

ポスト5G情報200Gbps/λ光デバイ スの研究開発報告通信システム向け

三菱電機株式会社
高周波光デバイス製作所 光デバイス部長
山内 康寛



Post-5G Project
ポスト5G情報通信システム
基盤強化研究開発事業

1. 事業概要

EML : Electroabsorption Modulator integrated Laser diode
MEC : Mobile Edge Computing

■ 課題

- (1) 動画視聴、AR/VR、IoTの普及により通信トラフィックが大幅に増大
- (2) 低遅延時間を必要とする、自動運転、遠隔医療、工場監視等のミッションクリティカルアプリケーションが普及拡大見込み

■ 課題解決手法と本研究開発

ポスト5Gモバイルネットワーク等における通信容量拡大、超低遅延アプリケーションで使用するモバイルエッジコンピューティング(MEC)を実現する、**200Gbps/λ EMLチップを開発**

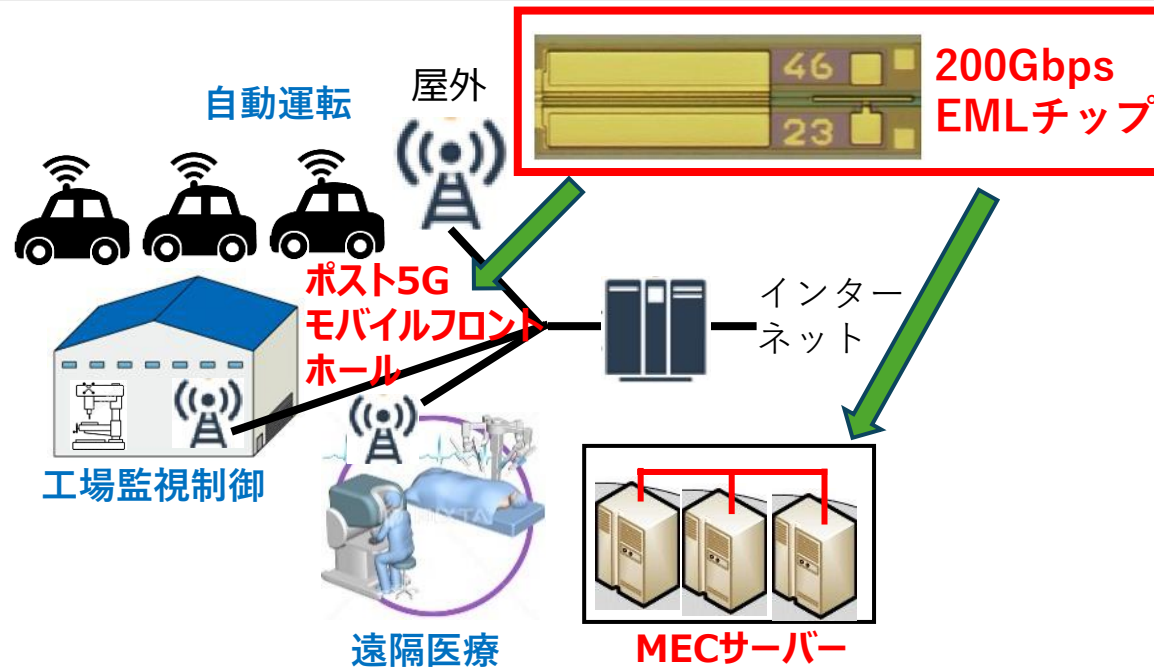
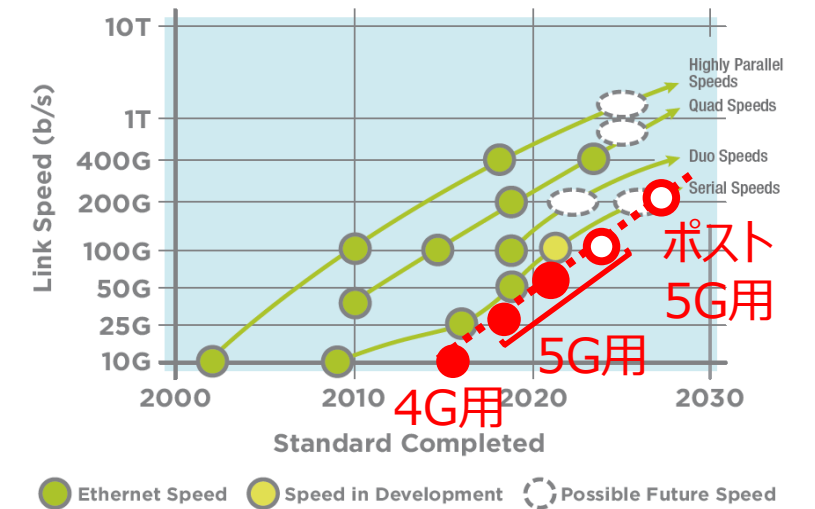


図. 本研究開発の社会実装イメージ



出典元: <https://ethernetalliance.org/wp-content/uploads/2020/03/EthernetRoadmap-2020-Side2-FINAL.pdf>
※ 赤い図形、赤文字は当社が加筆

