



光接続のための半導体技術

超長距離から超短距離まで

光ネットワークの世界

私達の日常生活の中で、電子ではなく光子によって情報が運ばれることが次第に多くなります。この傾向は電話やデータ通信の業界で始まりましたが、今や世界の大陸や都市は、ほとんどすべて光による接続で結ばれています。この傾向は企業においても続いており、企業は社内ネットワークの銅線によるインフラを高速の光接続で置き換えつつあります。より多くのストレージ、重要情報への高速アクセスを従業員が要求するだけではなく、データセンターのスーパーコンピューター・クラスターが、情報判断やシミュレーション実行の効率を高められるように高速のプロセッサ間通信を要求しています。より広い帯域を求める傾向には終わりがなく、この傾向は今や高速のマルチコア・プロセッサと RAM デバイスやストレージ・インターフェースとの接続にも広がっています。今日、一般消費者用のデジタル・メディアが次第に高度になりつつある中で、こうした傾向はついに数十万ドル規模の一般消費者市場にも見られるようになったようです。

現在の光ネットワークの概要

インターネットは現在、各大陸や大洋に広がる WAN (Wide Area Network) で構成され、この WAN に対して、さらに多くの MAN (Metropolitan Area Network) が接続されています。光ファイバーの持つ、長距離での素晴らしい性能のため、これらのネットワークでは急速に光接続の採用が進みました。従来は、(総所有コストが低く、また使い慣れた技術であることから) 100 メートル未満の短距離では銅線が有利でしたが、最近の技術進歩によって、長年にわたる銅線の優位は必ずしも確実ではなくなってきました。しかも光ファイバーの性能は長距離では常に銅線を上回ります (速度、帯域幅、減衰、メンテナンス、コスト、そして EMI 耐性)。こうした進歩と高データレートへの必要性から、従来は銅線ベースの LAN (Local Area Network) 以外を使用しなかった企業が、社内の LAN や SAN (Storage Area Network) のインフラに光接続を使用するようになってきています。

WAN (Wide Area Network) の概要

WAN の範囲は 400km 以上であり、1000km 以上の海底光ケーブルで大陸間を結ぶ「ULH (Ultra Long Haul)」ネットワークと、1つの大陸内を 400km 以上の地上光ケーブルで都市地域間を結ぶ「LH (Long Haul)」ネットワークとにセグメント分けされます。通常、これらのネットワーク内のデータには「NRZ (Not Return To Zero)」と呼ばれる単純なデジタル・フォーマットが使われ、「1」がレーザー・オン、「0」がレーザー・オフとして伝送されます。かつてはこの単純な変調方式で十分でしたが、この方式ではビットレートの増大 (現在は 10Gb/s 以上) に完全に対応することはできません。こうした場合には、高速伝送時の問題 (減衰、波長分

散や偏光分散、自己位相変調やクロス位相変調など) にデータ信号が影響されないように、高度な変調方式 [Ref.1] が採用されます。

また、従来、WAN は電話会社によって展開され、これらの会社は電話通信用の堅牢な標準である SONET (Synchronous Optical Network) や SDH (Synchronous Digital Hierarchy) に準拠することでシステムを実現していました。そのため展開のサイクルは長く、また大きな資本投資が必要です。大部分の WAN は現在 10Gb/s の標準 (OC-192) を採用しており、また最新の最高速 WAN は 40Gb/s の標準 (OC-768) を使って展開されています。従来は 2010 年から 2011 年頃の間どこかで WAN プロトコルとして 100GbE (イーサネット) が SONET/SDH を置き換えると言われていましたが、まだ高速用に SONET/SDH 標準が使われたことがないことは注目に値します。

MAN (Metropolitan Area Network) の概要

MAN は一般的に 100m から 400km に及び、「Long Haul」ネットワークを (Long Haul ネットワークよりも多くの) Local Access Network に接続します。MAN は実質的に、グローバル・ネットワーク (WAN) を、ユーザーに近い小さなネットワーク (ISP、LAN、SAN など) に接続します。MAN は都市や企業のオフィス、データセンターやストレージのネットワークを接続します。MAN はコストが低く、展開のサイクルが速く、また末端ではユーザーがイーサネットを強く要求するため、MAN 業者は WAN 業者よりもずっと速く自社のネットワーク・インフラをイーサネットのソリューションに移行しました。この傾向が今後も続けば、一般論としては MAN の場合にも、標準としては間もなく 100GbE が SONET/SDH を置き換えると予測することができます。

データセンターと企業ネットワークの概要

100m 未満の VSR (Very Short Reach: 短距離通信、データセンター、基板間、ラック間、チップ間、そしてチップ内などの接続) では、信号の経路は光ファイバーから銅線へ、また光接続から電気接続へと頻繁に変更されます。銅線は、配線が容易であり送受信機のコストも安価なことから、非常にコスト効果の高いソリューションです。しかし先ほど触れたように、より高速な伝送への要求の高まりから、こうしたネットワークの領域にも光接続が使われることが多くなっています。

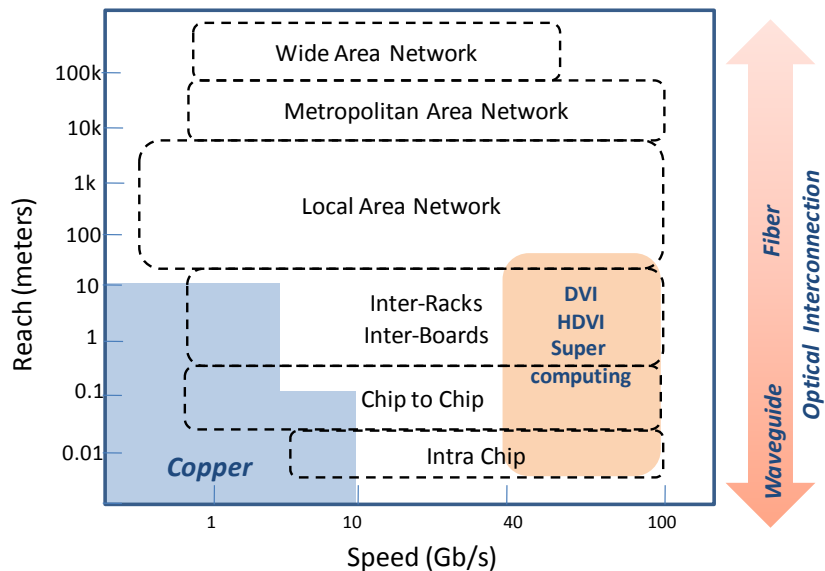


Figure 1 – Optical Network Universe as function of bit rate

こうしたネットワークの領域にも光接続が使われることが多くなっています。

市場における課題と機会

通常、ネットワーク・トラフィックの大部分は音声、ビデオ、データの 3 つが占めています。1970 年代にガラス製のファイバーが導入されて以来、光接続によるネットワークのスピードは 155Mb/s から 10Gb/s にまで高まりました。今日では、主に一般消費者向けインターネット・ビデオやデジタルテレビ、企業のバックアップ・アプリケーションなどの普及により、帯域幅要求が増大し続けています。そのため光接続のビットレートは大幅に高まり、100Gb/s にまで達しています。コア・ネットワークは 2 年ごとに倍増すると予測され、2010 年にはビデオ関連のデータのみでデータ・トラフィックの 90% を占めると予測されています。

