバもターゲットとして、マルチコアファイバ接続技術の研究開発を推進する。

シングルモード空間多重マルチコアファイバをターゲットとした研究開発では、コア数が12のマルチコアファイバ用入出力デバイスを試作する。試作では、マルチコアファイバを融着接続する方式とコネクタ接続する方式の2つの方式の入出力デバイスを検討する。各方式において、平均挿入損失値で0.5 dB以下（融着接続型）、0.7 dB以下（コネクタ型）を実現することを目標として各個別課題に取り組む。

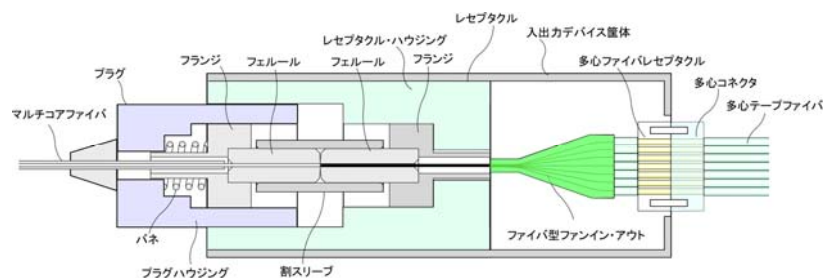
フューモード空間多重マルチコアファイバをターゲットとした研究開発では、基本モードと比較して、高次モードでは、同程度の接続損失を実現するためのコアの軸ずれトランスが厳しくなることを踏まえ、フューモードファイバの接続特性の解析および接続実験による検証を行い、光伝送方式の研究開発（課題ウ等）からの特性要求を考慮し、同入出力デバイスの目標性能や必要とされる精度（軸ずれトランス等）を明確化する。

平成26年度において実現を目指す入出力デバイスの2つの構成例を以下に示す。何れの構成でも、入出力ポート配置変換では、ファイバ型ファンイン・アウトを適用している。上側の例は、ファンイン・アウト部とマルチコアファイバとを融着接続した融着接続型、下の例は、ファンイン・アウト部とマルチコアファイバとをコネクタ接続するコネクタ型である。

当課題イの研究開発は、課題アや課題ウと積極的に連携し、それらからの技術情報を試作する入出力デバイスの仕様に反映させたり、試作したデバイスをそれらの伝送実験に提供し、それらの研究開発に寄与すると共に、同デバイスの伝送システムへの適用性を検証する。



融着接続部
入出力デバイス構成例(融着接続型)



入出力デバイス構成例(コネクタ型)

(2) 研究開発期間

平成23年度から平成27年度（5年間）

(3) 委託先

日本電信電話(株)＜代表研究者＞、フジクラ(株)、国立大学法人北海道大学

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 134 百万円（平成 25 年度 27 百万円）

※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

課題イー1：入出力ポート配置変換技術の開発

1. ファンイン・アウト設計技術（北海道大学）
2. ファイバ型ファンイン・アウト技術（(株)フジクラ）
3. 導波路型ファンイン・アウト技術（日本電信電話（株））

課題イー2：マルチコアファイバインターフェース技術の開発

1. 融着技術（(株)フジクラ）
2. 光コネクタ/レセプタクル化技術（日本電信電話（株））

課題イー3：光デバイスインターフェース技術の開発

1. 多心光コネクタインターフェース技術（日本電信電話（株））
2. レセプタクル化技術（日本電信電話（株））

課題イー4：国際標準化の推進（日本電信電話（株））

(6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	8	1
	外国出願	3	3
外部発表	研究論文	2	0
	その他研究発表	50	19
	プレスリリース・報道	9	0
	展示会	9	2
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な成果実施内容と成果

- (1) シングルモードマルチコアファイバ用ファンイン・ファンアウトデバイスの実現に向けて、7 コアのマルチコアファイバに対応する融着接続型入出力デバイスの熔融延伸部をパッケージングするとともに、ピグテールファイバへコネクタを取付けた。マルチコアファイバへ取付けるコネクタは SC/UPC とし、偏波保持ファイバコネクタで用いられている製法によりコア調心した。本コネクタにおける7 コアの平均接続損失は0.12dB、反射減衰量は>50dB であった。（課題イー-1-1，課題イー-1-2 に関する成果）
- (2) 同じくシングルモードマルチコアファイバ用ファンイン・ファンアウトデバイスの実現に向けて、最大 19 コアに対応する高密度入出力デバイスを試作した。12 コアのマルチコアファイバと融着接続し、クロストーク \leq -45dB を達成した。今後、コアミスマライメントに起因した外周コア接続損失の抑制が課題となる。（課題イー-1-1，課題イー-1-2，課題イー-2-1 に関する成果）

