

令和 7 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 24401
研究開発課題名 空孔構造光ファイバエコシステムに向けた光ファイバと接続技術の研究開発
副 題 高入力光伝送用空孔構造光ファイバ技術の研究開発

(1) 研究開発の目的

本研究開発では、空孔構造光ファイバコネクタ技術、既存光ファイバとの結合技術、空孔構造光ファイバ設計・製造技術の 3 つの要素技術検討を通して、空孔構造光ファイバを用いた高入力光伝送システムの要素技術を確立することを目標とする。具体的には、ファイバ設計・製造・コネクタ化の課題間連携を活用し、汎用 SMF (Single Mode Fiber) の入力光強度上限を、空孔コア構造及び空孔クラッド構造において、それぞれ+10 dB 及び+3 dB 以上向上することを目標とする。

(2) 研究開発期間

令和 7 年度から令和 10 年度 (4 年間)

(3) 受託者

NTT 株式会社<代表研究者>
株式会社白山
国立大学法人北海道大学
公立大学法人公立千歳科学技術大学
住友電気工業株式会社
ライテラジャパン株式会社

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 7 年度から令和 8 年度までの総額 140 百万円 (令和 7 年度 40 百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 空孔構造光ファイバの光コネクタ技術の研究開発 (株式会社白山)

研究開発項目 2 空孔構造光ファイバの既存光ファイバとの結合技術の研究開発
(NTT 株式会社)

研究開発項目 3 高入力光伝送用空孔構造光ファイバの設計・製造基盤技術の研究開発

3-1 高入力反共振空孔構造光ファイバの設計技術 (国立大学法人北海道大学)

3-2 入れ子型反共振空孔構造光ファイバの設計・製造技術
(公立大学法人公立千歳科学技術大学)

3-3 空孔コアファイバ母材製造及び紡糸に関する基盤技術 (住友電気工業株式会社)

3-4 高入力空孔クラッド石英マルチコア光ファイバの設計・製造技術
(ライテラジャパン株式会社)

3-5 空孔構造を活用した高入力石英コア光ファイバ技術 (NTT 株式会社)

(6) 特許出願、外部発表等

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

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目1：空孔構造光ファイバの光コネクタ技術の研究開発

SMF を用いて劣化したファイバを押し出す、ファイバを保持する、被覆除去が行える3つの機構部品を有するコネクタの設計及び部品準備を行った。コネクタ設計は、標準クラッド径で押し出し、保持機能を有するSC型単芯コネクタの一次設計を完遂した。部品準備は、自社試作により各機能の構造及びアセンブリ構造の効果および実現性を確認し、高精度サンプル取得のための一次試作依頼を完遂した。一次試作部品を用いた部品起因の接続損失の実力値試験を、R8年度に実施する。

研究開発項目2：空孔構造光ファイバの既存光ファイバとの結合技術の研究開発

1 重反共振空孔コア光ファイバに対して、波長1550nmにおいて伝搬モードと漏洩モード間の実効屈折率差 ΔN_{eff} を一定値以上とすることで、空孔コアファイバ(HCF: Hollow Core Fiber)の特異な曲げ損失増加を所望の曲げ半径の範囲内で制御できることを見出した。また、2 重入れ子型空孔コア光ファイバに対して、SMFとのモードフィールド径(MFD: Mode Field Diameter)不整合損失を含むリンク損失を考慮し、伝送距離に対する設計指針を考察した。上記成果より、一般口頭発表1件を達成した。

研究開発項目3：高入力光伝送用空孔構造光ファイバの設計・製造基盤技術の研究開発

3-1 高入力反共振空孔構造光ファイバの設計技術

反共振空孔構造光ファイバ(AR-HCF: Anti-Resonant Hollow Core Fiber)の高速数値シミュレーション技術基盤を構築し、単層(ANF: Antiresonant Nodeless Fiber)、単ネスト(NANF: Nested-ANF)、二重ネスト(DNANF: Double-NANF)の各構造におけるチューブサイズの影響を系統的に調査した。また、SMFとのMFD整合条件下でのDNANF特性の比較検討を実施した。

3-2 入れ子型反共振空孔構造光ファイバの設計・製造技術

入れ子型反共振空孔構造光ファイバの設計高度化を目的として、ワークステーション上に有限要素法解析基盤を構築するとともに、外部計算資源を活用したシミュレーション環境の整備を行った。これにより、4~6リング構造における損失特性の精緻な評価および計算条件の最適化を実施し、構造パラメータ依存性ならびに製造トレランスに関する知見を得た。さらに、光ファイバ製造プロセスにおける各種パラメータをリアルタイムでモニタリング可能な環境の構築に着手した。

3-3 空孔コアファイバ母材製造及び紡糸に関する基盤技術

HCFの母材試作およびファイバ試作を行った。加えて、構造の長手安定性を確認するための測定手法を考案し、ファイバ断面寸法を長手方向の複数箇所にて測定した。その結果、長手安定性評価に必要な基礎データを取得し、構造安定性に関する技術課題の整理を行った。

3-4 高入力空孔クラッド石英マルチコア光ファイバの設計・製造技術

有限要素法ベースのシミュレーションを用いてチューブ厚さ(Y)、コアロッドのクラッド/コア比 b/a などに対する表面散乱および閉じ込め損失を調査し、その最適範囲を明確化した。また、予備実験を行い、良好な端面形状とともに、波長 1550 nm において 0.23~0.27 dB/km、かつ広帯域で低損失な特性を確認した。コア間クロストーク (XT: CrossTalk) に関しても、-47~-57 dB/100 km と良好な特性を有しており、空孔クラッドが効果的にファイバ特性に寄与していることを確認した。さらに、この予備実験を通じた課題の洗い出しを行い、その改善策の予備検討を完了した。

3-5 空孔構造を活用した高入力石英コア光ファイバ技術

低損失性と広帯域性を両立する空孔アシストファイバ (HAF: Hole Assisted Fiber) の設計領域を導出した。設計領域を基に、1 次試作 HAF 構造を決定し、小径コアおよび低比屈折率差コアの母材作製を完遂した。

(8) 今後の研究開発計画

最終目標の到達に向けて、各研究開発項目の中間目標は次のとおりとする。

研究開発項目 1 では、弱接触接続方式コネクタの 1 次試作の実施及び光学特性の取得を行う。

研究開発項目 2 では、空孔コアファイバの波長 1550 nm における漏洩損失と MFD の構造依存性をマップ化し、SMF との MFD 不整合損失を低減可能な構造条件を抽出する。

研究開発項目 3 では、空孔コア構造に関しては構造パラメータに対する光学特性の変化及び初期試作を通して、空孔コアファイバ製造に関する課題抽出を実施する。空孔クラッド構造に関しては、数値解析により曲げ損失や MFD などの光学特性を評価し、各光ファイバの 1 次試作に着手する。