

1. 研究課題・実施機関・研究開発期間・研究開発予算

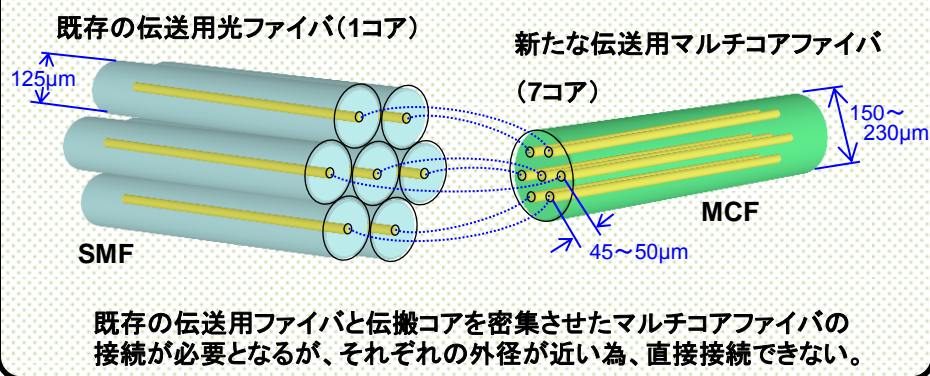
- ◆課題名 : 革新的通信インフラの研究開発
- ◆個別課題名 : 課題イ マルチコアファイバ接続技術
- ◆副題 : 空間レンズ光学技術およびファイバ研磨技術を活用したマルチコアファイバ接続技術の開発
- ◆実施機関 : 株式会社オプトクエスト
- ◆研究開発期間 : 平成23年度～平成27年度(5年間)
- ◆研究開発予算 : 総額 102百万円(平成27年度 18百万円)

2. 研究開発の目標

規格標準化に耐えうるMCFファンイン・ファンアウトおよびコネクタ技術の確立とプロトタイプ試作

3. 研究開発の成果

①SMF-MCF Fan In/Fan Out接続技術



研究開発成果:空間結合型小型FI/FOデバイスの実現

- 挿入損失 $\leq 0.5\text{dB}$ の接続を実現
- コア間クロストーク $\geq 40\text{dB}$
- リターンロス $\geq 50\text{dB}$
- サイズ; $\phi 5.5\text{mm} \times 30\text{mm}$ の小型化実現

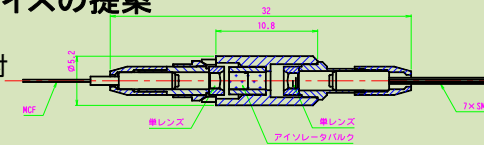


研究開発成果:アレイ型FI/FOデバイスのリターンロス特性の改善

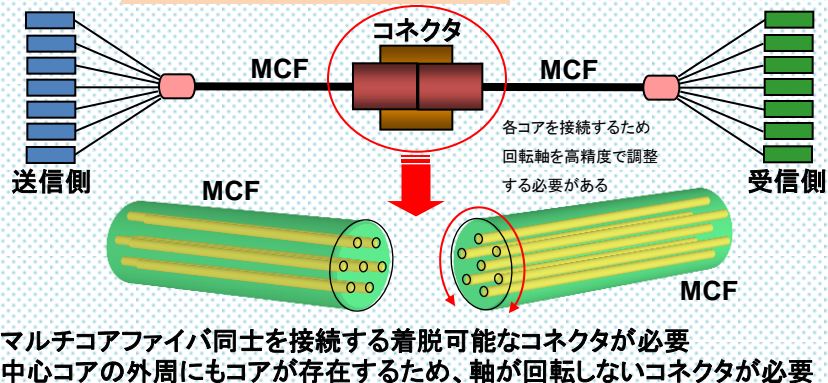
- SMFアレイ端面角度と光学部品の見直しにより全コアR.L. $\geq 45\text{dB}$ を実現

