

2024 年度 委託研究

課題 239

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

研究計画書



1. 研究開発課題

『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』

2. 目的

持続可能な社会の構築には、社会基盤として不可欠な超高速光通信ネットワークの更なる進化が必要である。第5世代移動体通信(5G)やAI等の普及により、通信トラフィック量は増大を続け、幹線系光通信網に対しては、100 Tbps を超える大容量波長多重伝送技術が可能になりつつある。一方、データセンタ(DC)やスーパーコンピュータにおける装置間・装置内光インターコネクトや次世代移動体通信(6G)アクセス網等の短距離光通信においても、高速通信需要が加速的に高まっており、高速性や低消費電力性に優れた革新的な光源技術の開拓が不可欠となっている。

機器間通信の標準規格であるEthernetは、過去40年あまりでリンク速度が8万倍に拡大し、今や1.6 Tbps、3.2 Tbps級の大容量伝送の標準化が議論されている。光源におけるチャンネル(1素子)あたりの高速化とその並列化により大容量化が図られてきたが、現状の技術ではチャンネルあたり毎秒100ギガビット(Gbps/ch)程度が限界であり、将来のDCやアクセス網等で扱われる通信トラフィックに対応するためには、さらなる光源技術の高速化が必須である。現在、DC等の機器間光ファイバリンクの大容量化(高速化・並列化)や低消費電力化を実現するため、次世代の超小型光トランシーバの開発競争が世界中で活発に繰り広げられているが、大容量化、スケラビリティ、小型実装、低消費電力化への要求を満たす解が見出されていない。

次世代の光トランシーバ技術として、現状の通信速度限界を超える200 Gbps/ch以上の超高速かつ低消費電力なレーザ光源技術の開発が要求されている。さらに、小型高密度実装の要求から、空間的な拡張性の高い並列レーザ光源技術の開発が望まれており、これらを両立する新規技術開発と産学官連携による国際競争力強化が喫緊の課題である。こうした光トランシーバに対する要求は、DC事業者や機器ベンダのニーズにより変化していくため、それを迅速に捉えながら研究開発を進めることも重要である。

本研究開発課題では、既存技術の2~4倍以上となるチャンネルあたり200~400 Gbpsの超高速動作と、低消費電力動作を両立する超高速レーザ光源を実現するとともに、素子の並列化により毎秒数テラビットの通信容量を実現する並列レーザ光源の基盤技術を確立する。さらに、単一モード光ファイバを用いた2 km以上の超高速伝送を実証し、ハイパースケールデータセンタ、AIコンピューティングや次世代移動体通信ネットワークへの適用可能性を示すことを目的とする。

3. 内容

本研究開発課題では、次世代の短距離光トランシーバ技術として、現状の通信速度の限界を打破するため、新技術の導入等により、チャンネルあたり200 Gbps以上の超高速かつ100 fJ/bit以下の低消費電力動作可能なレーザ光源を開発し、単一モード光ファイバを用いた2 km以上の超高速伝送を実証する。また、空間並列拡張により数Tbpsの通信容量の可能性を示すため、高密度かつ高均一な32ch以上の並列レーザ光源を開発し、ファイバアレイ等の空間多重光ファイバへの低損失な大規模並列結合を実現する。以下に研究開発項目を示す。

研究開発項目1 超高速レーザー光源の研究開発

(1) レーザ光源の高速化技術の研究開発

高周波応答特性の改善や結合共振器等の新規構造を導入することにより、200 Gbps 以上の超高速な変調速度を可能にするレーザー光源の高速化技術を開発する。また、高速性を維持した発振モード制御技術を確立し、モードフィールド径の整合による単一モード光ファイバとのレンズレス高効率結合を実現する。

(2) 超高速レーザー光源を用いた超高速光ファイバ伝送技術の研究開発

(1) で開発する変調速度 200 Gbps/ch 以上の超高速レーザー光源を用いた単一モード光ファイバ伝送技術を開発する。国立研究開発法人情報通信研究機構（以下、「機構」という。）の自主研究と連携し、信号処理技術や低損失結合技術を適用することにより、伝送距離 2 km 以上の超高速光ファイバ伝送を実現する。

(3) 超高速レーザー光源を用いたトランシーバ実装評価の実施

トランシーバメーカ等と連携し、開発した 200 Gbps/ch 以上の超高速レーザー光源を評価基板に実装し、高速性や消費電力の適性を確認するとともに、特性改善のフィードバックを進める。また、トランシーバメーカ等が進める標準化活動等に対し、開発した超高速レーザー光源の特性や伝送特性等を提供する。

研究開発項目2 大規模・高均一並列レーザー光源の研究開発

(1) 並列レーザー光源の大規模・高均一化技術の研究開発

研究開発項目1で開発する超高速レーザー光源をさらに空間的に並列化するため、並列レーザー光源の大規模化と高均一化を実現する。低コスト化に向けた6インチウェハプロセスを前提とし、32ch以上(2×16、6×6等)の並列レーザー光源を基板面内に多数配置した大規模プロセス技術を確立するとともに、面内における並列レーザー光源の諸特性(しきい値電流や変調帯域等)の均一性を評価する。

(2) 並列レーザー光源の低消費電力化技術の研究開発

並列レーザー光源を搭載する光トランシーバの低消費電力化を実現するため、高速化とともに低消費電力動作を実現する技術の研究開発を実施する。

(3) 並列レーザー光源の低損失光ファイバ結合技術の研究開発

機構の自主研究と連携し、32ch以上の並列レーザー光源と単一モード光ファイバアレイとの低損失結合を実現する。これにより数 Tbps (例: >200 Gbps/ch × 32ch 等) を超える通信容量の可能性を示すとともに、10 Tbps 超まで拡張可能な高密度並列レーザー光源基盤技術の確立を目指す。

