

令和元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二年度(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(令和元年度 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 (国立大学法人東京工業大学)  
 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	5	5
	標準化提案	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	1	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）

裏面出射型 1060nm 帯 VCSEL、表面出射型 850nm 帯 VCSEL の 25Gbps 高速変調動作とその MCM 実装に適合したアレイチップ開発、および MCM との低損失直接光結合の実現を目指し、1060nm 帯 VCSEL ウェハの設計を完了し、2 社のエピベンダーと成長条件等を協議し、良質な 1060nm 帯 VCSEL ウェハを得た。マルチコアファイバとの結合設計を行い、モードフィールド径を 7 $\mu$ m 程度まで拡大することで、レンズレスで裏面出射、表面出射の 2 方式で結合損失 1dB 以下の低損失結合が可能であることを計算により示した。また、実験的に 850nm 帯 VCSEL を試作し、結合共振器構造を導入することで、単一モードでモードフィールドを 8 $\mu$ m 程度まで拡大することに成功し、モードフィールド径 6 $\mu$ m 単一モード光ファイバ（波長 1.1 $\mu$ m 帯）とのレンズレス直接結合で 1.1dB の低損失結合を実現した。また、マルチコアファイバに適合する 16 アレイ、7 アレイの VCSEL アレイを試作した。

#### 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)）

マルチコアファイバの仕様に対応する 850nm 表面出射型スルーピア VCSEL デバイスの設計・試作を行い、ファイバへの実装・伝送特性評価結果から、25Gbps 駆動を達成するためのデバイス構造およびプロセスの最適化を行った。また、シミュレーションによるスルーピア構造の伝送特性および放熱性を検討した。

25GHz 850nm 単ビット VCSEL を用いてスルーピア形成プロセス条件を確立した。GaAs 基板へ 60 $\mu$ m 径(電極パッドサイズ相当)、深さ 100 $\mu$ m 以上の垂直形状ビアを形成するためのエッチング条件の最適化を行った。形成されたビアの埋め込みプロセスについては、銅めっきと導電性ペーストの 2 種を比較検討し、埋め込み性と膜応力の観点から、導電性ペースト埋め込みプロセスを選択した。完成した埋め込みビアが形成された単ビット VCSEL を用いて、静特性・動特性を評価し、シリーズ抵抗は 10 $\Omega$ 程大きくなるものの、光出力の劣化なく室温での 25Gbps 駆動が可能であることを確認した。また、シミュレーションによる伝送特性の評価を行い、16ch マルチコア対応 VCSEL の配線設計を完了し、試作サンプルの作製を開始した。

### 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))

MCM 光トランシーバの全体構造の検討とシミュレータ ANSYS による熱伝導解析を実施し、駆動電子回路(EIC)の放熱性の向上と、EIC から光半導体素子への熱流入防止とを両立しうるインターポーザ材質および放熱部品材質と構造を選定した。さらに、本構造において VCSEL アレイ-マルチコアファイバ間の光路に充填する接着剤の厚さが VCSEL アレイの放熱に大きく影響することをシミュレーションで確認し、今後の実験結果と合わせてその厚さの最適化を図ることの重要性を見出した。以上により、MCM 光トランシーバの基本コンセプトと放熱構造を決定した。また次年度の原理検証に向け、マルチコアファイバと VCSEL アレイの光結合評価に対応した光学調芯装置を構築した。

#### 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）

結合共振器を導入した 850nm 帯 VCSEL の単ビット素子を試作し、小信号変調帯域で 25GHz の単一モード VCSEL としては、最高レベルの小信号変調帯域を実現するとともに、大信号変調で NRZ 36Gbps、多値変調 PAM-4 48Gbps を実現した。さらに、1.1 $\mu$ m 帯の単一モード光ファイバの伝送帯域としては、130Gbps $\sqrt$ km の高速伝送の可能性を示した。