こうした成長の傾向のため、システム・アーキテクトや中継器のメーカー、IC ベンダーは、光ネットワークの世界のすべてのリンクにわたって高ビットレート (40Gb/s と 100Gb/s) を実現するために、コスト効果の高い新たなソリューションを提供する必要性に迫られています。これによって新たな課題がいくつか提起されますが、これは同時に従来の光ファイバー通信をはるかに上回る規模の市場での、新たな成長の機会でもあります。

高速、高度変調方式

海底や地上のネットワークでは、10Gb/s と 40Gb/s のための新しい高度な変調方式によって、そうした高速通信を超長距離で行う場合に典型的な分散の問題は大部分解決されています。減衰、波長分散や偏光分散、自己位相変調とクロス位相変調など、ファイバー伝送の問題は、FEC (Forward Error Correction)、RZ (Return To Zero) デジタル・フォーマット、デュオバイナリー変調、DPSK (Differential Phase Shift Keying)、DQPSK (NRZ-DQPSK と RZ-DQPSK) などの変調方式によって補償することができますが、場合によると高価な半導体技術、複雑な中継器アーキテクチャーが必要になることがあります。40Gb/s では、既に 10Gb/s 用に設置され、使用されているチャネルを使って、そうした高度な変調方式が都市や地域のアプリケーションにも適用されます。

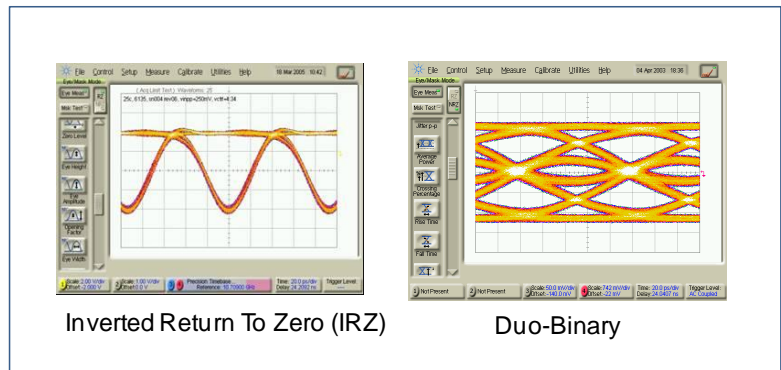


Figure 2 – Different 10G Eye Diagram Modulation Formats

光モジュールの統合

10Gb/s のセグメントでは、さまざまなベンダーの部品の相互接続性を保証するために、中継器モジュールの標準は MSA (Multisource Agreement) によって定義されています。高密度化に伴い、複数のプラグ可能並列モジュールを同じラックに装着する必要性が高まっているため、小型化、低消費電力化、そして大幅な低価格化が求められ、その結果、マルチプレクス/デマルチプレクス、クロック・リカバリー、その他必要なすべてのイコライザーをモジュール内から取り出し、ホスト・ボードの中に入れるようになってきています。中継器モジュールは、従来の 300 ピンで 127 x 127 ミリのサイズ、10 W 程度の消費電力から、サイズが 120 x 36 ミリから 78 x 18 ミリの XEMPAK、XPAK、X2、XFP、消費電力は 3 W から 1.5 W へと進化し、そしてついにサイズが 56.5 x 13.4 ミリの SFP (Small Factor Pluggable) で消費電力は 1 W 以下にまで達しています。

市場で入手可能なソリューションの大部分はディスクリートの電子デバイスであり、消費電力に余裕がなく、さらに組み立てコストも余分にかかりますが、10Gb/s の SFP (SFP+) モジュールへの要求を活用することによって 1 個のシリコン IC 送受信機の中に送信レーザー・ドライバー、レシーバー、ポストアンプ、デジタル・

コントロール・インターフェースを無理なく実装し、ワイヤレス・アプリケーションに見られたような高集積化を実現することができます。2012年までに1500万個のSFP+モジュールが出荷されると予測されており、これは10GigEモジュールの市場全体の約50%に当たります [Ref.2]。

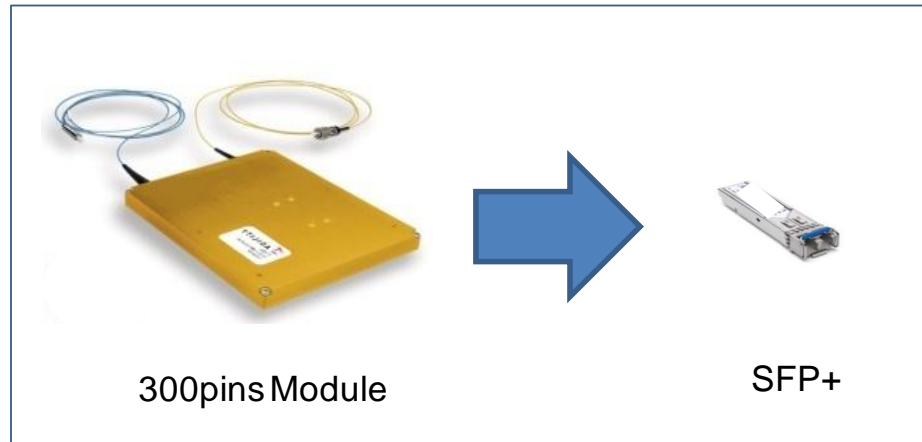


Fig. 3 – Transponder MSA Evolution

40Gb/s の VSR (短距離通信) 市場

40Gb/s の市場がついに現実になりつつあり、しばらく前から実際にネットワークが稼働しています。しかし、システム・コストの削減と性能の改善は相変わらず大きな課題として残っています。40Gb/s の中継器の大部分は、GPPO コネクタ・ベースのモジュールによる大型電子部品と、差動構成の場合には位相調整の問題がある非常に高価なケーブルとを相変わらず使用しています。また IC ドライバーの技術はコスト効果の高い集積表面実装ソリューションを提供するために現在も苦労しています。厳格な Telcordia 標準の要求に準拠した表面実装パッケージの高速デバイスと、低駆動電圧で信頼性の高い、新しい変調技術 (つまりポリマー・ベースの EO 変調器) が利用できるようになることが、40Gb/s の中継器をコスト効果の高い方法で集積するための、またそうした市場が急速に成長するための、重要な要素です。

並列技術と一般消費者向け市場の課題

短距離や中距離では、低速のレガシー・プラットフォームを活用して低価格で速度を向上するための最も魅力的な方法として、特定のビットレートでファイバーの並列チャンネルに多重化、または結合する並列技術が復活しつつあります。標準策定のための業界の研究グループが、10 x 10 Gb/s、5 x 20 Gb/s、4 x 25 Gb/s など、100Gb/s のためのいくつかの選択肢を検討中です [Ref.3]。これらを実現する上での、中継器レベルでの主な問題は、既存のレガシー・システムとレーザー技術に依存し、これがレーザー・ドライバーの実現可能性に影響します。100Gb/s の並列は40Gb/s のシリアルと比較して、いくつかの利点があります (例えば、高度なオンチップ機能を持つ、パッケージングが容易な低価格の IC 半導体が使える、など)。また VCSEL (Vertical Surface Emitting Lasers) ベースの並列技術も、12 x 2.5 Gb/s のビットレートによってようやく従来のニッチ

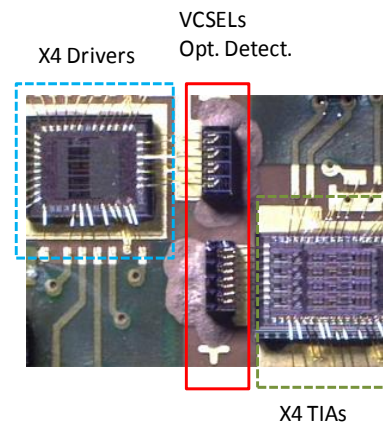


Figure 4 – Parallel 4x3.125Gb/s Electro-optical Transceiver using Gigoptix Parallel VCSELs laser driver and TIA

