

今こそフォトニクスの「半導体化」を

サレシュ・ヴェンカテサン

フォトニクスによって半導体業界は、光の速度で前進することができる。

フォトニクス革命が本格化している。フォトニクスは、舞台裏の技術として始まり、海底通信や光ファイバ通信のインフラの奥深くに隠れた存在だったが、21世紀に入ってからは、FTTH (Fiber To The Home)の高速データ通信、スマートフォンや携帯端末の3Dセンシング、自動運転機能用のライダー(LiDAR)において、着実に成長している。これらの技術において、フォトニクスはそのアーキテクチャの一部であり、特に民生機器におけるその普及は、オプトエレクトロニクス業界の光学部分を推進する原動力となっている。

人工知能(AI)のニーズに対応するために、フォトニクスに基づく処理の重要性は飛躍的に高まっている。

米ライテリジェンス社(Lightelligence)の共同創設者であるイチェン・シェン氏(Yichen Shen)は、次のように述べている。「2015年頃に、ムーアの法則が破綻し始めた。トランジスタの微細化は続いているが、継続的な微細化によって得られる性能の向上幅は、以前ほど高くない。加えて、より小さな次世代デバイスの開発に、より長い時間を要するようになっている」。

破壊的技術が求められている。しかも今すぐに。

より高い演算能力が必要であることを表す最も顕著なトレンドが、自動運転車に対する需要の高まりである。自動車メーカーが、自動運転機能の向上を求める顧客需要の高まりに直面するようになったことで、チップメーカー

は、それを実現するためにフォトニクスに目を向けるようになった。まずは、クルーズコントロールによって、アクセルから足を離しても走行できるようになり、続いて、バックアップカメラと近接度検出器によって、目を離しても走行できるようになった。より最近では、ハンドルから手を離して走行できるようになっており、自動車は、完全自動運転に向けて少しずつ歩を進めている状態にある。

この進歩には、膨大な量のフォトニクス部品が必要である。フォトニクスは、周囲環境を正確かつ迅速に監視するために必要である。フォトニクスを使用するセンサは、瞬時のデータ伝送が可能で、歩行者や他の車など、近くにある潜在的危険性を運転者に警告する機能を自動車に与える。

消費者は、より多くの自動運転技術が車に搭載されることを望んでおり、インドのフォーチュンビジネスインサ

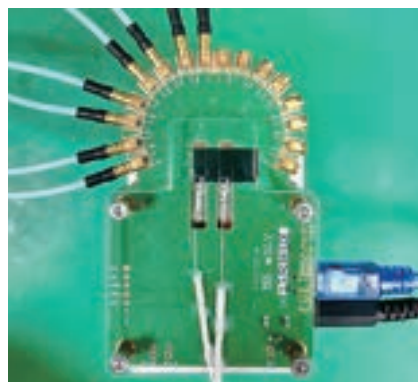


図1 1.6Tの受信光エンジンを含む、1.6 Tbit/s以上にまで拡張可能なPOETテクノロジー社のプラガブルソリューション。この写真では、評価用ボード上に実装されている(画像提供:POETテクノロジー社)

イツ社(Fortune Business Insights)の市場調査レポートには、世界の自動運転車市場の規模が、2021年の16億4000万ドルから、2028年には110億3000万ドルまで拡大するとの予測が示されている⁽¹⁾。

同レポートでは、次の点も主要項目として挙げられている。「センサ処理技術、高精細度(HD)マッピング、適応アルゴリズムの急速な向上と、インフラから車両と車両間の通信技術の進歩に励まされて、複数の企業が生産能力を拡大し、車両の自動化を次なるレベルへと引き上げている」。

その次なるレベルに到達するために、マイクロチップメーカーは、フォトニクス集積回路(PIC)に力を入れる必要がある。PICが自動車にもたらす効果は、転送速度という点でデータセンターや、ウェアラブルデバイス、医療技術など、非常に多くの分野に対しても有効である。

PICによって、電子部品とフォトニクス部品を組み立てて集積するための、資本と労力の両方の面でコストのかかる、時代遅れの従来方法を置き換えることができる。PICを使用すれば、コストと組み立て時間を大きく削減することができる。しかし、多くのチップメーカーにとって、大半のフォトニクスデバイスの構成材料は扱った経験がなく、標準的なシリコンと比べて製造が難しい。チップ業界はシリコンにかなり投資していて、これを使い続けたいと考えている。フォトニクスに使われる材料は主に、LED、検出器、センサ、イメージングデバイスに用いられている。

しかし、インドのスカイクエストテクノロジー社 (SkyQuest Technology) の最近の市場調査レポートによると、世界フォトニクス市場の規模は、7220億ドルから2028年には1兆2000億ドルにまで成長すると予想されている⁽²⁾。この拡大の要因は、半導体とオプトエレクトロニクス業界の従来のやり方が、長期的には機能しないという認識が芽生え始めていることにある。