図. 光通信高速化のロードマップ

1. 事業概要

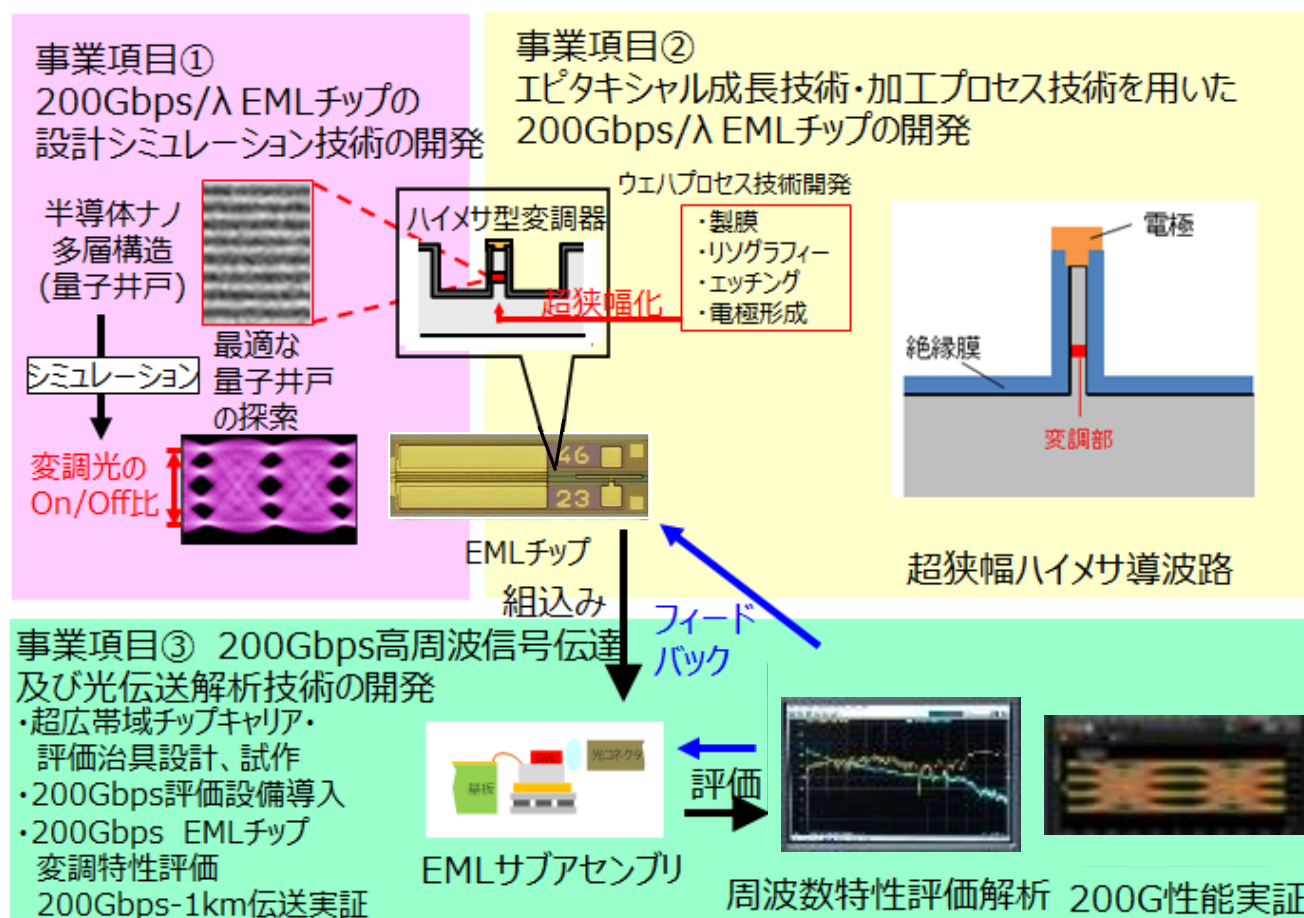
■ 本研究開発の事業内容

200Gbps/λ EMLチップや周辺技術の開発

事業項目① 200Gbps/λ EMLチップの設計シミュレーション技術の開発

事業項目② エピタキシャル成長技術・加工プロセス技術を用いた200Gbps/λ EMLチップの開発

事業項目③ 200Gbps高周波信号伝達及び光伝送解析技術の開発



1. 事業概要

表. 研究開発目標

No	事業項目	目標
①	200Gbps/λ EMLチップの設計シミュレーション技術の開発	● 周波数応答 3 d B 帯域幅 $\geq 60 \text{ GHz}$ ● 200 G b p s 変調時の ON/OFF 比 $\geq 5.5 \text{ dB}$ が得られるチップ構造の設計
②	エピタキシャル成長技術・加工プロセス技術を用いた 200Gbps/λ EMLチップの開発	● 周波数応答 3 d B 帯域幅 $\geq 55 \text{ GHz}$ ● 200 G b p s 変調時の ON/OFF 比 $\geq 5.5 \text{ dB}$ ● 200 G b p s 変調の実現
③	200Gbps高周波信号伝達及び光伝送解析技術の開発	サブアセンブリ目標性能 ● 周波数応答 3 d B 帯域幅 $\geq 55 \text{ GHz}$ ● 200 G b p s - 1 k m 伝送の実証