市場 (Infiniband やスーパーコンピューティングなど) から抜け出しつつあり、従来の銅線が次第に光接続で置き換えられつつある中で、4 x 10 Gb/s と 12 x 10 Gb/s の新しい VSR アプリケーションの領域に登場しつつあります。実際、高データレートでの銅線の性能の限界から、また VCSEL レーザーやシングル/マルチモードのファイバー、アクティブ・ケーブルや光導波路などの分野での最近の技術改善により、新世代の VSR ネットワークには光並列接続が最もコスト効果の高い高性能ソリューションになっています。

10Gb/s 以上のスピードでは、多くの点で光接続は銅線よりも優れています [Ref.4]。例えば帯域が非常に広い (潜在的には 10 Tz まで) ことから始めて、周波数による減衰が少ない、EMI (Electromagnetic Interference) の影響を受けない、サイズが小さく、将来の速度増加に対する拡張性がある、さらには複数波長を 1 つのチャネルで伝送できる (WDM) ことまで挙げられます。一般消費者市場での、新しいアプリケーションや高速で効率的なデータ管理への要求 (例えばハイビジョンテレビ用の HDMI (High-Definition Multimedia Interface)、ホームシアター、情報表示装置、さらには携帯電話など) によって、非常に低価格の光接続技術の開発が加速されています。

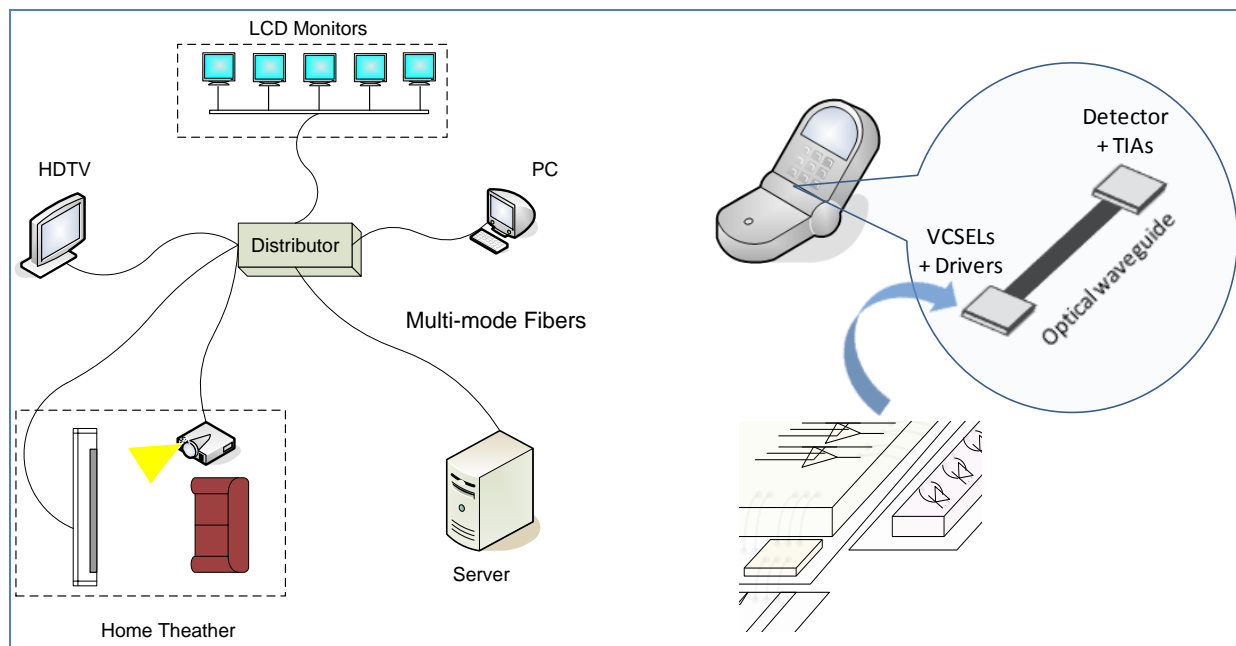


Fig.5 – Optical Interconnections Consumer Applications

Gigoptix が電気/光インターフェースに関して持つ技術

より広帯域への「自然な」進化、特に 40Gb/s と 100Gb/s における進化は、光部品のメーカーと IC (Integrated Circuit) のベンダーの両方に大きな課題を提起します。実際、そうした新しいシステムは、性能の問題以外にも、それまでの低ビットレートのシステムと比較してのコスト面での有利さ (\$/bit) を示す必要があります。また MSA が固まればその要求に準拠する必要があります。例えば 40Gb/s の中継器が大量に採用されるためには、現在の 10Gb/s の中継器の約 2.5 倍のコストでなければなりません。

高速伝送システムに提起されるすべての課題を IC レベルで克服するためには、さまざまな種類の技術スキルや技術を融合する必要があります。ワイヤレス通信で典型的な IIIV 技術によるミリ波の設計手法、低周波シリコン技術で典型的な、複数のデジタル機能やデジタル・インターフェースを持つ高集積ソリューション、そして高性能のパッケージングが、ユーザーに対する 1 つの製品ソリューションとして融合されなければなりません。

今日の Gigoptix は、ULH と LH の IC ドライバーの市場をリードする iTerra Communication が持っていた高速、高性能に関する専門技術と、シリコン並列技術における Helix Semiconductor の長年の経験とを併せ持っています。この組み合わせにより、光送信機と受信機の製品開発における 10 年以上の実績、IIIV 技術による高電圧超広帯域設計手法、そして高集積の並列送受信シリコンチップ設計能力が融合されたこととなります。ファブレスである Gigoptix は自社の専門技術と適切な技術とを組み合わせることができ、40Gb/s や 100Gb/s の将来システムを迅速に成長させることができます。Gigoptix は現在、一連の PMD (physical media dependent) IC を提供しています。これらの IC は送信側、受信側の両方で任意の光接続とのインターフェースが可能であり、そして ULH から VSR まで、また 10Gb/s から 40Gb/s、さらにそれ以上のデータレートをカバーすることができます。このように広範囲の距離やデータレートをカバーするためには、設計の専門技術の面、そして適切な半導体技術の使用の面という両面で、いくつかの課題があります。

Figure 6 は、Gigoptix の技術がカバーする「世界」の全体像を示しています。

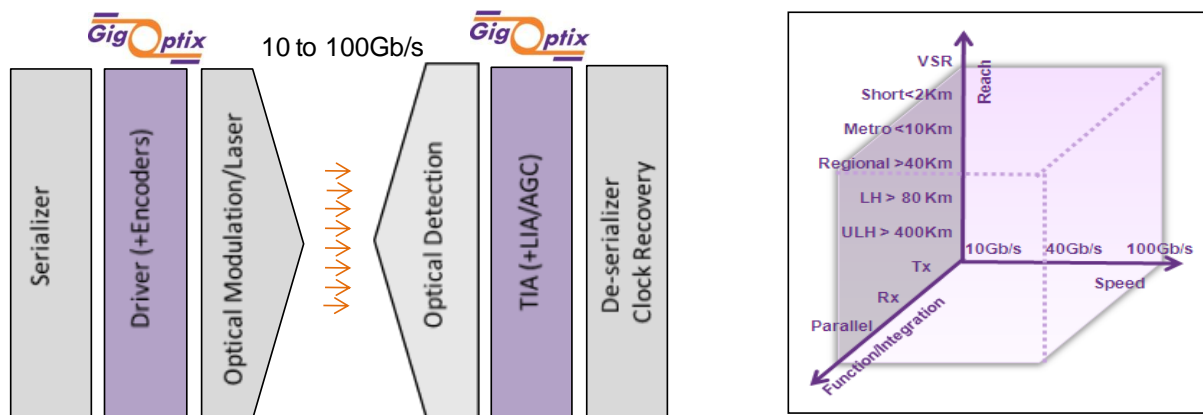


Figure 6 – Gigoptix Domain

光中継器の中核部品は、送信側でのレーザーまたは光変調器と、受信側での光検出器です。対象とする距離により、異なる変調器や検出技術を使用する必要があり、また適切な変調器やレーザー・ドライバー、そして TIA (trans-impedance amplifier) IC を提供する必要があります。