4. アウトプット目標

研究開発期間終了時までには達成すべき目標は下記のとおりとする。

研究開発項目1 超高速レーザー光源の研究開発

(1) レーザ光源の高速化技術の研究開発

超高速レーザ光源の高速化設計を確立し、変調帯域 40 GHz 以上、変調速度 200 Gbps 以上を実証する。さらに、400 Gbps 級の変調速度を目指し、多値変調や信号処理技術等を適用した高速化試験を実施し、変調速度限界を明らかにする。

(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

機構の自主研究との連携により、信号処理技術や低損失結合技術等を適用することにより、変調速度 200 Gbps 以上、距離 2 km 以上の単一モード光ファイバ伝送（受信信号の符号誤り率が前方誤り訂正しきい値（7%）以下）を実証する。

(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

トランシーバメーカー等と連携し、開発した超高速レーザ光源が評価基板において、200 Gbps 以上の高速性と 100 fJ/bit 以下の低消費電力性を有し、次世代トランシーバに適用できることを実証する。

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

(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を確立し、チップ面積 2 mm² 以下に 32ch 以上を配置した高密度並列レーザ光源を実証する。さらに、しきい値電流ばらつき±10%以下、全チャネルの変調速度 200 Gbps/ch 以上、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する。

(2) 並列レーザ光源の低消費電力化技術の研究開発

全チャネルのエネルギー消費効率が 100 fJ/bit 以下の低消費電力動作を実証する。

(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

機構の自主研究と連携し、32ch 以上の並列レーザ光源と単一モード光ファイバアレイとの低損失結合（接続損失 3dB 以下）を実証する。

5. アウトカム目標

- 2026年 200 Gbps 超高速並列レーザ光源の高温特性・高信頼化技術の開発
- 2027年 200 Gbps 超高速並列レーザ光源の製品提供
- 2028年 200 Gbps 超高速並列レーザ光源の量産体勢
- 2029年 200 Gbps 超高速並列レーザ光源の事業化
- 2030年 超高速並列レーザ光源の光トランシーバ (>3.2 Tbps) への実装

6. 採択件数、研究開発期間及び研究開発予算等

採択件数 : 1 件

研究開発期間: 2024 年度（契約締結日）から 2025 年度

研究開発予算: 各年度、総額 100 百万円（税込）を上限とする。

（提案の予算額の調整を行った上で採択する提案を決定する場合がある。）

研究開発体制: 単独の提案も可能であるが、産学官連携等による複数の実施主体からなる体制

とすることを推奨する。その際、社会実装を考慮した体制とすること。

7. 提案に当たっての留意点

- 具体的目標に関しては、定量的に提案書に記載すること。
- 研究開発成果の情報発信を積極的に行うこと。
- 本委託研究の遂行過程で得られる科学的なデータがあれば、広くオープンにするのが望ましい。公開の見込みがある科学的なデータについて記載し、その研究データの取扱いについてデータマネジメントプラン（DMP）の様式に記載すること。
- 実施体制については、本研究開発の目的に則した実施体制を構築することとし、それぞれの役割を明記すること。
- 本研究開発成果の社会実装に向けて、到達目標の項目に記載したマイルストーンを意識しつつ、具体的な時期（目標）、体制、方策等を記載すること。その際、持続的に自走するための計画等についても記載すること。

8. 運営管理

- 機構と受託者の連携を図るため、代表提案者は、プロジェクトオフィサーの指示に基づき定期的に連絡調整会議を開催すること。
- 複数の機関が共同で受託する場合には、代表提案者が受託者間の連携等の運営管理を行い、受託者間調整会議を定期的を開催すること。
- 社会情勢や研究環境の変化等、必要に応じて、プロジェクトオフィサーが研究計画書を変更する場合がありますので、留意すること。

9. 評価

- 機構は、2025 年度に終了評価を実施する。また、機構は、本委託研究終了後に成果展開等状況調査を行い、追跡評価を行う場合がある。
- 機構は、上記以外にも本委託研究の進捗状況等を踏まえて、臨時にヒアリングを実施することがある。

10. 成果の社会実装等に向けた取組

- 実用化、事業化、社会実装に向けた出口戦略を明確とすること（委託研究後の事業化等の内容を明確にする）。
- 上記の出口戦略を実現するため、本委託研究で得られた成果のオープン化（例えば、成果発表やそれに留まらずコミュニティ先導のための国際ワークショップや国内特別セッション主催、展示、標準化、オープンソース化等）を行う等、成果の社会実装等に向けて必要な取組を行うこと。
- 産学官連携体制の構築、研究開発の成果を参加企業等が実用化・事業化につなげる仕組みをビルトインすること。
- 委託研究終了後には製品化の目途を立てていること。

11. プロジェクトオフィサー

所属：ネットワーク研究所 フォトニックネットワークシステム研究室

氏名：品田 聡

参考

機構の自主研究との連携において機構が提供可能な技術

- 200 Gbps 以上に拡張可能な高速変調技術・信号処理技術
- 32ch 以上に拡張可能な並列レーザ光源と単一モード光ファイバアレイとの低損失結合技術

[1] “Record High-baud-rate 128-Gbit/s NRZ-OOK Direct Modulation of 1060-nm Single-mode VCSEL for Transmission over 2-km Standard SMF,” Opto-Electronics and Communications Conference (OECC2023), Shanghai, Jul. 2023.

[2] “異種光アレイ素子の簡易アライメント実装手法の検討,” 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, C-3/4-42, p. 113, Sep. 2023.