

令和2年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 : 21201
 研究開発課題名 : 次世代 MCM 超小型光トランシーバの研究開発
 副 題 : マルチコアファイバと VCSEL アレイを用いた
 次世代 MCM 超小型光トランシーバの研究開発

(1) 研究開発の目的

マルチコアファイバ (MCF: Multi Core Fiber) を用いた空間多重 (SDM: Space Division Multiplexing) 方式を採用し、日本発の独創技術である面発光レーザアレイ (VCSEL Array: Vertical Cavity Surface Emitting Laser Array) をコア技術として、400Gbps 級大容量伝送・小型実装を可能にする、これまでにない新たな MCM 型光トランシーバの基盤技術の研究開発を行う。また、25Gbps/ch 以上の高速動作可能な波長 850nm 帯、および 1060nm 帯 VCSEL アレイの開発とその MCM 実装に適用可能な技術開発、および MCF との低損失直接光結合を可能にするモジュール技術開発を行う。

(2) 研究開発期間

令和元年度から令和2年度(2年間)

(3) 実施機関

国立大学法人東京工業大学<代表研究者>
 富士ゼロックス株式会社
 富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 120 百万円(令和2年度 60 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 マルチコアファイバを用いた MCM 型光トランシーバ基盤技術開拓
 1-1. MCM 型光トランシーバ基盤技術開拓
 1-2. MCM 型光トランシーバのための VCSEL アレイ開発 (富士ゼロックス株式会社)

研究開発項目2 MCM 光トランシーバモジュールの製作および動作実証
 2-1. MCM 光トランシーバモジュールの設計・評価
 (富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社)
 2-2. MCM 光トランシーバモジュールの動特性評価 (国立大学法人東京工業大学)

(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	14	8
	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	2	1
--	-------	---	---

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目1：マルチコアファイバを用いた MCM 型光トランシーバ基盤技術開拓

1-1. MCM 型光トランシーバ基盤技術開拓（東京工業大学）

波長 850nm 帯、1060nm 帯結合共振器 VCSEL アレイ（表面・裏面出射型）の設計、製作を行い、その製作プロセスを確立し、高効率直接結合に向けて VCSEL のモードフィールドを 8 μ m 程度まで拡大するための構造を実現した。同時に、通常構造の 2 倍以上の変調帯域（25GHz@850nm, 23GHz@1060nm）を実現し、アレイ素子の単チャンネル動作・室温動作で、当初目標を超える 36Gbps(NRZ), 50Gbps(PAM-4)を達成した。さらに、製作した VCSEL と単一モード光ファイバとの結合効率を評価し、モードフィールドを拡大した構造により、850nm 帯結合共振器面発光レーザでは 1060nm 単一モード光ファイバとの最小結合損失 1.1dB、1060nm 帯では、1300nm 単一モードファイバ(G652)との最小結合損失 1.5dB を実現し、アライメントトレランスを明らかにした。

1-2. MCM 型光トランシーバのための VCSEL アレイ開発（富士ゼロックス（株））

フリップチップ対応可能なスルービア電極形成工程を用いて、マルチコアファイバ仕様（暫定）に合わせて高密度配置した 16chVCSEL チップの試作を実施した。構造がシンプルな n 電極を共通化した共通グラウンドタイプの VCSEL の試作を行い、スルービア構造の確認と実装検討用として FOC 様へ VCSEL チップの提供を行うことができた。

共通グラウンド構造で作製した VCSEL は、ビア深さ 100 μ m、開口サイズ 70 μ m、裏面電極サイズ 70 μ m のスルービア電極構造が形成出来ており、スルービア形成前後での静特性および動特性に変化はなく、スルービアを形成しても VCSEL 素子への影響がないことが確認できた。