光変調器とレーザー IC ドライバー技術

光変調器とレーザー・ダイオード技術

送信側では、異なる 2 種類の光変調器が使われます。この 2 つはそれぞれ「直接変調」方式と「外部変調」方式をベースにしています。

ULH、LH、そして中距離では、外部変調器しか使われません。直接変調方式にはレーザー周波数の変動とファイバーによる分散から制限要因があり、これは中距離や長距離では受け入れられませんが、外部変調器はこうした直接変調方式の制限要因を克服できるためです。100km 以上の距離では、通常は LiNb の MZ (Mach-Zehnder: マッハツェンダー) 外部変調器が使われ、採用される変調方式により、10Vpp から 6Vpp の高い RF 駆動電圧 ($V\pi$) を必要とします。MZ 変調器は高性能の変調器ですが、外形が大きく、光回路用の集積には適していません。現在は、InP ベースで波長可変レーザーを持ち、入力駆動電圧が 3 から 3.5Vpp と低い (Low $V\pi$) 新世代の MZ 変調器が入手可能であり、中継器の消費電力と半導体コストの低減に効果を発揮します。

40km 以上の距離用の MAN アプリケーションでは、通常は EA (Electro-Absorption: 電界吸収型) 変調器が使われます。この種の変調器は MZ 変調器と同様に電圧制御型であり、印加される RF 電圧によって半導体のバンドギャップが変化するとレーザー波長を吸収します。EA 変調器は必要な駆動電圧が 2.3 から 3Vpp と低く、また非常に小さなことから高集積化が可能です。

40km 以下では直接変調の魅力が発揮されます。この種の光源には周波数変動があるものですが、この程度の距離になると周波数変動による制約を無視できるからです。レーザー・ダイオード (LD) は FB (Fabry-Perot: ファブリ・ペロー) 型や DFB (Distributed Feedback: 分布帰還) 型で実現することができます。これらのレーザー・ダイオードは電流変調であり、通常は 25 オームの終端で 50 から 80mA の変調電流が必要ですが、これは電圧振幅では 1.5Vpp から 2Vpp に相当します。

1km から 1m の非常に短距離では、光接続には圧倒的に VCSEL (Vertical Surface Emitting Laser) が使われます。これは非常に低コストで非常に小型であり、そのため非常に高レベルの光集積と光並列化を行えるためです。この場合のレーザー変調電流は非常に低く、電流値は 5mA から 12mA 程度です。

高速 IC ドライバーの半導体技術

さまざまな距離や変調方式に対して多様な光変調器やレーザーを駆動できる IC を提供するためには、異なる半導体プラットフォームや設計技術を考慮する必要があります。さまざまな種類の変調器に対応するための、平坦な群遅延特性、非常に小さなジッター変動、外部絞効果、温度に対する安定性、自動電力制御、2 線デジタル・インターフェースなどは、IC ドライバーの設計者が直面する典型的な課題と要求です。しかしどの場合にも、適切な半導体技術を選択することが非常に重要です。

高電圧駆動を必要とする外部変調器は、高ブレイクダウン電圧で高カットオフ周波数の半導体技術で製造されたドライバー IC を必要とします。そうした特性は、IIIV 技術 (InGaP HBT (Heterostructure Bipolar Transistors) や InP HBT、GaAs p/HEMT デバイスなど) と、場合によってはそれらを進行波設計の手法と組み合わせることで実現することができます。

InGaP HBT は実績のある信頼性の高い技術であり、主にワイヤレス・アプリケーションで大量に使われていますが、10Gb/s までの高速ドライバーに適した魅力的な特性をいくつか持っています (非常に高いブレイクダウン電圧、高いカットオフ周波数、高直線性、単純な材料成長、温度安定性、露光装置や製造が低コスト、など)。

0.15 μ m の電子ビーム・プロセスによる GaAs pHEMT は無線通信用のマイクロ波ないしミリ波アプリケーションで広く使用されている技術であり、ゲート/ドレイン間のブレイクダウン電圧が 11V と高いことから高電圧

の設計に非常に適しています。p/HEMT の持つ 90 から 100GHz のカットオフ周波数と分布増幅技術を組み合わせることにより、40Gb/s で素晴らしいアイパターンを示すことができます。

InP HBT は IIIIV 技術で得られるものの中で最高の Ft を持ち、また 2 つのアクティブ・チャネルを利用することにより (DHBT)、適切なレベルのブレイクダウン電圧を持たせることができます。

IIIIV プロセスは通常、一回限りの開発コストはシリコンよりも低いものの、大量に生産する場合にはコストが高く、また今日では、繊細な InP を除き、利用できるウェーハは 6 インチです。

しかし IIIIV 技術には高度な集積機能が欠けており、またシリコンに比較してプロセスが不安定です。数社の IIIIV ファウンドリーが現在、HBT デバイスと pHEMT デバイスの両方を同じ GaAs 基板に集積するための開発に大きな投資を行っていますが、これは主にワイヤレス・アプリケーションでの大量の需要のため、また高性能の VCO をパワーアンプと一体化する必要があるためです。

LD や VCSEL など変調電流の低いレーザーは、低ブレイクダウン電圧の IC 技術を必要とする一方、高度に集積されたデジタルまたはアナログの制御機能と低コストのソリューションが必要です。そうした場合には

SiGe HBT BiCMOS が素晴らしいプラットフォームとなります。

SiGe HBT BiCMOS 技術

[Ref.5] では、SIC (selectively implanted collector) の技術により、異なるカットオフ周波数 (40GHz から 200GHz まで) やさまざまなブレイクダウン電圧の SiGe HBT デバイスと低バイアスの CMOS トランジスタを同じ 8 インチのシリコン・ウェーハ上に集積することができます。これによって設計は非常に柔軟に、また多様になるためコスト効果の高い完全統合ソリューションを提供できる上、場合によっては完全な送受信機をチップ上に形成することもでき