- (3) 光伝送での空間分割多重数を向上させるマルチモード（フューモード）ファイバ/フューモードマルチコアファイバに対応する入出力ポート変換デバイスの実現へ向けて、マルチコアファイバを部分的に熔融延伸した 2LP モード（3 モード）合分波デバイスと入出力デバイスを設計・試作した。これらを融着接続し、3 モード（LP₀₁、LP_{11a}、LP_{11b}）の合分波を実証した。この時の LP_{11a} と LP_{11b} のモード間クロストークは ≤ -10 dB であった。（課題イ-1-1、課題イ-1-2 に関する成果）
- (4) フューモードマルチコアファイバ用入出力ポート変換デバイスの実現へ向けて、2LP モード（3 モード）マルチコアファイバに対応した二段コア屈折率分布を有する熔融延伸型入出力デバイスを提案し、二段目のコアを延伸前後で適切に設定することで、デバイスの入出力端で接続損失を低減可能な熔融延伸型ファンイン・ファンアウトデバイスが設計可能であることを確認した。（課題イ-1-1、課題イ-1-2 に関する成果）
- (5) 着脱可能で高パワー耐性に優れたシングルモード・マルチコアファイバ・インタフェースの実現に向けて、マルチコアファイバ用 SC コネクタと接続互換性を有する SC コネクタ・プラグブル型マルチコアファイバ・インタフェースを有する入出力デバイスの設計、試作を実施した。その結果、全コアでの低損失な PC（Physical Contact）接続（7 コア・シングルモード・マルチコアファイバについて、平均挿入損失 0.12dB、反射減衰量 50dB 以上）を確認した。また、試作デバイスを課題 150 ア、イ、課題 170 が連携した大容量・長距離マルチコアファイバ伝送実験に導入し、適用性を確認すると共に、総容量 120.5Tb/s、距離 204.6km の遠隔励起マルチコアファイバ伝送の実現に貢献した。（課題イ-2-2 に関する成果）
- (6) 着脱可能で高パワー耐性に優れたフューモード・マルチコアファイバに対応可能なマルチコアファイバインタフェースの実現に向けて、同マルチコアファイバに対応可能な SC コネクタ・プラグブル型のマルチコアファイバインタフェースを有するマルチコアファイバ用入出力デバイスを設計、試作し、基本モードおよび高次モードについて良好な光学特性を確認した。また、試作したデバイスを課題 150 ア、イ、課題 170 が連携した大容量・長距離マルチコアファイバ伝送実験に導入し、適用性を確認すると共に、空間分割多重数 36 の高密度空間分割多重（DSDM: dense space division multiplexing）、距離 527km のマルチコア・マルチモード伝送の成功に貢献した。（課題イ-2-2 に関する成果）
- (7) 高パワー耐性および光装置での実装性に優れたマルチコアファイバ用光コネクタの実現に向けて、全マルチコアファイバの全コアでの PC 接続が可能な多心（4 心）MT 型マルチコアファイバ用コネクタ（最大 4 本のマルチコアファイバの一括接続が可能）を設計・試作し、低接続損失、高反射減衰量（7 コア・シングルモード・マルチコアファイバについて、平均接続損失 0.23dB、平均反射減衰量 56.5dB）の良好な接続特性を確認した。（課題イ-2-2 に関する成果）
- (8) 操作性、信頼性に優れた光デバイスインタフェースの実現に向けて、同インタフェースにおける接続動作の信頼性向上を図るため、それぞれ、MT フェルールおよびガラスブロック形ファイバレイを用いることにより、多心ファイバ用および平面光波回路用レセプタクルインタフェースの改良設計を実施した。（課題イ-3-1、課題イ-3-2 に関する成果）