研究開発応用技術:機能デバイスの提案

- 単レンズ型FI/FOデバイス構成での機能素子デバイス化を検討
- サイズ; $\phi 5.2\text{mm} \times 32\text{mm}$ でのアイソレータ内蔵化を実現

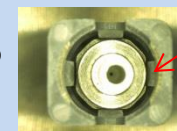


②MCFコネクタ接続技術

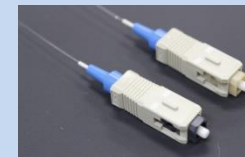


研究開発成果:直接接続型コネクタ

- フェルールを4方位より加圧保持することで、フロート性を維持しつつMCFの軸回転しないSCコネクタを開発し、フィジカルコンタクトによる接続で、接続損失 $\leq 0.3\text{dB}$ を実現。



4方位からのフェルール回転を防止するバネ構造



研究開発応用技術:コアピッチ変換デバイス

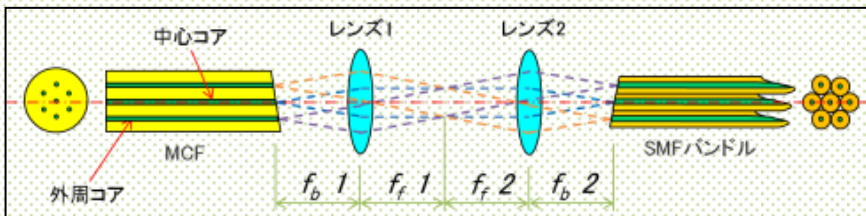
- 空間結合型コネクタ技術を応用することで、直接接続では実現不可能な、45μmと63.4μmコアピッチとの異なるMCF同士の接続を、挿入損失 $\leq 1\text{dB}$ の低損失での接続を実現させた。



(1) 小型空間結合型Fan-In/Fan-Outデバイスの実現

- ◆ 空間結合型MCFコネクタ技術を用いて、細径化して束ねたSMFバンドルとMCFとの単レンズ結合により、構成をシンプルにして、低損失な小型デバイス構造を実現させた。

光学系概略図



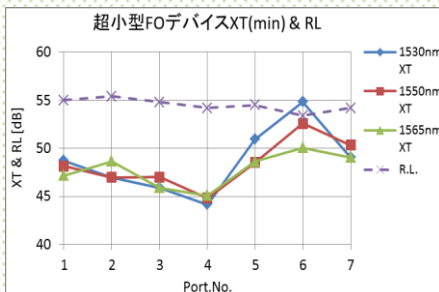
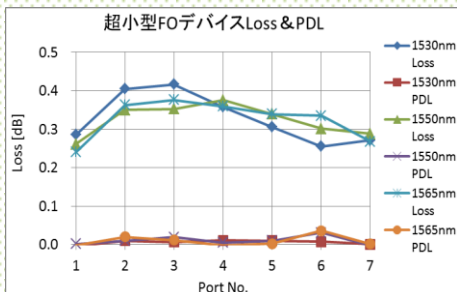
SMFクラッド径をMCFコアピッチと同等に細径化し、それを束ねてバンドル化することにより、単レンズによる共焦点光学系とすることでMCFとSMFの1:1の光学系都合が実現し、部品点数の少ない光学系を実現

試作デバイス

サイズ: $\phi 5.5 \times 30\text{mm}$ (ケース内寸法20mm)