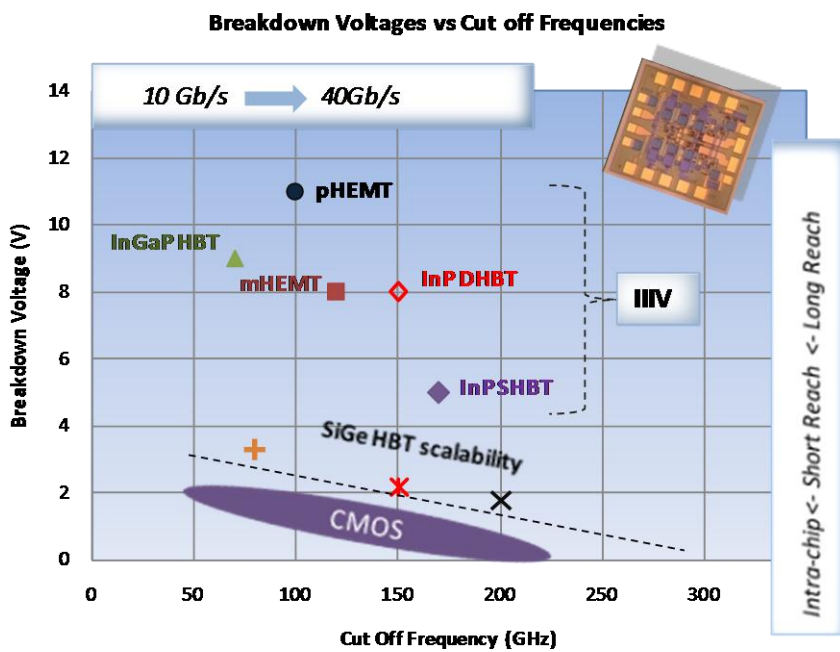


Fig. 7- IC Driver Technologies

ます。SiGe HBT と CMOS 技術は小型化が続けられており、現在ではカットオフ周波数が 300GHz と高く、またゲート長は 45nm と短いものが実現されています。

先ほど触れたように、光変調器は、高速化のための機能 (デジタル・エンコーダー、高精度広帯域の位相遅延、高精度クロック・ドライバなど) を必要とする高度な変調方式と組み合わせて使用することができます。そのための候補として、必要とされるスピードに応じて、IIIIV 技術と SiGe HBT 技術はどちらも優れています。最近のシリコン・フォトリソグラフィの進歩により、一般消費者向けアプリケーション用での、シリコン上やチップ内接続での大規模な光機能集積に対して、CMOS 技術が非常に魅力的になっています。

Gigoptix の光変調器とレーザー・ドライバー

Gigoptix は広帯域マイクロ波設計機能を組み合わせたデジタル設計手法を採用することにより、ULH アプリケーションや高度変調方式のための、III-V ベース技術によるマルチチップ・パッケージの高性能ドライバー・ファミリを開発しました。これらのドライバーはすべて、光変調器とマルチプレクサーをインターフェースするための完璧なソリューションです。これらのマルチチップ・パッケージには、高速エンコーダー、広帯域の位相遅延調整、過熱防止と温度安定化用の基準ダイオードによる電力検出などの機能が含まれているため、中継器の設計が柔軟になります。すべての製品には低周波チョークが内蔵されており、またパッケージはハーメチック・シールされています。こうした高性能パッケージのデバイスの例として、iT6135 NRZ/RZ ドライバーと DPSK 変調用の iT6139/38 チップセットがあります (Figure 8 と Figure 9)。

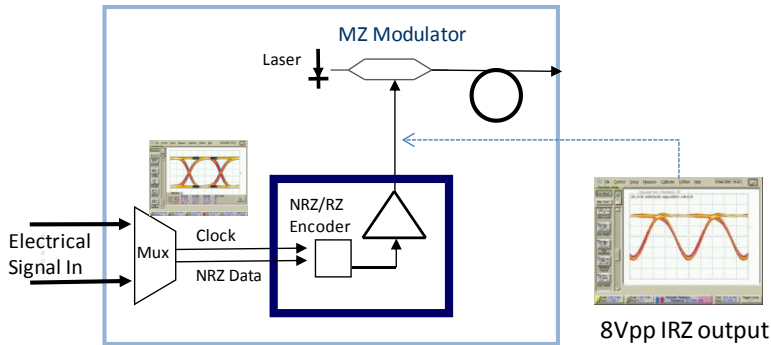


Fig. 8 - iT6135 10G NRZ/RZ Encoder + Driver

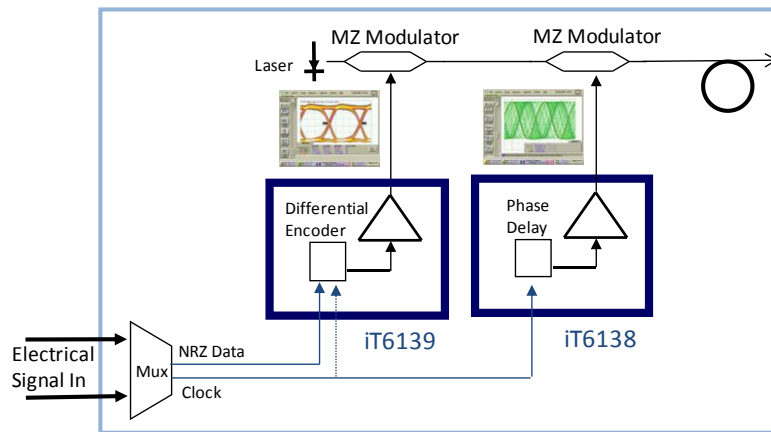


Fig. 9 - iT6138 and iT6139 10G DPSK Chip Set

Vp ドライバー Gx6151 (10Gb/s) は 7 Vpp の作動出力を持ち、InP 波長可変レーザーに好適です。また新しい Gx6120 EA 変調器ドライバーは 600 mW の消費電力で 2.5 Vpp の出力、そして同じく QFN パッケージです。Gx6120 と Gx6151 は共にオンチップの温度補償回路と ESD 検出回路を持っています。

これらのマルチチップ・パッケージには、高速エンコーダー、広帯域の位相遅延調整、過熱防止と温度安定化用の基準ダイオードによる電力検出などの機能が含まれているため、中継器の設計が柔軟になります。すべての製品には低周波チョークが内蔵されており、またパッケージはハーメチック・シールされています。こうした高性能パッケージのデバイスの例として、iT6135 NRZ/RZ ドライバーと DPSK 変調用の iT6139/38 チップセットがあります (Figure 8 と Figure 9)。

InGaP HBT プロセスと p/HEMT プロセスは、比較的短距離のアプリケーションにも採用されています。Gigoptix はこの領域で、LH と MAN 両方のアプリケーションでのすべての要求を満足する、優れた信号精度のドライバーを提供することができます。

そうした例としては、SMD パッケージの iT6155 (LiNbO₃ MZ 変調器用 10 Gb/s ドライバー) が 1.1 W の消費電力で出力が 6 Vpp です。QFN パッケージの新しい低