2. 事業成果：①200Gbps/λ EMLチップ設計シミュレーション技術

■EMLチップ設計シミュレーション技術の開発

- 独自のEA変調器シミュレータを開発
- デバイス特性を高精度に計算できることを実証

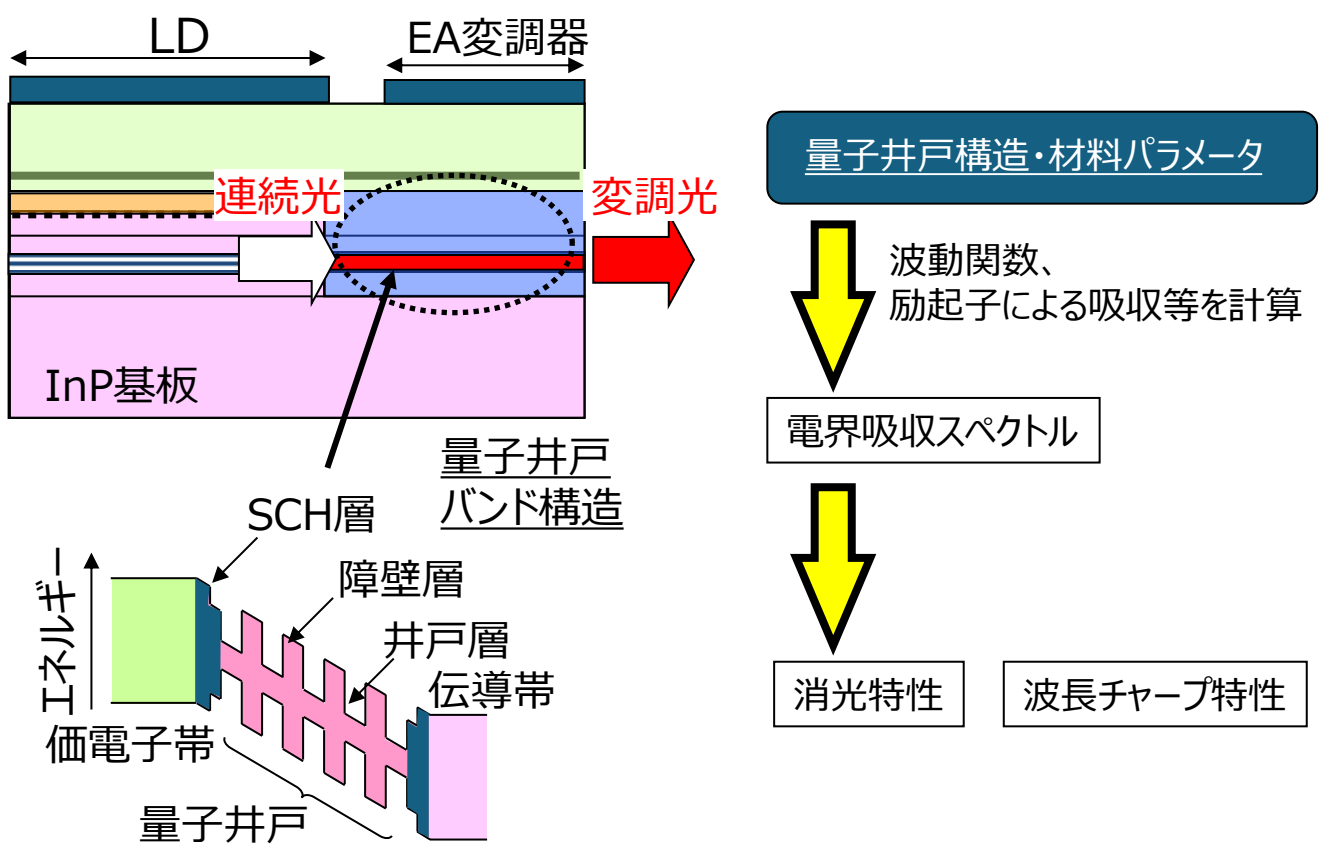


図. EML及びEA変調器の構造

図. EA変調器シミュレータの計算アルゴリズム

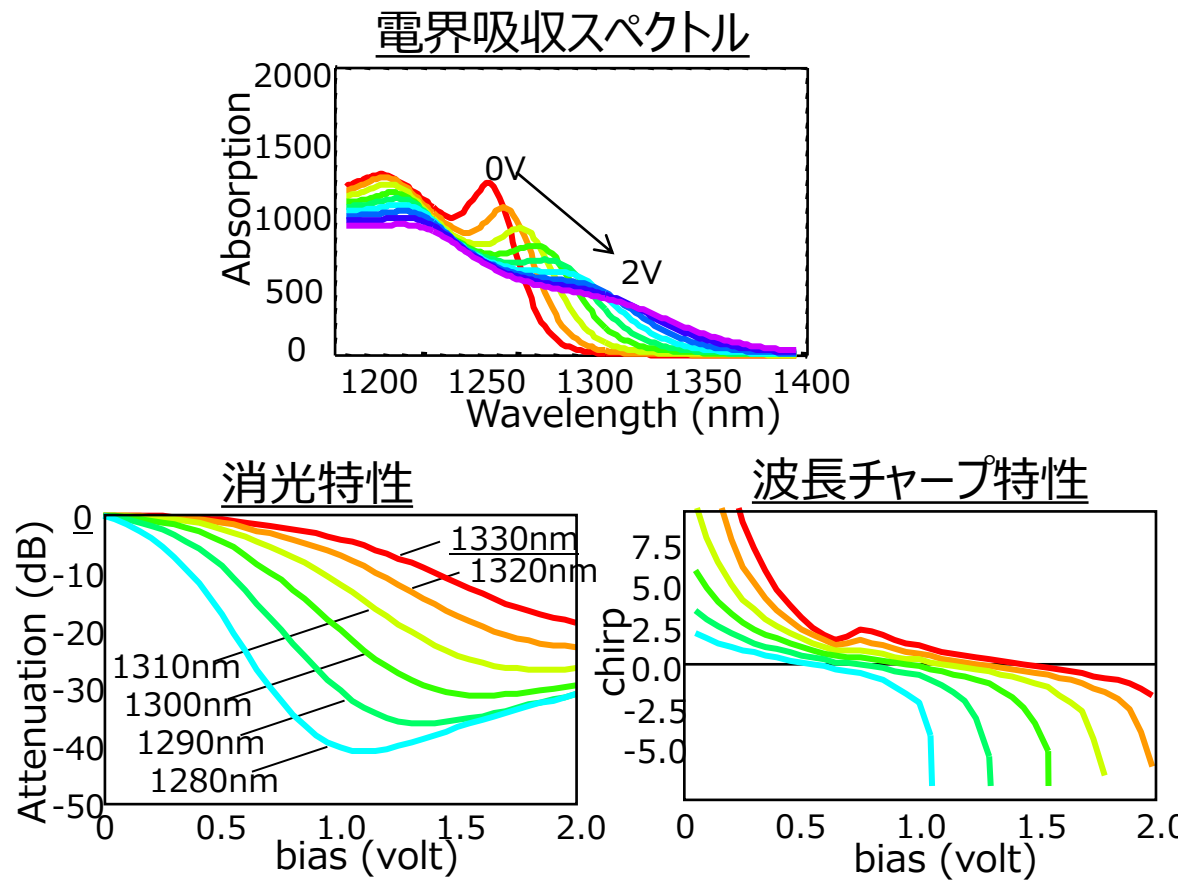
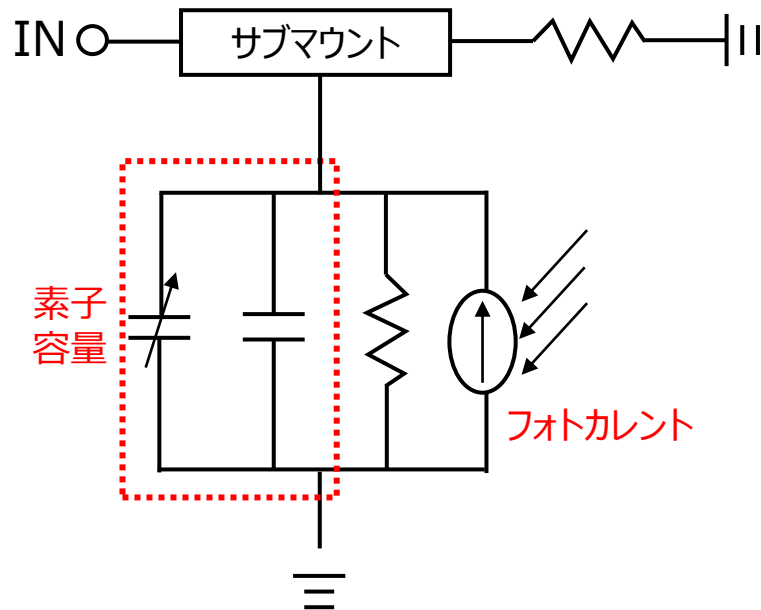
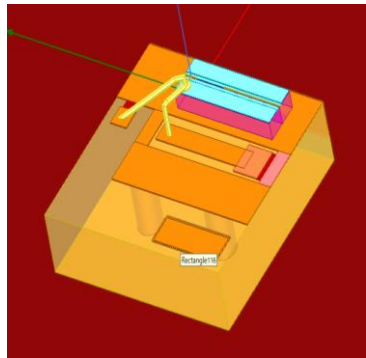


図. 開発したEA変調器シミュレータの計算結果

2. 事業成果：①200Gbps/λ EMLチップ設計シミュレーション技術

■ EMLチップ設計シミュレーション技術の開発

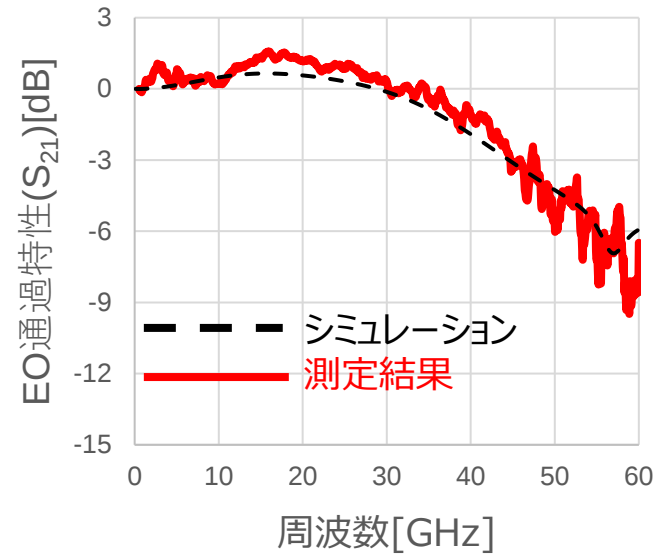
- 3次元電磁界解析、等価回路モデルによる200G EMLチップの動特性シミュレーション技術を開発
- デバイス特性を高精度に計算できることを実証