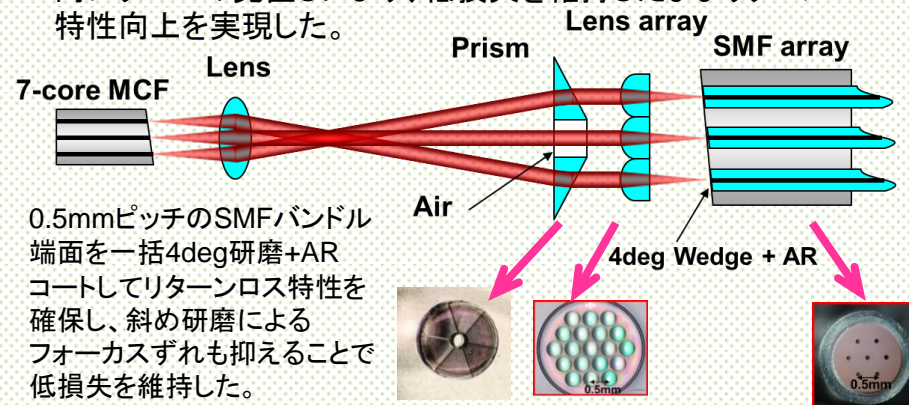
光学特性



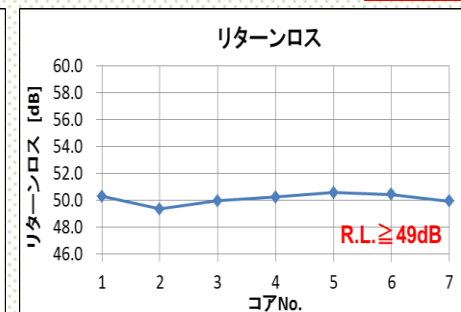
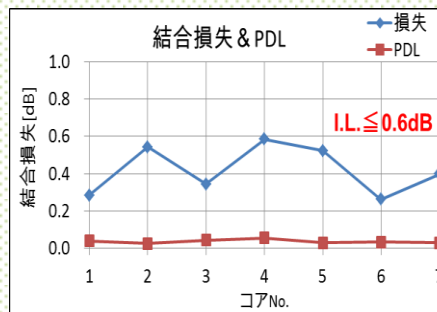
光学系の見直しにより、小型化を維持したまま低損失化を実現した。

(2) Fan In/Fan Outのリターンロス改善

- ◆ SMFバンドルの端面斜め研磨角度と、反射の原因となる偏向プリズムの見直しにより、低損失を維持したままリターンロス特性向上を実現した。



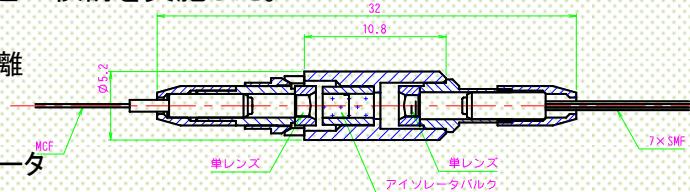
0.5mmピッチのSMFバンドル端面を一括4deg研磨+ARコートしてリターンロス特性を確保し、斜め研磨によるフォーカスずれも抑えることで低損失を維持した。



(3) Fan In/Fan Outの機能デバイス化

- ◆ Fan-inデバイス内に機能素子を組み込むことによる複合機能デバイス化の検討を、単レンズ型小型Fan-inデバイスに適用することで小型機能デバイスの実現性について、実現可能な光学系と構造の検討を実施した。

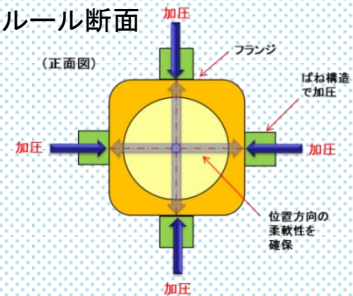
単レンズの焦点距離を長くすることで空間スペースを確保して、アイソレータ機能を付加した



(4) 直接続型MCFコネクタ

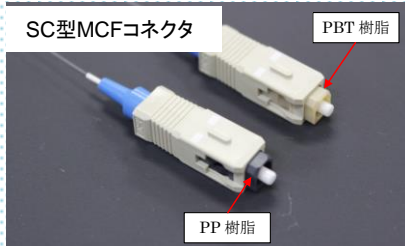
- 4方位からフェールルを加圧保持するコネクタ構造のばね構造、材質、加圧力を再検討することでランダム接続損失において低損失な接続を実現するSC型コネクタを開発した。