研究開発項目2：MCM 光トランシーバモジュールの製作および動作実証

2-1. MCM 光トランシーバモジュールの設計・評価

（富士通オプティカルコンポーネンツ(株)）

伝送容量 25.6Tbps 級 MCM を実現可能な MCM 型光トランシーバとして、外形寸法を 8×16×8mm とし、内部構造にマルチコアファイバ(MCF)-光半導体素子の直接光結合構造、光半導体素子-インターポーザ-EIC の接続構造、および EIC から筐体に直接放熱する構造を持つトランシーバ基本構造を決定した。光結合について、MCF と光半導体素子(VCSEL アレイ・PD アレイ)の調芯装置を構築、光アライメント手法を考案しサンプル試作により多チャンネル光結合を実証、ファイバ接着固定手法も確立し MCF-光半導体素子の安定した光結合の技術を開発した。光半導体素子-インターポーザ-EIC の接続構造を実現する実装手法として導電ペーストバンプによるフリップチップ実装を選定、試作評価を通して光半導体素子と EIC との安定した接続技術を開発した。熱シミュレーションにより前記構造の有効性検証とインターポーザ材質の検討を行い、光半導体素子と EIC の温度上昇を抑圧する放熱構造を決定した。以上を通し MCM 型光トランシーバの実装構造に関わる基盤技術を確立した。

2-2. MCM 光トランシーバモジュールの動特性評価（東京工業大学）

1060nm 帯 VCSEL アレイを単一モード光ファイバ(G652) にレンズレスで光結合させ、リンク距離 5km において、室温、個別チャンネル独立駆動で 50Gbps(NRZ)、70Gbps(PAM-4)伝送を行い、目標を超える 25~50Gbps×16ch=400~800Gbps の実現可能性を実証した。また、波長チャープとファイバの負の波長分散によるパルス圧縮と、その伝送特性の改善効果を示した。

(8) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

【計画】

本研究で開発した結合共振器面発光レーザは、既に確立された面発光レーザの製造プロセスに適合し、単一モード動作と高速化を可能にし、かつこれまで単一モード素子での大きな制限要因であった微小な酸化開口の問題を回避することができる。さらに 1060nm 帯まで長波長化することで、5km 以上まで高速伝送を実現できたことは大きな意味がある。このように現行の 850nm 帯面発光レーザに対して大きな優位性を示すとともに、これまでリンク距離が 100m 程度までに制限され、それ以上のリンク距離では DFB レーザが唯一の解であったが、今回の研究開発で、面発光レーザのデータリンクへの汎用性を大きく広げられた。今後は、面発光レーザの小型実装と低消費電力化の特徴を活かし、面発光レーザアレイと MCF からなる CPO (Co-package Optics) のみならず、LR 仕様のデータセンター内データリンクなど大きな展開が期待できる。

スルーピア構造および二重配線プロセスフローにおいては、まだ均一性に課題を抱えているため、引き続き確度を高めるようプロセス開発を実施していく予定。今後 1, 2 年をめどに均一性の改善と量産技術開発をすすめ、安定生産ができる体制を整えていく。富士通オプティカルコンポーネンツ社をはじめ、トランシーバメーカーへも積極的に試作品を提供し、マルチコアファイバを使ったトランシーバの実用化につなげたい。学会発表なども積極的に活用していきたい。

本研究の光トランシーバ開発ではマルチコアファイバと光半導体素子の光学系実装や素子周辺の実装に重点を置き基盤技術の開発を行ったが、これに加えて多チャンネル集積の高速伝送設計も MCM 型光トランシーバには必要となる。今後は波長 1060nm 用シングルモード MCF、16ch 集積 25G NRZ 対応 EIC、16ch 高速 PD アレイとインターポーザなどのキー部品開発を行い、MCM 型光トランシーバの研究開発を進める予定である。

【展望】

本研究の MCM 形態は最近では Co-Packaged Optics (CPO) とも呼ばれるようになり様々な視点で議論が活発化している。業界・市場の動向を注視して設計に反映しつつ、MCM (CPO) 型光トランシーバの実用化を目指し開発を推進予定。実現性検証完了後はそのデータ、プロトタイプをもってスイッチベンダー、装置ベンダーにアピールし、連携による製品化を推進する。