市場に求められているのは、フォトニクスを「半導体化」する集積ソリューションであり、完全にウエハレベルの半導体処理によって、チップスケールのデバイスを製造することである。このアプローチを採用しない限り、コスト、サイズ、消費電力の要件を抑えつつ、数億個ものデバイスを製造することはできない。

米POETテクノロジーズ社 (POET Technologies) は、チップ間電気通信に広く用いられている、従来の電気インターポーザを、光学デバイスがシングルチップ上の他の光学デバイスや電子デバイスと通信するための手段を追加することによって強化した。

POET社は、光導波路を電気接続の間に挟んで、半導体業界向けの集積型フォトニクスソリューションを構築した。POET社のプラットフォームは、同社独自の光インターポーザをベースとしている。このインターポーザは、CMOS互換のウエハ製造手法のみによって製造されており、標準的な高抵抗率のシリコン基板を使用することによって、シングルチップ上のすべての電子部品とフォトニクス部品間の高速通信が実現されている。さまざまな部品 (レーザー、検出器、変調器、フォトダイオード、ドライバなど) が、この光インターポーザ上にフリップチップボンディングされている。特定用途に

対して適切であることが既知の部品が選択されている。つまり、この集積は「ハイブリッド」の性質を持つ。同社は2022年に、米ルーメンタム社 (Lumentum) の高速直接変調方式レーザー (Directly Modulated Laser : DML) を、同社の製品設計に採用することを発表した。同社は、米ブロードコム社 (Broadcom) の連続波 (CW) レーザも使用しており、業界最高水準の部品を同社設計に追加している。

POET社の光インターポーザアーキテクチャの鍵となる要素で、従来の半導体装置を使用した組み立てと試験を可能にしているのは、低損失の導波路である。プリズム分光法で測定される導波路内の材料損失は0.3dB/cm未満で、他のシリコンフォトニクス技術で使用される小さなコアシリコン導波路で一般的に観測される値よりも約1ケタ低い。さらに、導波路はほぼ非熱的 ($dn/dT=12\text{pm}/^\circ\text{C}$) で、複屈折は生じない。チップファセットのファイバ結合用に、同社独自のスポットサイズのコンバータが設計されており、0.25dBのファセット結合損失が実現されている。

これらの特許取得済みの導波路層を従来の半導体ウエハに追加することは、電子部品とフォトニクス部品のウエハスケールでの集積を可能にするために不可欠である。この集積により、100G ~ 1.6Tbit/sの通信用の光エンジンを世界最小のチップスケールパッケージとして実装することができた。POET社のこの4.5 × 9mmの光エンジンには、4つのDML、4つの高速光検出器、4つの監視用フォトダイオード、マルチプレクサ/デマルチプレクサのペアが搭載されている。これによって合計部品点数も減少し、この2年間のサプライチェーン問題に起因する供給不足を考えると、それは特に重要

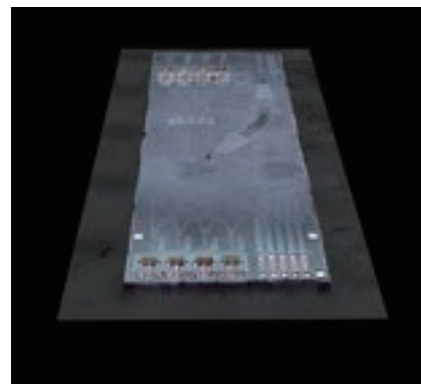


図2 POET Optical Interposerエンジン (画像提供:POETテクノロジーズ社)

なことである。このデバイスは非常に小さく、トランシーバーモジュールメーカーは、4つのエンジンを標準的なQSFP-DDモジュール内に搭載することが可能で、所定のフェイスプレート密度に対するデータレートを4倍にすることができる。

POET Optical Interposerを使用して構築された、初めての集積型フォトニクスチップとAI-MLアクセラレータチップは、確立されたチップメーカーや新興企業によって既に利用されている。それらの顧客は、このハイブリッド集積のオプトエレクトロニクスソリューションを、高度な性能をクライアントやエンド顧客に提供するための必須要素としてとらえている。

注記

POET Optical Interposerは、POETテクノロジーズ社の商標である。

参考文献

- (1) See <https://tinyurl.com/yc3rtvt3>.
- (2) See <https://tinyurl.com/bdd4pubx>.

著者紹介

サレシュ・ヴェンカテサン (Suresh Venkatesan) は、米POETテクノロジーズ社 (POET Technologies) の最高経営責任者 (CEO)。

e-mail: svv@poet-technologies.com

URL: <https://poet-technologies.com>

LFWJ