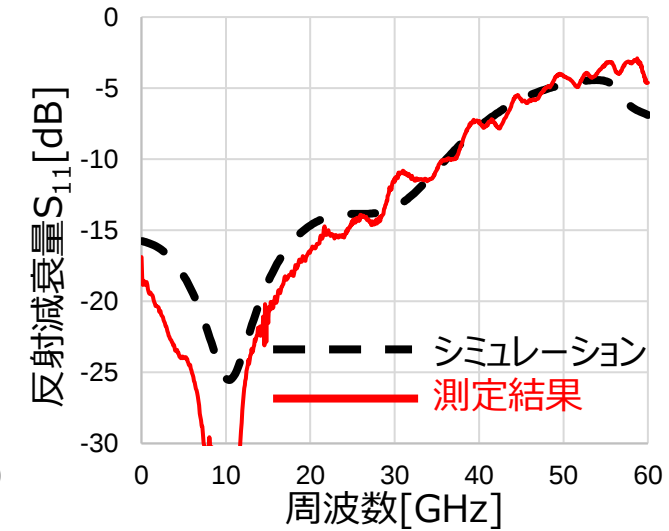
(a) 3次元電磁界解析

(b) 等価回路モデル

図. 200G EMLチップの動特性シミュレーション方法



(a) 電気-光周波数応答特性



(b) 電気反射減衰量

図. 200G EMLチップの動特性シミュレーション結果

2. 事業成果：①200Gbps/λ EMLチップ設計シミュレーション技術

■ EMLチップ設計シミュレーション技術の開発

- 開発したEA変調器シミュレータ、動特性シミュレーション技術により、200G EMLチップを設計
- EA変調器の狭メサ化により、目標性能(変調帯域 $\geq 60\text{GHz}$ 、On-Off比 $\geq 5.5\text{dB}$)達成の設計完了

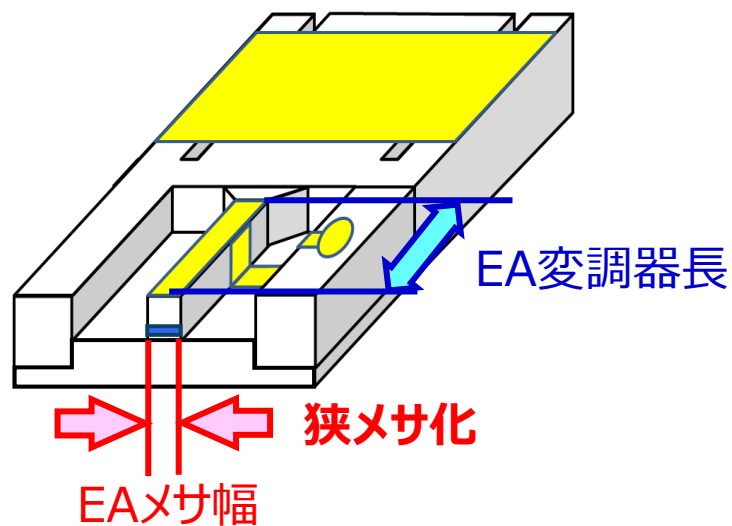


図. 200G EMLチップ構造

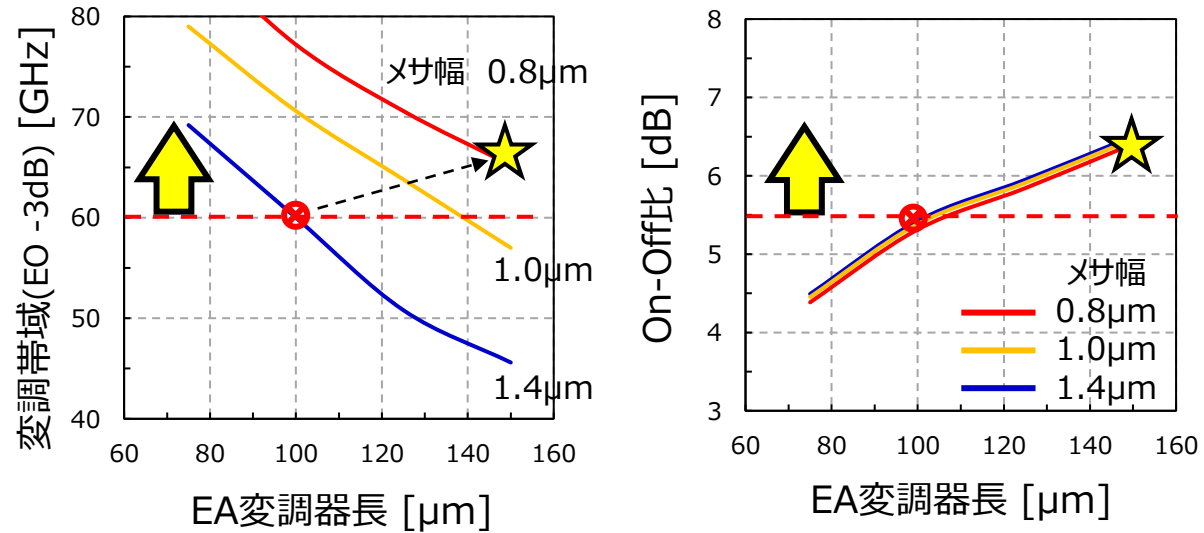


図. 200G EMLチップのシミュレーション結果

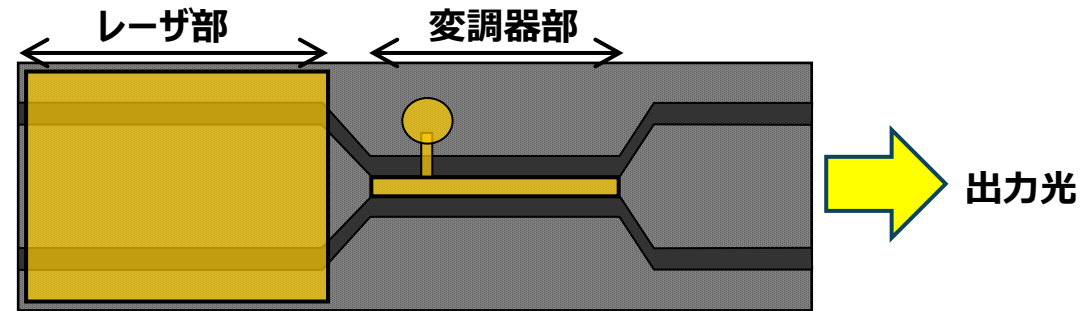
表. 200G EMLチップの設計結果

	EA変調器長 [μm]	EAメサ幅 [μm]	変調帯域 [GHz]	On-Off比 [dB]
目標性能	—	—	≥ 60	≥ 5.5
従来メサ幅	100	1.4	60.0	5.5
	150	1.4	45.6	6.5
狭メサ化	150	0.8	65.2	6.4

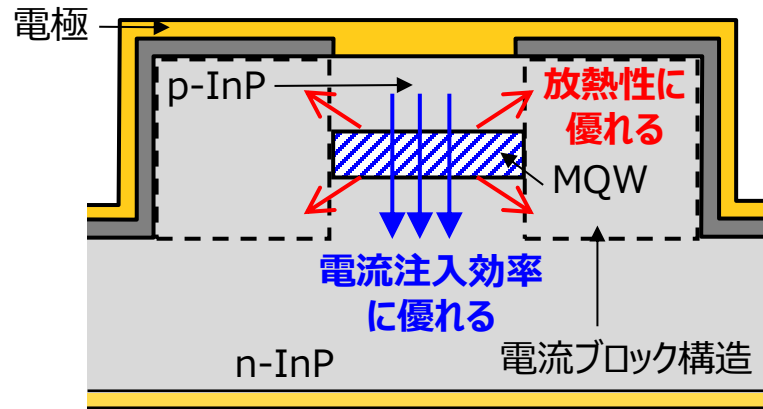
2. 事業成果：②200Gbps/λ EMLチップの開発

■ 200Gbps/λ EMLチップの開発

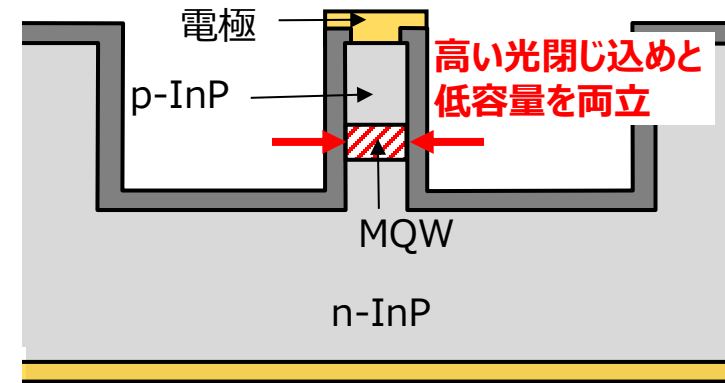
- 200Gbps/λの実現のため、**放熱性・電流注入効率に優れた埋込構造レーザ部**、**高い光閉じ込め・低容量のハイメサ構造EA変調器**を組み合わせた、**埋込ハイメサ構造EMLチップ**を開発



