

平成 26 年度研究開発成果概要書

課題名 : 革新的光ファイバの実用化に向けた研究開発
採択番号 : 17002
個別課題名 :
副題 : マルチコア光ファイバ技術と標準化指標の確立

(1) 研究開発の目的

本研究は、1Pbit/s・100km 伝送用マルチコア光ファイバ(MCF)技術の確立と標準化方針の策定、並びに数モードマルチコア光ファイバ(FM-MCF)技術による伝送容量拡大ポテンシャルの明確化を行うことを目的とする。

(2) 研究開発期間

平成 25 年度から平成 29 年度 (5 年間)

(3) 実施機関

日本電信電話(株) <代表研究者>、住友電気工業(株)、(株)フジクラ、古河電気工業(株)、国立大学法人北海道大学、国立大学法人横浜国立大学、公立大学法人大阪府立大学

(4) 研究開発予算(契約額)

総額 710 百万円(平成 26 年度 151 百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

課題 A-1 MCF の高品質・長尺化技術の開発

- A-1-1 紡糸条件の最適化技術 (日本電信電話(株))
- A-1-2 生産効率の最適化技術 (住友電気工業(株))
- A-1-3 スケーラブル製造技術 ((株)フジクラ)
- A-1-4 粉末形成クラッド技術 (古河電気工業(株))

課題 A-2 MCF の多重効率の向上と最適化技術の開発

- A-2-1 多重容量の最大化技術 (住友電気工業(株))
- A-2-2 空孔構造の活用技術 (日本電信電話(株))

課題 A-3 MCF 標準化方針の策定

- A-3-1 標準化指標とマイルストーンの明確化 (日本電信電話(株))

課題 B-1 FM-MCF 設計技術の検討

- B-1-1 FMF 構造条件の明確化 (日本電信電話(株))
- B-1-2 FMF 解析技術の確立 (国立大学法人北海道大学)
- B-1-3 FMF 製造とクロストーク特性の明確化 ((株)フジクラ)

課題 B-2 FM-MCF 用入出力及び評価技術の検討

- B-2-1 FMF 入出力技術の検討 (国立大学法人横浜国立大学)
- B-2-2 FMF 評価技術の検討 (公立大学法人大阪府立大学)

(6) これまで得られた成果（特許出願や論文発表等）

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	25	14
	外国出願	3	2
外部発表	研究論文	6	4
	その他研究発表	76	50
	プレスリリース・報道	2	0
	展示会	6	3
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

課題 A-1 MCF の高品質・長尺化技術の開発

A-1-1 紡糸条件の最適化技術（日本電信電話（株））

各種の製造法で作製した母材について、共有紡糸設備を用いた紡糸および特性評価に着手した。

また機械強度と紡糸張力との関係を実験検証し、高張力紡糸による光ファイバの高強度化を確認。本手法の MCF のクラッド径の拡大への適用の可能性を見出した。

A-1-2 生産効率の最適化技術（住友電気工業（株））

目標とするファイバ生産性指標を達成するためのマルチコアファイバ製法として、新たにコア挿入線引法を提案・検討し、小型母材による原理検証を行った結果、0.2dB/km 以下の伝送損失を両立可能なことを確認した。また本製法の母材大型化に必要な設備の検討及び準備を開始。懸念される重量のある大型母材とハンドル材同士との接続部の強度を保証するため、引張試験機を導入・評価を行い、製造上必要な接続強度が得られることを確認した。

A-1-3 スケーラブル製造技術（（株）フジクラ）

同一コア構造を有するコア材を用いて、スタックアンドドロ法と孔開け法でそれぞれ MCF を作製し、伝送損失を比較した結果、これら製法による伝送損失の差は見られないことを確認した。また、ファイバ長 100km 級母材の孔開け法の実現に向けて、製造工程の最適化を検討した結果、クラッド径 195 μm 、実効断面積が 110 μm^2 、長さ 94km である 7 コア MCF を実現した。

クラッド一括合成法による km オーダー以上の MCF の製造実現を目指し、製造工程の最適化を検討した結果、クラッド径 188 μm 、実効断面積が 110 μm^2 、長さ 2km、波長 1550nm の伝送損失値 0.205dB/km である 7 コア MCF を実現した。

A-1-4 粉末形成クラッド技術（古河電気工業（株））

粉末成形法に必要な静水圧加圧装置を整備し、7 コア MCF の多孔質母材（60mm ϕ × 350mmL）を実現した。また多孔質母材段階でのコア位置精度（センター/サイドコア間距離）は較差として $\pm 0.4\text{mm}$ 、外径 180 μm ファイバに換算して較差 $\pm 1.0\mu\text{m}$ を確認した。