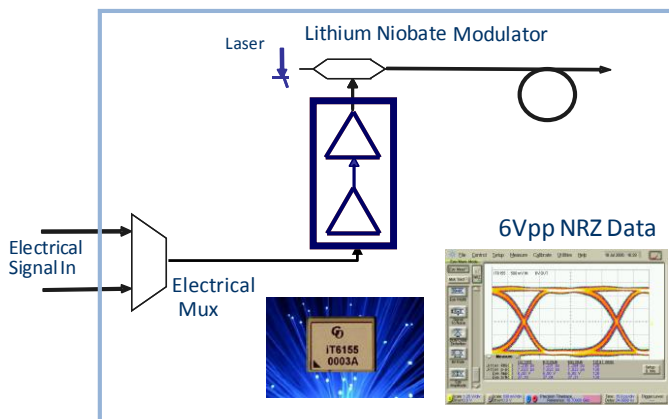


Fig. 10 - iT6155 10G NRZ Modulator Driver

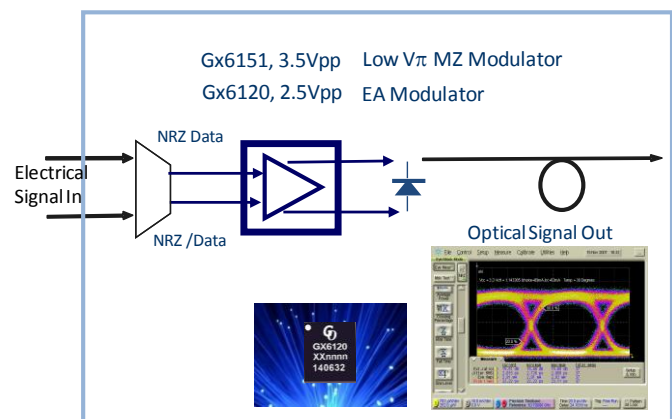


Fig. 11 - Gigoptix 4x4 QFN Low Voltage Drivers

なぜ超短距離の並列伝送で VCSEL が魅力的なのか、その特徴をいくつか挙げると、1) エッジ・エミッターではなくプレーナー技術であり、場合によってはウェーハ・レベルでのテストが可能。2) 光放射を「じょうご」のように (対称) 結合してマルチモード・ファイバーに入れることができる。3) しきい値電流が低く、また温度依存性が低い。

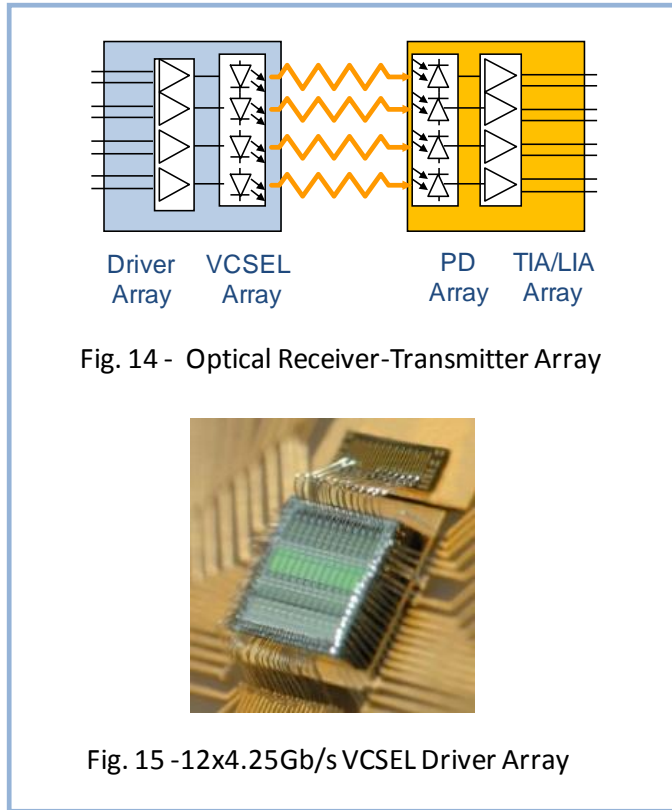


Fig. 14 - Optical Receiver-Transmitter Array

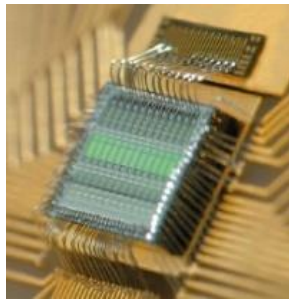


Fig. 15 - 12x4.25Gb/s VCSEL Driver Array

VCSEL 技術の改善方向として、周波数帯域を現在の集約帯域幅容量の倍の 20 GHz まで広げ、また使用可能な波長も 850nm から 1310nm や 1550nm にまで広げるための努力が続けられています。

Gigoptix は Helix Semiconductor との合併により、ORTA (Optical Receiver Transmitter Array) シリコン・ベースの VCSEL ドライバーと TIA アレーの設計にまで能力を拡大し、高速シリアル、高電圧の製品から、低消費電力で広い集約帯域幅を持つ並列送受信チップセットまでを揃えた唯一の IC 半導体ベンダーとしての地位を確立しています。

Helix チームは最初の並列光システム (PAROLI) の時代以来、並列技術の開発の先端を走っています。

HXT3404/HXR3404 、 HXT3412/HXR3412 、 HXT4104/HXR4104 は VCSEL ドライバー・アレー/TIA アレー・チップセットの一例であり、スピードは 4x3.125Gb/s 、 12x4.25Gb/s 、 4x10Gb/s です。

Gigoptix と Helix の設計チームは、SiGE HBT

BiCMOS 技術と長年にわたる並列送受信機の設計の経験により、クロストークや電力消費、外付け部品の削減、I/O チャンネル間ピッチ、高集積とデジタル制御機能などに関する困難を克服することができます。

VCSEL ドライバー・アレーは、各チャンネルの平均電流と変調電流の設定に合わせて駆動制御を行う機能、外部デカップリング部品が不要なチップ上の入力 AC 結合コンデンサ、内蔵温度センサー、8 mA の変調電流でチャンネル当たり 100 mW (typical) の消費電力、そして 2 線デジタル・インターフェース (2IC) などの特徴として設計されています。

TIA アレーは、リミッター機能、プログラム可能な大出力振幅、チャンネルごとの信号検出と信号強度計、そして CML 準拠の出力などを特徴として設計されています。また高データレートの動作を行えるように、出力振幅のプリエンファシスも用意されています。

送信チップと受信チップはどちらも完全にプログラム可能なデバイスであり、高い柔軟性を持ち、外付け部品の数は最小限です。すべての設計はモジュール構成でスケラブルであり、必要に応じてチャンネルを集約し、容易に周波数帯域を広げることができます。

並列送受信チップセットのアプリケーションはいくつもあります。スーパーコンピューティングの分野では、科学や技術の進歩により要求される計算の複雑さが増すにつれ、2010 年までに計算スピードが 10 PFLOPS (105 floating-points number of operation/second) に達する大規模なコンピューター・プロジェクトが行われています [Ref.4]。またストレージ・アプリケーション用の Infiniband、10 ギガビット・イーサネット用 10GBASE-LX4 があり、DVI (Digital Video Interface) と HDMI (High Definition Multimedia Interface) ではさらに多くの毎秒メガピクセル数が要求される一方、銅線による接続の限界に直面しています。そして非常に広範な市場が考えられるアクティブ・ケーブルなどがあります。