(a) チップ上面構造



(b) レーザ部断面構造



(c) EA変調器部断面構造

図. 200G EMLチップ構造

※ MQW : Multi quantum well

2. 事業成果：②200Gbps/λ EMLチップの開発

■ 200Gbps/λ EMLチップの開発

- 開発シミュレーション技術で設計した、狭幅ハイメサ導波路を持つ埋込ハイメサ構造EMLチップを製作
- 変調帯域65GHz(目標 $\geq 55\text{GHz}$)、On-Off比5.8dB(同 $\geq 5.5\text{dB}$)の200Gbps変調を実現し、目標達成

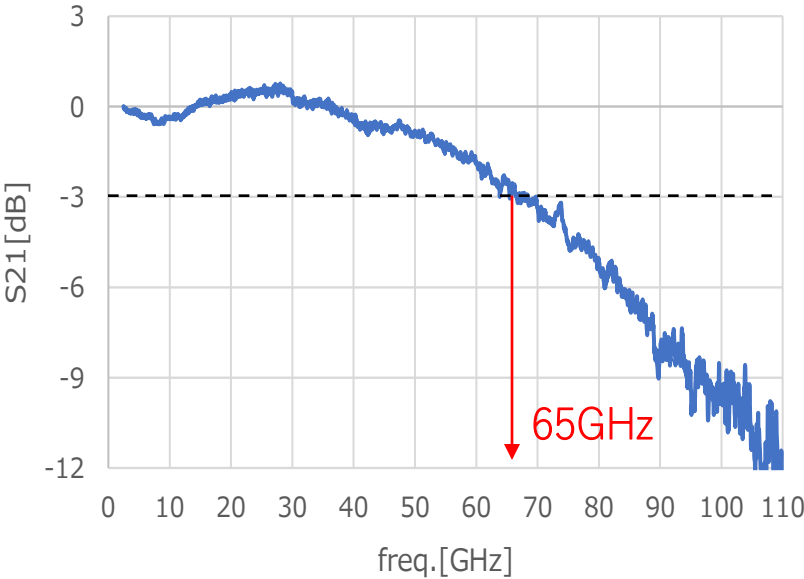


図. 200G EMLチップの小信号周波数応答特性評価結果

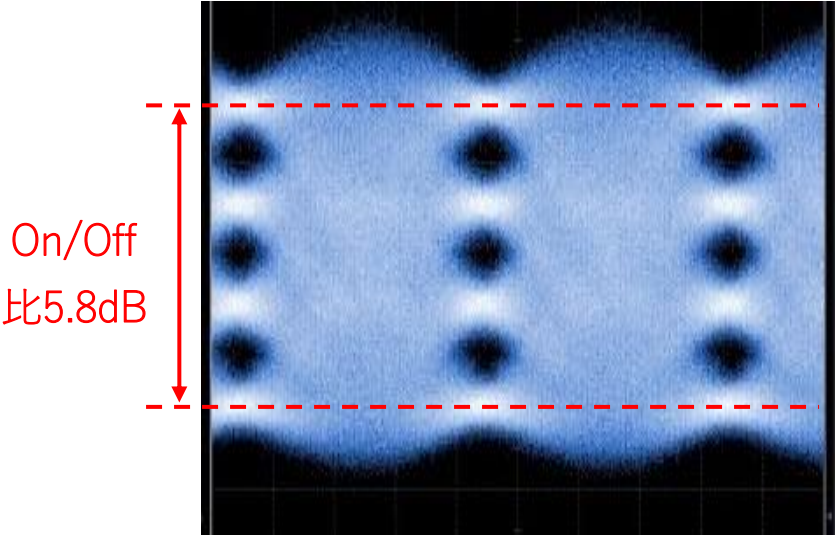


図. 200G EMLチップの226.875Gbps (113.4375Gbaud PAM4)変調評価結果

表. 200G EMLチップの評価結果

	EA変調器長 [μm]	EAメサ幅 [μm]	変調帯域 [GHz]	On-Off比 [dB]
目標性能	—	—	≥ 55	≥ 5.5
仕様・評価結果	150	0.8	65	5.8