フェールル断面

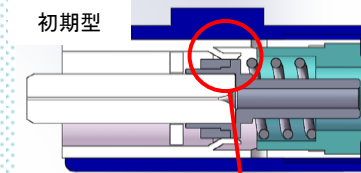


フェールルを4方位より収縮性のあるばね構造で加圧することで、軸回転を防止する。

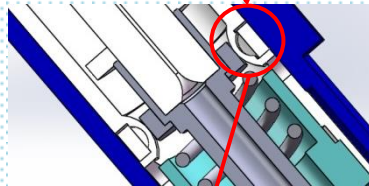
SC型MCFコネクタ



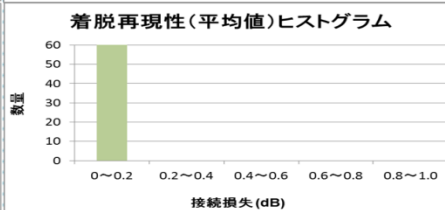
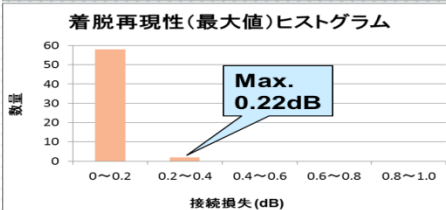
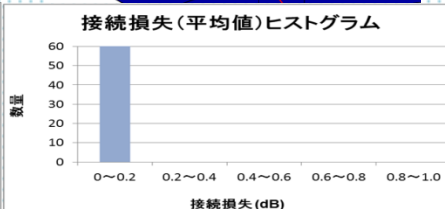
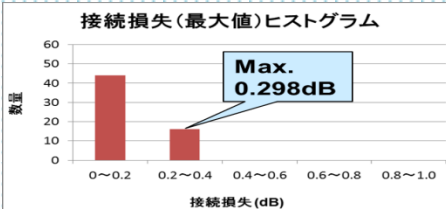
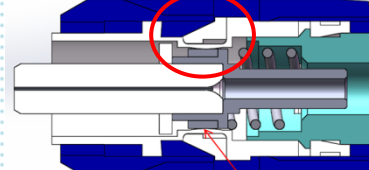
ばね構造とばねとなる樹脂材料を最適化検討



ばね構造をアーチ型に変更

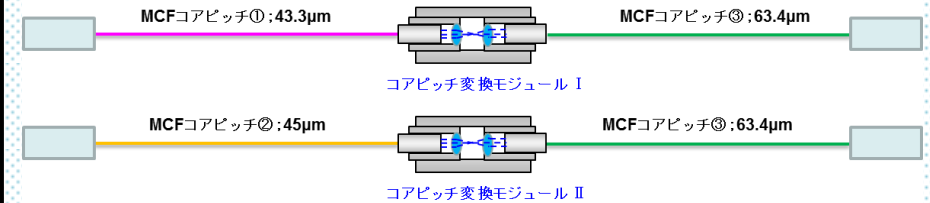
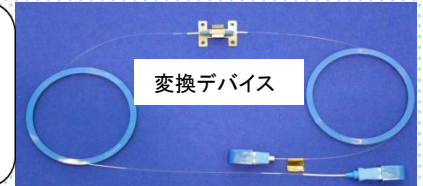
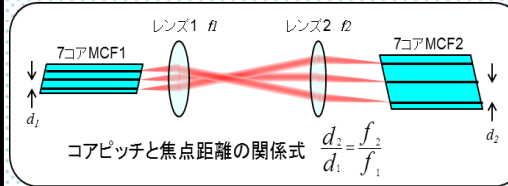


