

ポリマー光変調器の高効率化と 世界最高速の光データ伝送

九州大学 先導物質化学研究所
横山士吉

1. はじめに

近年、短・中距離光ファイバー通信技術を中心に伝送速度の高速と通信サービスの多様化が進み、すでに Cisco 社がグローバル IP トラフィックの予想 (Cisco Annual Internet Report 2018~2023¹⁾で示したとおり、IP ネットワークに接続されるデバイス数は世界人口の 3 倍を超え、M2M(Machine-to-Machine) 接続シェアは、2018 年の 33%から 2023 年には 50%に拡大している状況にある。高密度の信号処理機能が高い IT インフラ設備を持つデータセンターのハイパースケール化も進み、イーサネット用光トランシーバーの開発ロードマップでは、2030 年には 3.2TbE のリンクスピードの達成が見込まれている (Ethernet Alliance²⁾)。

光通信機器の高速信号生成では、電気-光変換を担う光トランシーバーの役割が高く、これまでも用途に適したデバイス選択がなされてきた。近年、中・短距離伝送用途で開発が注力される小型・低消費電力化技術ではシリコンや半導体光技術を活用した光トランシーバー技術が進み、データセンター用の光インターフェースの高性能化にもつながっている。また、産業界を中心としたイーサネット標準化の策定では、400GbE の通信サービスの実現の後、次世代 0.8~1.6TbE への対応、さらに 10TbE 級の展開が求められるなどその開発構想は明確である。一方、これらを実現する光インターフェースの開発は、既存の最先端技術を結集しても対応できるものばかりでなく、例えば 10 テラビット級光インターフェースを構成する超高速機器の効率化技術では革新的な材料・デバイスに関する研究シーズも実用化の鍵となり、将来に向けた技術投資も重要となっている。特にデータセンター用の光トランシーバー開発では、センター設備内において通信能動部のサーバーやネットワークスイッチ類は IC と光送信速度(データレート)の高速化とともに、数年ごとに更新される。一方、各種のモジュールは規格化されたチップサイズや電力供給が維持される。従って継続的な光トランシーバー開発では、規定サイズモジュール内への集積性と高速化を一層進めるとともに、高性能化に伴うデバイスの発熱や使用電力の抑制も重要な開発要素となる。

2. 光変調器の小型化への取り組みとその課題

現在、長距離を中心とした光ファイバー伝送では、送信器として信頼性の高い無機(ニオブ酸リチウム)結晶を使った変調器が中心的な役割を果たしている。周波数応答性が約 35GHz の変調帯域を持ち、データレートが毎秒 50 ギガビット (Gbit/s) を超えるような信号伝送では並列化した信号処理技術を使うことで高速データ伝送を実現している。近年、薄膜化したニオブ酸リチウムを用いた変調器が開発され、シンボルレートが 96 ギガボーまで上がっていることは注目すべきである³⁾。しかしながらその光変調効率は結晶固有の電気光学定数に依存するため、光集積性に向けた潜在性が高いとは言い難い。光変調器の小型化は、シリコンフォトニクス技術を活用した光集積によって一気に加速した^{4,5)}。高い屈折率のシリコン光導波路内に光を閉じ込めることで、マイクロメートル以下の導波路幅や数マイクロメートルの曲げ半径を実現し、高密度な光回路の作製と小型化につながっている。シリコンは