2. 事業成果：③200Gbps高周波信号伝達・光伝送解析技術

■ 200G高周波信号伝達技術の開発

- 200Gbps EMLチップを実装するサブマウントを開発
- 信号線路の構造を縦型から横型にしたサブマウントで、80.4GHzまで周波数応答帯域を改善

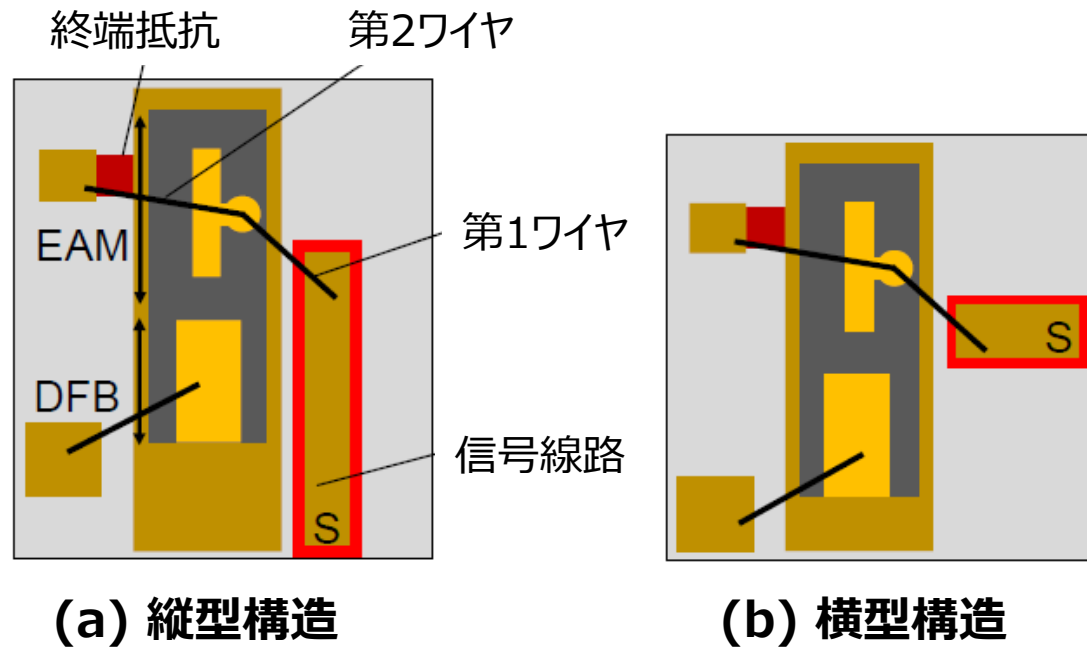


図. 開発したサブマウントの構造図

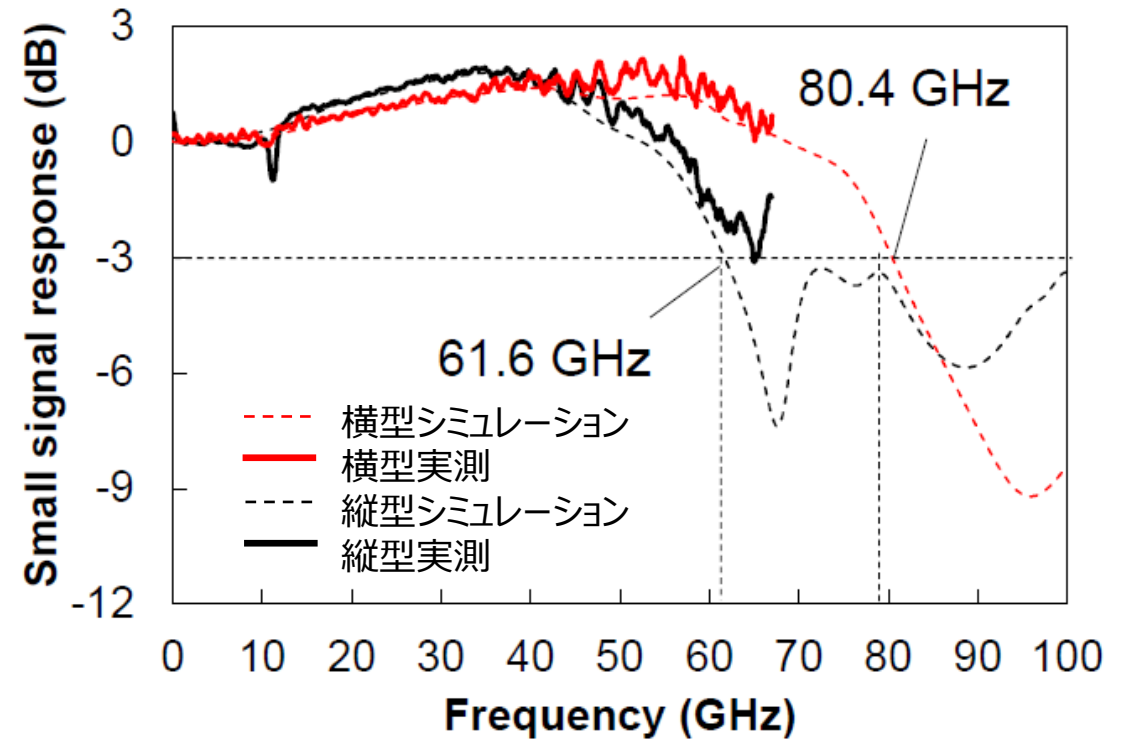
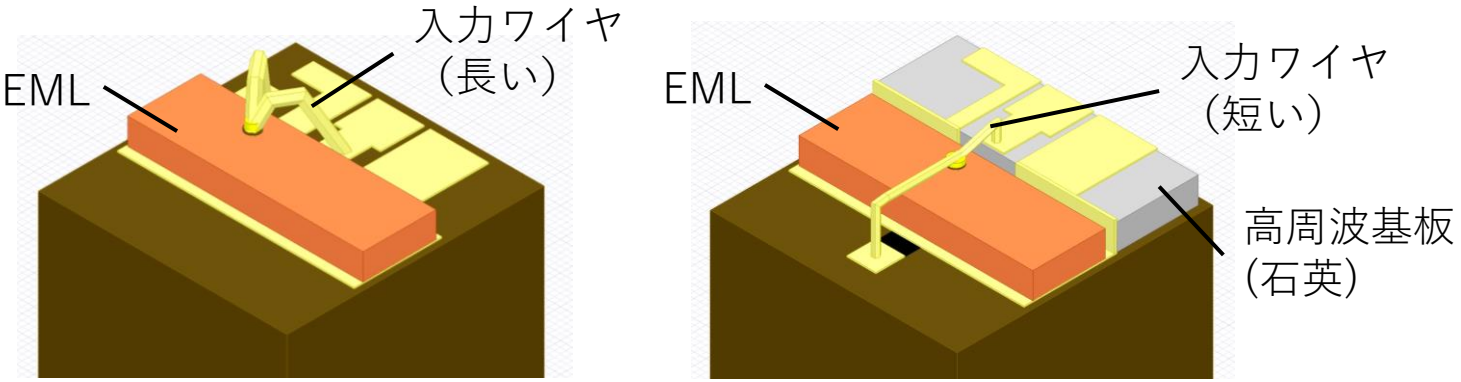


図. サブマウントに実装したEMLの小信号周波数応答特性

2. 事業成果：③200Gbps高周波信号伝達・光伝送解析技術

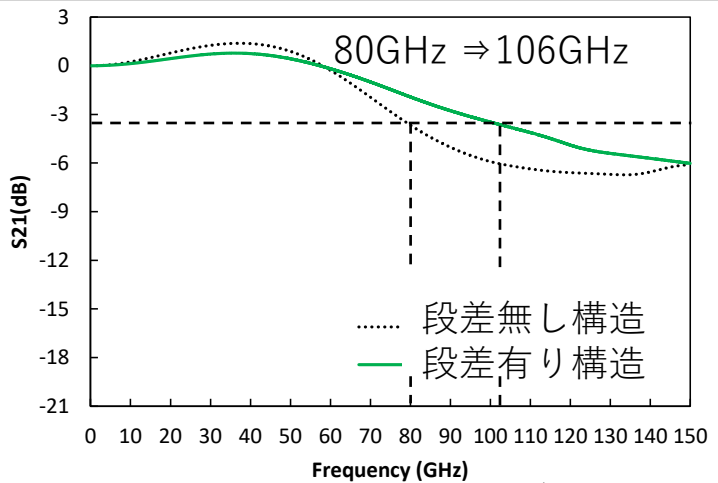
■ 200G高周波信号伝達技術の開発

- ・ 段差有りサブマウントによる入力ワイヤ短尺化で、周波応答帯域を更に改善
- ・ 106GHzの周波応答帯域を実現し、目標($\geq 55\text{GHz}$)達成