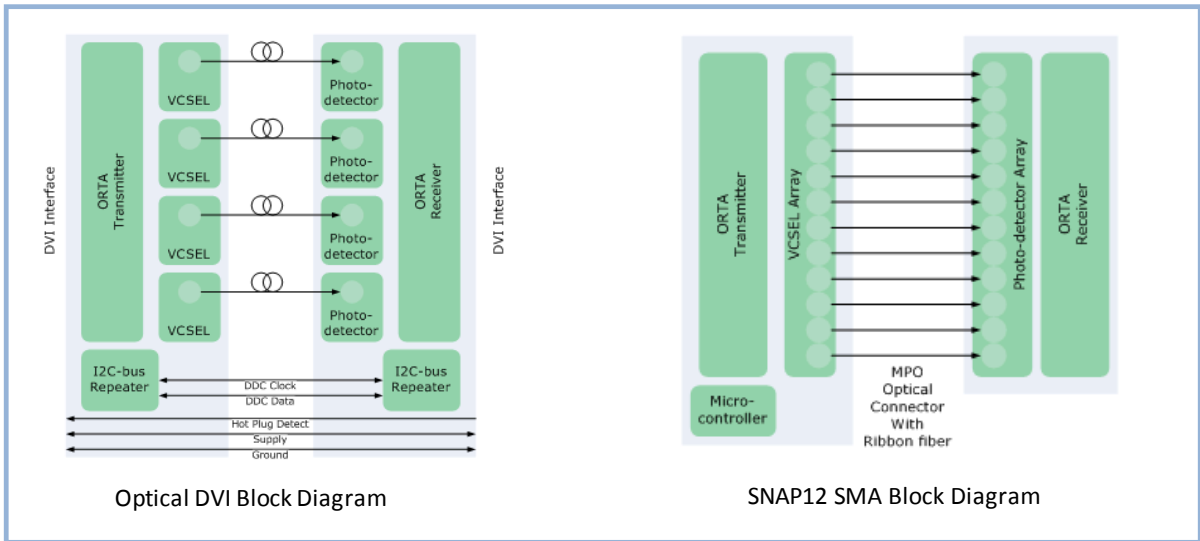


Fig. 16 – Examples of parallel 4 and 12 channels

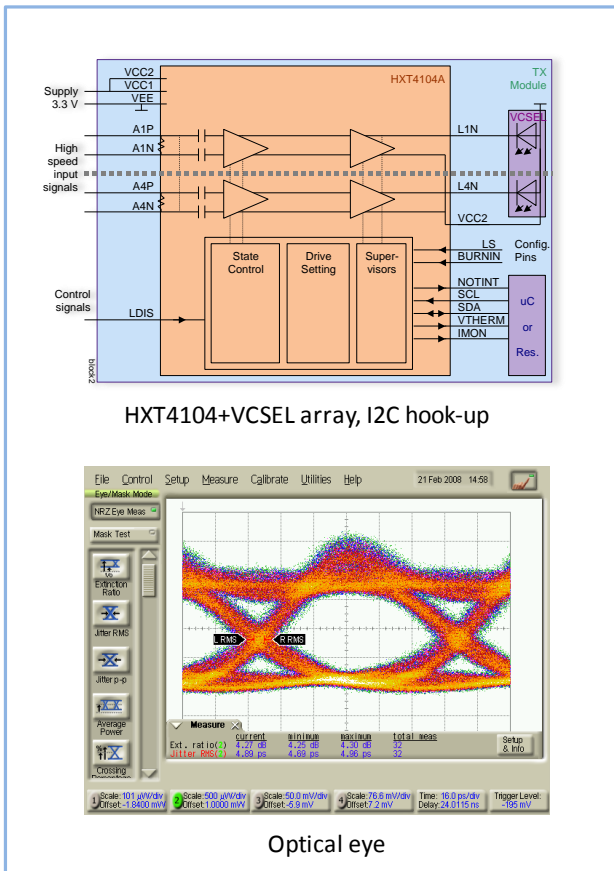


Figure 16a : HXT4101, 4x10Gb/s VCSEL Driver

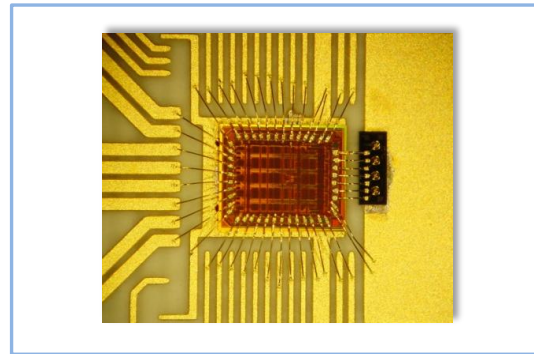


Figure 16b –4x10Gb/s Driver + VCSEL array

Gigoptix のロードマップとビジョン

Gigoptix の専門領域は、IIIV 技術による超高性能で超広帯域の設計技術から、高集積シリコンチップの設計までをカバーし、しかもそれが送受信機両方における、そしてシリアル技術と並列技術の両方での製品開発に関する、10 年以上の実績に裏打ちされています。今日の Gigoptix が持つ IC 技術は光接続のシステムを大きなターゲットとしており、その範囲は ULH から VSR にまで及んでいます。これによって大陸間の接続から基板間接続やビデオ・インターフェースまで実現することができ、これは電話やデータ通信用の光送受信機からアクティブ・ケーブルの市場、そして一般消費者向けの接続までのすべてをカバーしていることを意味します。

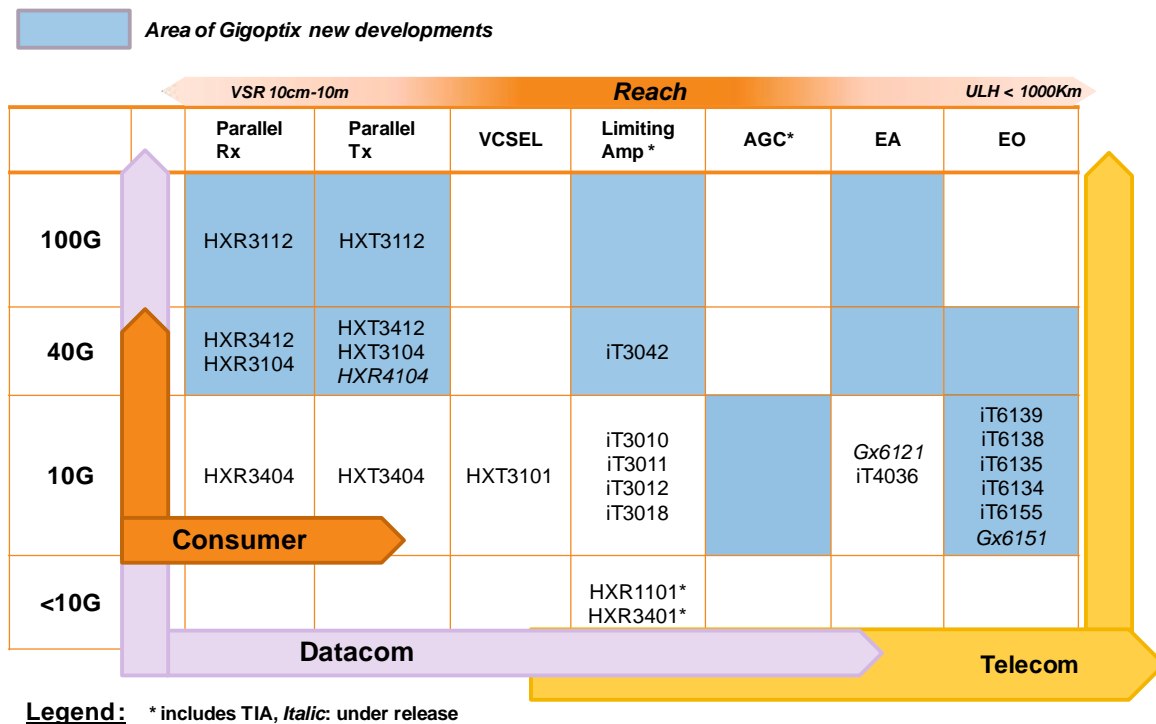


Fig. 17 – Gigoptix Product Line

ファブレスである Gigoptix は、各アプリケーションに対してコスト効果の高い適切な技術を選択することができます。特に Figure 17 は、Gigoptix の現在の製品群と、2008 年と 2009 年における新たな開発と拡大の分野を示しています。この 2 次元の表からもわかるように、Gigoptix は次のような領域へのソリューションを約束します。