ばね構造を修正して ばね性向上



(5) 空間結合によるMCFのコアピッチ変換接続

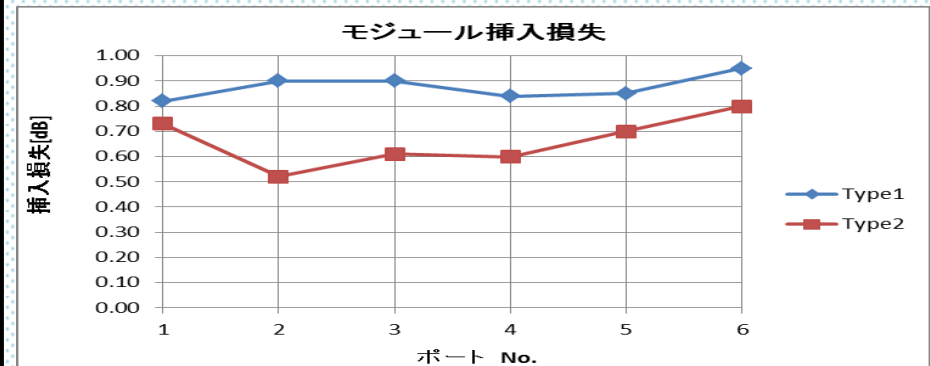
- 空間結合型のMCFコネクタ技術を応用発展して、コアピッチの異なるMCF同士を接続することが出来るデバイスを提案。使用するMCFのコアピッチ d_1 、 d_2 に応じてレンズの焦点距離 f_1 、 f_2 を選定することで、大きくコアピッチの異なるMCF同士を低損失で光学結合することを実現した。



試作したデバイスのMCFコアピッチと倍率、損失計算値

計算値	ピッチ1 [μm]	MFD1 [μm]	ピッチ2 [μm]	MFD2 [μm]	MFD倍率	レンズ1 のf[mm]	レンズ2 のf[mm]	レンズ 倍率	ピッチ倍率 のズレ	中心コア 損失[dB]	外周コア 損失[dB]
Type I	43.3	5.25	63.4	5.15	1.46	2.032	3	1.48	-0.8%	-0.6714	-0.6867
Type II	45	4.9	63.4	5.15	1.41	1.4741	2.032	1.38	2.2%	-0.3617	-0.3746

試作したデバイスの損失実測値



4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース 報道	展示会	標準化提案
革新的通信インフラの 研究開発	6 (0)	2 (0)	0 (0)	34 (5)	0 (0)	17 (5)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 研究開発成果の展示会での展示を実施

国内、海外の展示会に積極的に出展。また、研究会と併設の展示会にも成果品である空間結合型FI/FOデバイスやコネクタの原理説明や性能アピールだけでなく、成果品を静態展示することにより実用化可能な技術であることを積極的に展開した。

(2) 課題150間連携デモに空間結合型デバイスを提供

空間結合の利点を活用し、異なるコアピッチを持つMCF同士を繋げるレンズによる倍率変換技術を用いて、委託課題146及び170で研究された各社のコアピッチの違うMCFを光学接続する技術及び、デバイスを課題150合同デモ機に提供した。

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

① マルチコアファイバファンイン・ファンアウト

引き続きMCFのコア数やコアピッチなどのトレンドを把握し、委託研究で得られた技術への展開を行っていく。空間結合型の設計自由度の高さを活用し、FI/FOデバイスだけでなく、内部に機能部品を組み込んだ複合機能デバイス化を特徴として製品展開を進展させ、普及させる。機能デバイス化によりFI/FOデバイスだけではなく機能デバイスのトータルコストダウンを目指し、アンプや通信経路への省力化、コストダウンに貢献していく。

② マルチコアファイバ用コネクタ

MCF-FI/FOデバイスを手掛けていることを利点として、MCF-FI/FOデバイス付随のMCFコネクタとして提案し、普及活動を続けていく。また、各社開発のMCFコネクタとの互換性を向上させていき、標準化動向を確認していく。今後も様々なMCFが展開される見込みがあることから、空間結合型コアピッチ変換デバイスについても製品化検討を進め、どのようなMCFが普及した場合でも、それまで研究開発されたMCFデバイスが活用できるよう、提案していく。