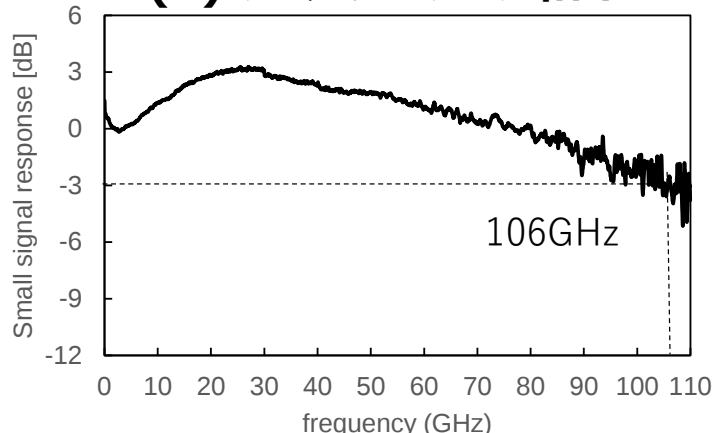


(a) 段差無し横型サブマウント (b) 段差有り横型サブマウント

図. 開発したサブマウントの構造図



(a) シミュレーション結果



(b) 実測結果

図. サブマウントに実装したEMLの小信号周波数応答特性

2. 事業成果：③200Gbps高周波信号伝達・光伝送解析技術

■ 光伝送解析技術の開発

- 安定した評価が可能なサブアセンブリを開発
- 光伝送評価系を構築
- 開発したEMLチップで目標の200Gbps-1km伝送(実績2km)を達成

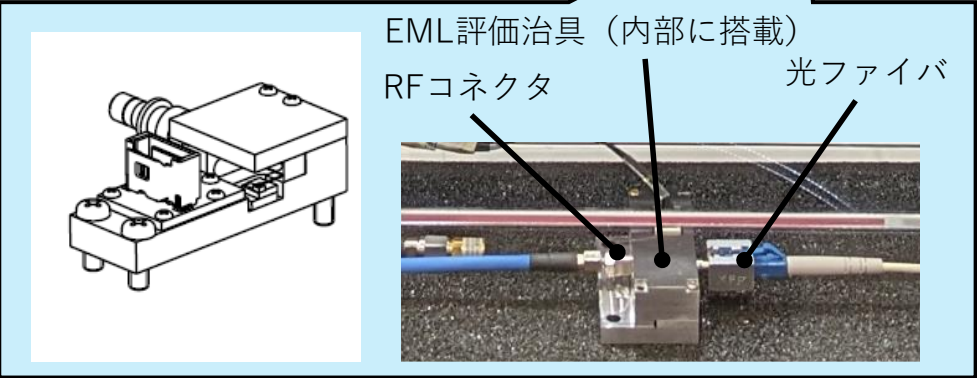
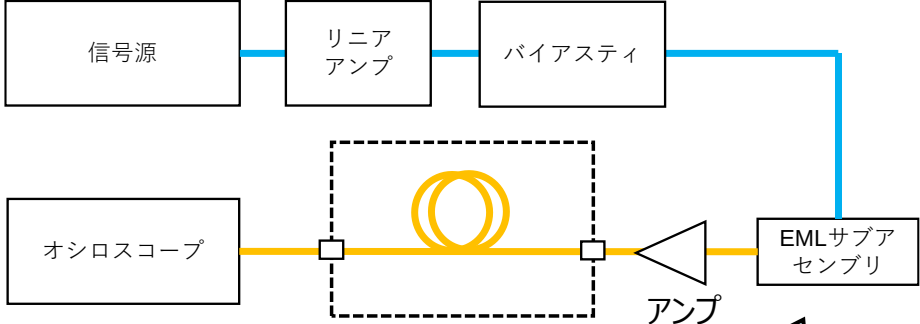
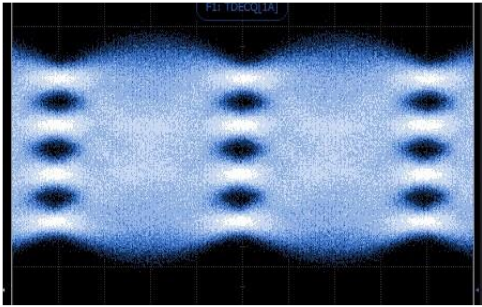
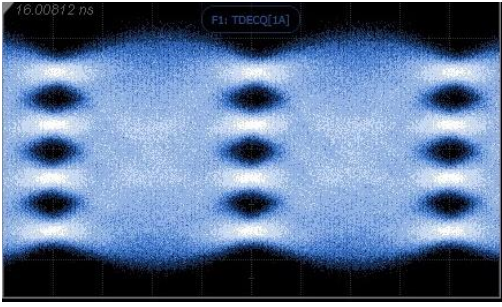


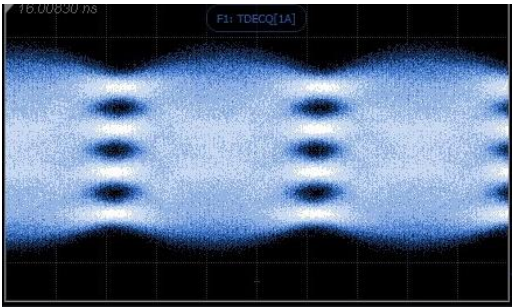
図. 開発したサブアセンブリ、及び、光伝送評価系



伝送前光波形



波形成形後



2km伝送後光波形

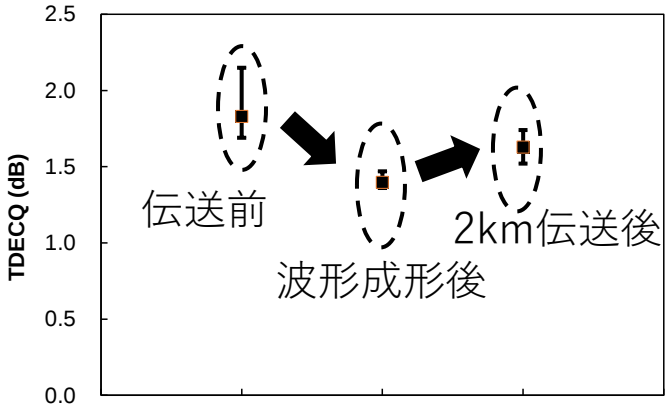


図. 石英系材料を用いたサブマウントに実装したEMLチップの200Gbps PAM4光波形評価結果

2. 事業成果： 目標達成状況

■ 開発目標達成状況
全ての目標達成

表. 研究開発目標と事業成果

No	事業項目	目標	事業成果(実績)
①	200Gbps/λ EMLチップの設計シミュレーション技術の開発	● 周波数応答 3 d B 帯域幅 $\geq 60 \text{ GHz}$ ● 200 Gbps 変調時の ON/OFF 比 $\geq 5.5 \text{ dB}$ が得られるチップ構造の設計	目標達成 ● 周波数応答 3 d B 帯域幅 = 65.2 GHz ● 200 Gbps 変調時の ON/OFF 比 = 6.4 dB が得られるチップ構造の設計完了
②	エピタキシャル成長技術・加工プロセス技術を用いた 200Gbps/λ EMLチップの開発	● 周波数応答 3 d B 帯域幅 $\geq 55 \text{ GHz}$ ● 200 Gbps 変調時の ON/OFF 比 $\geq 5.5 \text{ dB}$ ● 200 Gbps 変調の実現	目標達成 ● 周波数応答 3 d B 帯域幅 = 65 GHz ● 200 Gbps 変調時の ON/OFF 比 = 5.8 dB ● 200 Gbps 変調の実現
③	200Gbps 高周波信号伝達及び光伝送解析技術の開発	サブアセンブリ目標性能 ● 周波数応答 3 d B 帯域幅 $\geq 55 \text{ GHz}$ ● $200 \text{ Gbps} - 1 \text{ km}$ 伝送の実証	目標達成 サブアセンブリ ● 周波数応答 3 d B 帯域幅 = 106 GHz ● $200 \text{ Gbps} - 2 \text{ km}$ 伝送の実証

