

令和 7 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 23901
 研究開発課題名 短距離超高速光ファイバリンクのための超高速並列レーザ光源技術の研究開発
 副 題 短距離超高速光ファイバリンクのための超高速面発光レーザアレイの研究開発

(1) 研究開発の目的

超高速かつ拡張性に優れ、大規模 2 次元集積可能な面発光レーザをベースとする光トランシーバを実現するため、従来の半導体レーザの直接変調帯域の速度限界を打破する新規構成法を探索し、チャンネル（1 素子）当たり 200 Gbps 以上の高速化を実現するとともに、高密度集積（並列化）を可能とするレーザ特性の高均一・高品質化を行い、アレイ集積による 10 Tbps 級超並列・高速面発光レーザ実現への道筋を明らかにすることを目的とする。

(2) 研究開発期間

令和 6 年度から令和 7 年度（2 年間）

(3) 受託者

国立大学法人東京科学大学＜代表研究者＞
 富士フイルムビジネスイノベーション株式会社

(4) 研究開発予算（契約額）

令和 6 年度から令和 7 年度までの総額 200 百万円（令和 7 年度 100 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 超高速レーザ光源の研究開発（国立大学法人東京科学大学）

- 1-1. レーザ光源の高速化技術の研究開発
- 1-2. 超高速レーザ光源を用いた超高速光ファイバ伝送技術の研究開発
- 1-3. 超高速レーザ光源を用いたトランシーバ実装評価の実施

研究開発項目 2 大規模・高均一並列レーザ光源の研究開発（富士フイルムビジネスイノベーション株式会社）

- 2-1. 並列レーザ光源の大規模・高均一化技術の研究開発
- 2-2. 並列レーザ光源の低消費電力化技術の研究開発
- 2-3. 並列レーザ光源の低損失光ファイバ結合技術の研究開発

(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	3	3
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	2	2
	その他研究発表	19	16
	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	3	2

(7) 具体的な実施内容と最終成果

研究開発項目1：超高速レーザ光源の研究開発

1-1. レーザ光源の高速化技術の研究開発

高歪 GaInAs/GaAsP 量子井戸を活性領域として、結合共振器構造を導入することで、面発光レーザとしては世界最速の変調帯域 62.5GHz、256Gbps(PAM4) 変調動作を実現するとともに、低バイアス電流での高速動作により、チップ消費電力として世界最小の 48fJ/bit を実証した。さらに、3mm×1mm のチップ内に 48ch アレイを集積し、各素子を 200Gbps/ch の高速変調動作確認を行い、9.6Tbps 光エンジンの可能性を提示した。

1-2. 超高速レーザ光源を用いた超高速光ファイバ伝送技術の研究開発

機構の自主研究部門と連携し、信号処理技術を適用することにより、試作した素子の伝送距離 2km 以上の超高速光ファイバ伝送を検証した。そこでは、電気段での非線形信号処理技術を駆使して、光ファイバの分散による波形劣化を補償する技術を活用して、高速化と光ファイバ伝送距離の拡大を図った。200Gbps、伝送距離 2km の単一モード光ファイバ伝送に成功し、伝送速度・距離積として、従来の多モード光ファイバリンクの 40 倍以上の 400Gbps・km を達成した。

1-3. 超高速レーザ光源を用いたトランシーバ実装評価の実施

国内企業と連携し、富士フイルム BI 社とともに、開発した 200 Gbps/ch、チップ消費電力 100fJ/bit 仕様の 8ch 面発光レーザアレイを 800Gbps CPO トランシーバに実装試験した。伝送速度 106Gbps/ch、単一モード光ファイバ 2km のループバック伝送により、符号誤り率 $1.9E-6$ 以下、消費電力 4.5 pJ/bit の低消費電力動作を検証し、プラグパブルトランシーバ、あるいはシリコンフォトリクス CPO トランシーバに対しても、低消費電力の優位性が示された。

研究開発項目2：大規模・高均一並列レーザ光源の研究開発

2-1. 並列レーザ光源の大規模・高均一化技術の研究開発

6 インチウェハプロセスに必要なフォトリソマスクの作製、プロセス開発を進めた。また、波長 1060nm でのレーザ発振および高速直接変調動作を実現するため、高品質な高歪 InGaAs 量子井戸構造を適用した 6 インチ面発光レーザウェハを作製した。チップ面積 2mm^2 以下に 32ch 以上を配置した高密度面発光レーザアレイを作製し、しきい値電流ばらつき $\pm 10\%$ 以下、変調速度 200Gbps、サイドモード抑圧比 30dB 以上の単一モード発振動作を実証した。

2-2. 並列レーザ光源の低消費電力化技術の研究開発

面発光レーザの低消費電力動作に向けて、低しきい値電流のチップを作製した。バイアス電流 7.5mA で、200Gbps PAM4 光波形の開口が確認でき、直接変調動作でエネルギー消費効率 93fJ/bit が得られ、目標の 100fJ/bit 以下を達成した。

2-3. 並列レーザ光源の低損失光ファイバ結合技術の研究開発

情報通信研究機構の有する単一モード光ファイバアレイとの低損失結合技術を用いて、32ch 面発光レーザアレイの全 ch で光結合を確認し、テラビット級動作の可能性を示した。平均結合損失は 5.5dB となり、目標の 3dB 以下よりも大きい結果となった。1ch で単一モード光ファイバに結合し 200Gbps 光波形開口を確認できており、面発光レーザの広がり角を反映してマイクロレンズアレイを設計し適用することで、結合損失が改善しテラビット級動作が実現できる見込み。

（８）研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

研究開発段階に依りて学会発表や展示会を通じて、広く世間に技術力を周知する活動を行う。研究成果を市場に導入するためには、市場で使用される光トランシーバまたは光トランシーバを模擬した性能評価データを取得し、顧客候補となるメーカーへのアピールが重要となる。レーザドライバメーカー、実装メーカーとの協業も視野に入れて獲得した技術を実用化する。光トランシーバメーカーや機器メーカーとも連携することで、駆動ボードやトランシーバ試作品での評価、商品化に向けたロバスト性評価など、より実用的な形態・環境での評価が期待できる。面発光レーザチップを光トランシーバメーカーやSier・機器メーカーにサンプル提供し評価いただくことで、市場認知度を高め産業応用に展開していく。今後、新たに Co-Packaged Optics(CPO) モジュールが多く使用され始めることも想定される。面発光レーザの特徴でもある 2 次元アレイ化技術を生かして CPO への展開を考慮した研究開発を継続することで、高速低消費電力光通信技術にも貢献できる。

以上