課題 A-2 MCF の多重効率の向上と最適化技術の開発

A-2-1 多重容量の最大化技術（住友電気工業（株））

空間周波数利用効率（SSE）を最大化するファイバの検討を行い、7 コアをガラス径 116.4 μm に収容する設計を提案した。試作による評価の結果、本 MCF は均一コア、単一モード MCF としては最高の SSE を持つことを確認した。

また、多数コアを持つ MCF の効率的な評価の為、MCF の簡素な測定手段の検証を実施した。

A-2-2 空孔構造の活用技術 (日本電信電話(株))

2つのコア間に1個の空孔を配置したマルチコア光ファイバを作製し、空孔直径とコア間クロストークの関係について検討を実施した。コアと同等の直径を有する空孔を配置することで、10 dB/100km以上の改善効果が見込めることを確認した。

課題 A-3 MCF 標準化方針の策定

A-3-1 標準化指標とマイルストーンの明確化 (日本電信電話(株))

ITU-T、IECにおける光ファイバの国際標準化動向の情報収集を行うとともに、展示会等を通じ国内 MCF 技術の先導性を幅広く主張した。また、MCF のケーススタディとして、クラッド径および各コアの光学特性が国際標準に準拠する4コアファイバを試作し、良好な伝送特性が得られることを確認した。

課題 B-1 FM-MCF 設計技術の検討

B-1-1 FMF 構造条件の明確化 (日本電信電話(株))

高次モード伝送損失と遮断波長のクラッド外径依存性について、H25年度に試作したサンプルの特性評価を実施した。試作した5サンプルの基本モードと高次モードのそれぞれを対象に、各種光学特性(損失波長特性・曲げ損失)の評価及びマイクロバンドに対する損失増加特性を評価し、課題146で明らかにした外径依存性が高次モードに対しても有効であることを確認した。

FMF/FM-MCF 技術の確立に向け連携体制を一層強化し、FMF 評価技術に関しては共同提案者の検討技術を持ち寄り、励振比のクロスチェックを実施した。

B-1-2 FMF 解析技術の確立 (国立大学法人北海道大学)

2LPモード×2コアファイバのクロストーク特性を明確化するとともに、2LPモード×12コアファイバの設計を行い、低クロストーク特性と高空間多重度の両立が可能であることを明らかにした。また、結合型3コアファイバのDMD特性の理論検討を実施し、マイクロバンドによるモード間結合によって生じるDMDの低減効果を明らかにした。

B-1-3 FMF 製造とクロストーク特性の明確化 ((株)フジクラ)

前年度作製を行ったFM-MCFについて、詳細な評価を実施し、ECOCにて発表した。北海道大学と連携し、前年度作製を行なったFM-MCFよりもモード間群遅延差を改善したFM-MCFを試作・評価した。また、課題150ウで実施された伝送実験により、本ファイバの適用性を検証した。

前年度作製した2モード・2コアファイバ(2M-2CF)について、測定方法の検討を行った。

課題 B-2 FM-MCF 用入出力及び評価技術の検討

B-2-1 FMF 入出力技術の検討 (国立大学法人横浜国立大学)

3モードファイバのLP₀₁モードおよび縮退したLP_{11^{even}}とLP_{11^{odd}}モードも合分波できる非対称テーパ結合モード遷移型モード合分波器を設計し、クロストークの設計値が-29dB以下に出来る見通しを得た。また積層ポリマー導波路を用いて素子を試作し、モード合波器としての基本動作を実証した。しかし、クロストークは-6dB~-9dBと理論値よりもかなり低かったため、その原因調査と再設計・再試作による低クロストーク化を検討中である。また、新たにLP_{21^{odd}}モードまでの4モード合分波器の設計を行い、クロストークの設計値-24dB以下の見通しを得た。

B-2-2 FMF 評価技術の検討

(公立大学法人大阪府立大学)

単一コア2モードファイバ(TMF)のモード励振比評価の提案法の妥当性を実験で明らかにするとともに、平均モード結合係数の評価法を提案した。高次モード遮断波長の評価法を用いた高次モードのモード損失評価法を提案した。FMFの実効的なモードフィールド径の定義の提案とLP₁₁モード間の接続損失の簡単な定式化を行った。2コア結合型MCFのモード分散特性のモデル化を行い、コア間距離とモード分散特性の関係を検討した。更に、双方向OTDRを用いたFMFの長手方向のファイバパラメータの評価法について基本検討した。