3. 事業成果の社会実装イメージ

■ 事業成果の社会実装市場

- (1) モバイルエッジコンピューティング(MEC)、データセンター
- (2) ポスト5Gモバイルネットワーク

■ 社会実装により期待されるサービス等

- (1) 自動運転、遠隔医療、工場監視等のミッションクリティカルアプリケーション、AI(人工知能)利用サービス等
- (2) 超高精細動画視聴、AR/VR、IoT等

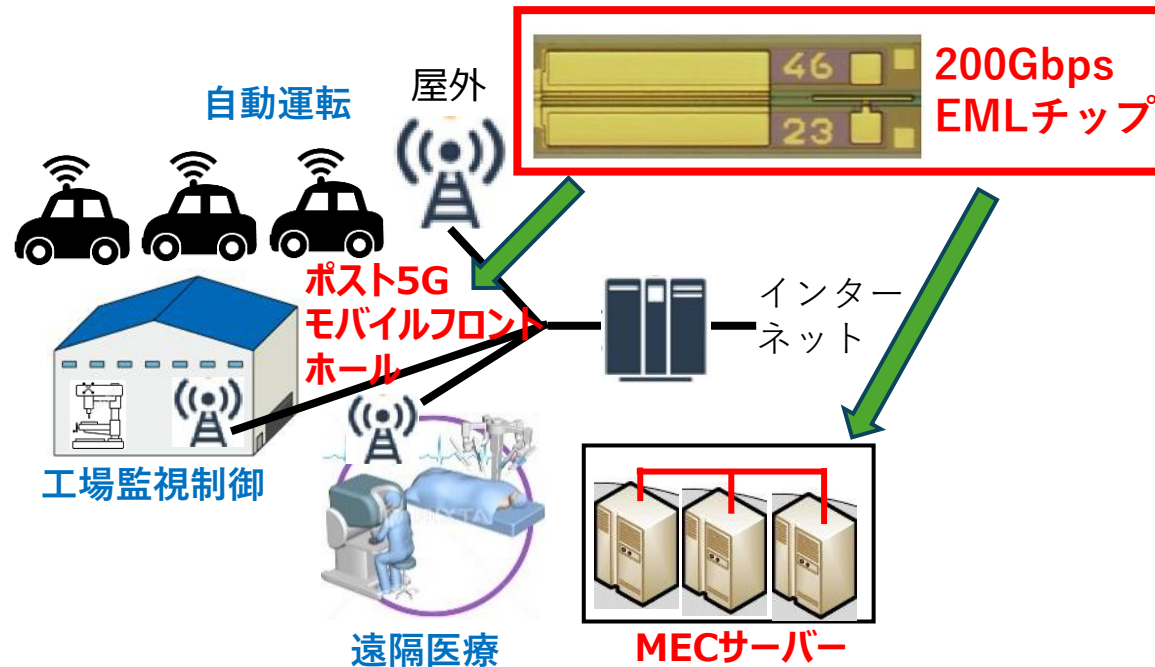


図. 事業成果の社会実装イメージ

4. 産業等への波及効果と市場獲得への施策

■ 産業等への波及効果

200Gbps EMLチップは、クラウドコンピューティングやAIで拡大著しいデータセンター市場への社会実装が期待される

■ 市場獲得への施策

- データセンター光通信市場のサプライチェーン全体でエコシステムを形成し、200Gbps EMLチップ適用と市場獲得を行う
- 大手ICPメーカーやシステム機器メーカーとの仕様議論、トランシーバーメーカーへのサンプル提供などの活動を実施

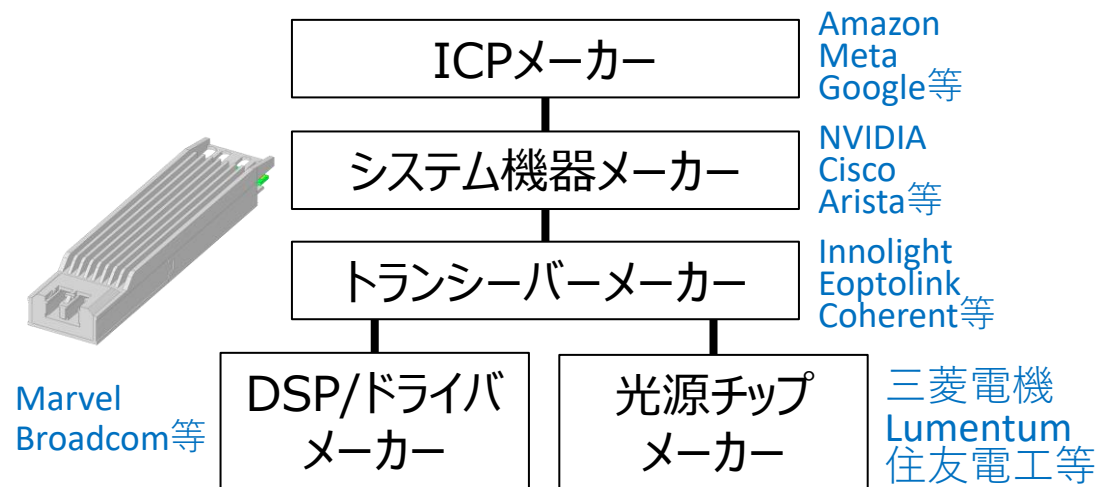


図. データセンター光通信市場のサプライチェーン

ICP : Internet Contents Provider、DSP : Digital Signal Processor

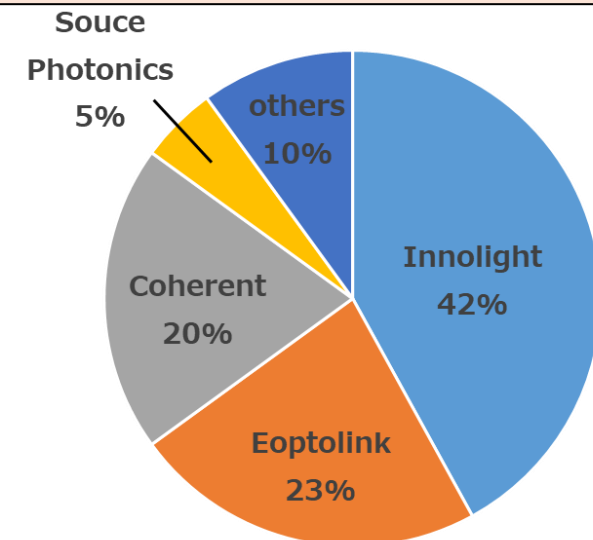


図. 高速光通信市場トランシーバーシェア
(2023年、調査会社資料を参考に当社まとめ)

5. 知財、標準化への取り組み

■ 知財取り組み

技術の優位性を長い時間確保できるように、
200Gbps/λ光デバイスの実現・高性能化のキー技術を知財化

表. 200Gbps/λ光デバイスのキー技術に対する知財化実績

キー技術	特許の内容	特許化の実績／計画
高速化、高消光比	埋込ハイメサ型EMLチップのコア技術である埋込/ハイメサ導波路の低損失接続構造	特許化済み ・日本特許 ・米国特許
高速化	EMLチップの電極構造	特許出願済み ・PCT国際出願
高速化、高消光比	EMLチップの層・導波路構造	特許出願済み ・PCT国際出願