

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究課題名 : 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
- ◆受託者 : 国立大学法人東京科学大学、富士フイルムビジネスイノベーション株式会社
- ◆研究開発期間 : 令和6年度～令和7年度 (2年間)
- ◆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6年度100百万円)

2. 研究開発の目標

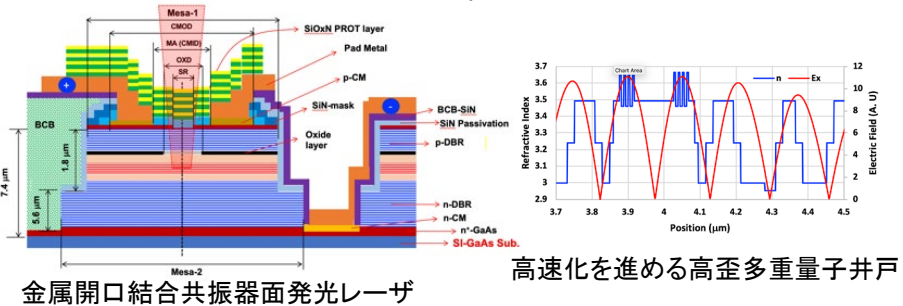
従来の半導体レーザの直接変調帯域の速度限界を打破する新規構成法を探索し、チャンネル (1素子) 当たり200 Gbps以上の高速化を実現するとともに、高密度集積 (並列化) を可能とするレーザ特性の高均一・高品質化を行い、アレイ集積による10 Tbps級超並列・高速面発光レーザ実現の基盤を確立することを目的とする。

3. 研究開発の成果

研究開発項目1: 超高速レーザ光源の研究開発

研究開発目標

金属開口を有する結合共振器面発光レーザで横共振効果の増強、高歪量子井戸多重化、浮遊容量低減などにより、200Gbpsを超える変調速度を実現する。



研究開発成果: レーザ光源の高速化技術の研究開発

従来の半導体レーザでは、直接変調の帯域は30GHz以下に律速され、AIデータセンタの急増するトラフィックに対応するため高速化が求められている。

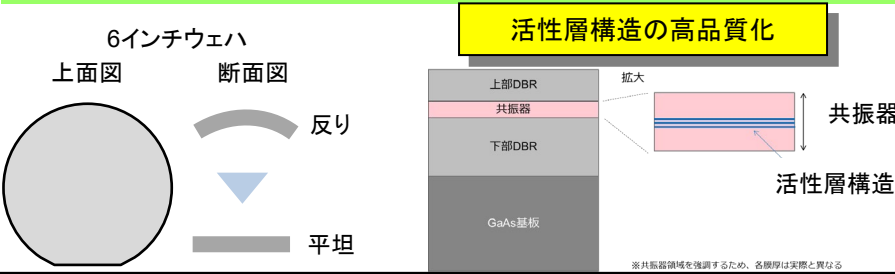
●本研究開発では、光出力3mW以上、サイドモード抑圧比50dBの良好な単一モード特性を実現するとともに、-3dB_oの変調帯域として45GHzの面発光レーザとしては、世界最速の値を実現した。さらに、電気段の入力信号にPre-equalization、受信側にTDECQ Equalizerを使うことで、NRZ 110Gbps, PAM4 200Gbpsのアイ開口を観測した

研究開発成果: 超高速光ファイバ伝送技術の研究開発

現状の850nm帯VCSELと多モード光ファイバの光リンクでは、リンク距離が100m以下
●機構の自主研究と連携し、試作した素子の光ファイバ伝送を実施し、受信側で線形のDSP(FFE)を用いて、長さ500mの単一モードファイバ伝送後200Gbps(PAM4)、非線形DSPを用いて長さ2 kmの単一モードファイバ伝送後200Gbpsのアイ開口を得た。伝送レート・距離積は、400Gbps・kmに達した。