- 1) 10 G の高性能 TIA
 - 直線的に高 S/N 比を保ちながらシステムのダイナミック・レンジを改善する必要があり、それによって Electronic Dispersion Compensation (電気分散補償) ベースの光リンクと LH から ULH 中継器をサポートします。
- 2) 40Gb/s TOSA と ROSA のための、また DPSK や DQPSK など高度な変調方式のための、小型でコスト効果の高いソリューション。
 - シングルチップ・ソリューション、または小型パッケージに集積され、現在の 10 Gb/s 中継器にコスト面で競争力のあるもの (10Gb/s のコストの 2.5 倍)。

- 3) データ通信、アクティブ・ケーブル、一般消費者向け市場のための、4x10 Gb/s と 12x10 Gb/s の送受信チップセット。
 - 高性能で歩留まりが高く、また追加の制御機能を持つ新世代のチップセットによって送信機や受信機の集積を単純化することができ、またコストを削減することができます。
- 4) 電話やデータ通信用の 4x25 Gb/s (100Gb/s) の送受信チップセット
 - 高速化のための設計技術を高レベルの並列統合とデジタル制御機能を組み合わせて活用することにより、組み立てが容易に、高価な外付け高周波部品が少なくなり、また優れたアイパターンを実現することができます。

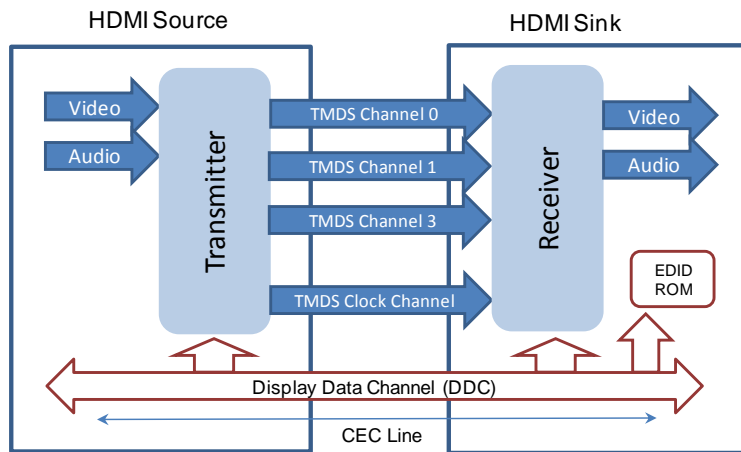


Fig. 18 – HDMI System

Gigoptix が焦点を当てる、これらの 4 つの領域は、この資料の最初に説明した 3 つの世界とも一致し、また現在の、そして将来のデータ通信の世界の傾向とも明確に一致しています。

ユーザーが要求するデータは年々倍増しており、超広帯域の接続が私達の家庭やテレビ、コンピューター、携帯電話などに間もなく登場することは間違いありません。光アクティブ・ケーブルの登場、そして HDMI や USB3.0 での光接続の使用は、そうした急速な変化を実証するものです。

しかし、すべてのユーザーの要求に応える

る最も効果的なソリューションを提供するのはどの媒体なのかは、まだ明確ではありません。ミリ波のブロードバンド・ワイヤレスと光ネットワークは競合していますが、両者は同時に補充しあうものでもあります。

確実に言えることとして、基板上の接続に関してはシリコンやポリマーによる光導波路 [Ref.7] などを利用した光接続が EMI (Electromagnetic Interferences) を含め大部分の問題を解決することができ、銅線を置き換える候補として有力です。この領域には、例えば新世代の携帯電話がハイエンドの携帯用マルチメディア・センターになることを考えるだけでも、無限の可能性があります。マイクロプロセッサは間違いなく集積度を高め、またスピードも高まるはずで、そしてこのレベルでは銅線が限界を示し始め、シリコン・フォトニクスに扉が開かれると考えられます。

最後の 10 メートルであるユーザーの世界は PAN (Personal Area Network) と呼ばれ、大部分のオフィス、中規模の会議室、そして家庭内の部屋をカバーし、ファイバー接続も、将来の 60 GHz ワイヤレス・リンクも、共に有力な候補です [Ref.8]。光ファイバーもミリ波の PAN も、ラップトップや PDA、カメラ、モニターなど、

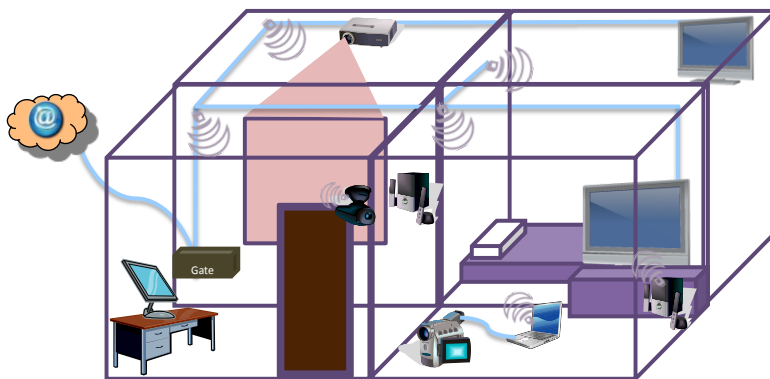


Fig. 19 – Optical interconnection and 60 GHz wireless into future home

さまざまな電子機器を接続することができます。アプリケーションには、ワイヤレス・ディスプレイ、ワイヤレス・ドッキング・ステーション、機器から機器へのワイヤレスによるデータ・ストリーミングなどが考えられます。20Gb/s 以上のスピードで動作する、ワイヤレス光接続と 60 GHz の送受信の両方のための IC も同じような困難に直面し、また同じ半導体技術プラットフォームを利用することができます。この資料の著者の意見では、光とワイヤレスという 2 つの世

界は共存するものであり、またさまざまな標準やプロトコルとインターフェースするための新しい IC 送受信機を開発する必要があります。光ファイバーと 60 GHz のリンクを組み合わせることで、今日銅線と WiFi によって提供されているものに匹敵する超広帯域のブロードバンド・ネットワークを実現することができ、しかもセキュリティに優れ、妨害がなく、そして当然ながら、はるかに高速なデータ伝送が可能になるのです。

参考文献

- Ref.1 “40Gb/s in metro and regional optical networking”, Dr. Klaus Grobe, ADVA Optical Networking Ltd.
- Ref.2 “Optical Components Markets: 2007, Vol.1” CIR Report 2007
- Ref.3 “IEEE 802.3 High Speed Study Group 100GbE Silicon Photonic Platform Considerations” Salah Khodja, APIC’s Optoelectronics, IEEE 802.3 HSSG, Jan 17th 2007, Monterey, CA.
- Ref.4 “Technical Trends in Optical Interconnections Technology”, Kanji Takeuchi, science and Technology Trends, Quarterly Review No.20, July 2006.
- Ref.5 “A Comparison of Si CMOS, SiGE BiCMOS and InP HBT Technologies for High-Speed and Millimeter-wave ICs”, S.P. Voinigescu et al., 2004 Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF systems, 2004 IEEE
- Ref.6 “Optical Interconnects at the Chip and Board Level – Challenges and Solutions”, David Plant et al., May 15th 2003 Stanford University.
- Ref.7 “On-Chip Optical Interconnection Roadmap: Challenges and Critical Directions”, Mikhail Haurylau et al., IEEE Journal of selected Topics in quantum electronics, Vol 12, No16, Nov/Dec 2006.
- Ref. 8 “The Next Wireless wave, CMOS FR-4 and Therabit”, Joy Lasker, IEEE SLAC Course, 2006.