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

6インチ面発光レーザウェハでの半導体プロセスと、高品質な活性層構造を有するウェハを設計し、大規模・高均一並列レーザ光源を実現する。



研究開発成果: 6インチ面発光レーザプロセス設計

大規模並列レーザ光源を実現するために、6インチプロセス開発が必要。6インチ面発光レーザウェハではウェハ反りが大きくなり、プロセスを進める上で問題となる。

●本研究開発では、ウェハ反り低減工程を導入したプロセスフローを設計した。6インチ面発光レーザウェハを結晶成長し、同プロセスフローで半導体エッチング条件確認を行い、チップパターンを正常に形成できた。

研究開発成果: 面発光レーザ活性層構造設計

高速動作には活性層の高品質化が重要だが、波長1060nmを得るための活性層は結晶歪みの影響により品質劣化を引き起こす可能性があり、高速動作に適した高品質活性層の結晶成長が重要となる。

●本研究開発では、3種の活性層構造を試作し、フォトルミネッセンス(PL)特性のPL強度、PLスペクトルの半値全幅から、今後のベースとなる活性層構造を選択した。

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1)産学官連携のための研究項目間運営会議を年数回開催
プロジェクト関係者がリモートで、必要に応じて不定期に開催し、各研究項目間の進捗を確認するとともに、結果をフィードバックし研究開発速度を加速するとともに、国内外の最新動向分析と戦略立案を議論。特に、成果紹介は守秘義務対象とし、学会ではできない徹底した議論を推進。

(2)当初の実施計画を前倒しで実施し、研究開発速度を加速

- -3dBoの変調帯域として45GHzの面発光レーザとしては、世界最速の値を実現。さらに、電気段の入力信号にPre-equalization、受信側にTDECQ Equalizerを使うことで、NRZ 110Gbps, PAM4 200Gbpsのアイ開口を観測。
- 機構の自主研究と連携し、高度な信号処理技術を適用することにより、試作した素子の光ファイバ伝送を実施し、受信側で線形DSP(FFE)を用いて、500mの単一モードファイバ伝送後並びに、非線形DSPを用いて2 kmの単一モードファイバ伝送後、それぞれ200Gbpsのアイ開口を得た。伝送レート・距離積は、400Gbps・kmに達し、通常の850nm VCSELとマルチモードファイバによる光リンクに比べて40倍以上の拡大を実現した。
- 大規模2次元アレイのために、6インチウェハのプロセスラインを確立するとともに、高速化のために各種高歪量子井戸を有する6インチウェハの条件出しを行った。

(3)研究成果の積極的な発信

国際会議での基調講演1件、Keynote講演1件、海外大学での招待講演1件を行うなど、本委託研究の成果の発信を積極的に行った。

5. 今後の研究開発計画

- 1-1. レーザ光源の高速化技術の研究開発：結合共振器を用いた超高速面発光レーザの高速化設計を確立し、変調速度200Gbps以上を実証する。さらに、400Gbps級の変調速度を目指し、PAM6, PAM8などのより多値度の高い多値変調や信号処理技術等を適用する。
- 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：機構の自主研究との連携により、信号処理技術を適用することにより、変調速度200Gbps以上、距離2 km以上の単一モード光ファイバ伝送を実証し、高速化・伝送距離延伸の限界を明らかにする。
- 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：究実施協力者を含む国内外のトランシーバメーカ等と連携し、開発した超高速・低消費電力レーザ光源をトランシーバに実装し、高速性や消費電力の適性を確認するなど、社会実装を推進する活動を行う。
- 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で面発光レーザアレイを試作し、チップ面積2mm²以下に32ch以上を配置した小型高密度並列レーザ光源を実現する。
- 2-2. アレイ素子でチャンネル毎の特性ばらつきを抑制するように、各構造の設計パラメータの組み合わせを最適化し、エネルギー消費効率100fJ/bit以下の低消費電力動作を実証する。
- 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：機構の自主研究グループと連携し、情報通信研究機構の有する、200Gbps以上に拡張可能な高速変調技術・信号処理技術、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、試作した面発光レーザアレイの光ファイバ接続損失3dB以下、数Tbpsを超える通信容量可能性を示す。