

集積光エレクトロニクスと 光インタコネクション

和田修

富士通研究所

集積光エレクトロニクスは、デバイスの集積化によって光素子の性能、機能、量産性を向上させる技術として光通信への応用を中心に研究が進展してきた。一方、光インタコネクションは、多重性、並列性等の光独特の性質を利用して大容量の情報信号を伝送・制御する技術であり、電子システムの超高性能化に向けて近年その重要性の認識が高まりつつある。このような光インタコネクション用デバイスの実現にとって、集積光エレクトロニクスが技術基盤として不可欠である。本稿では、半導体を用いた集積光エレクトロニクスの現状と光インタコネクション実現に向けての課題を述べる。

INTEGRATED OPTOELECTRONICS AND OPTICAL INTERCONNECTION

Osamu Wada

Fujitsu Laboratories Ltd.

Integrated optoelectronics has been developed as a technology to improve performance, function and manufacturability of optoelectronic devices. The importance of optical interconnection has recently been realized in improving electronic system's performance due to its advantage of transmitting and controlling a large amount of data using parallelism and multiplexability of the light. Integrated optoelectronics will provide a technological basis for producing practical devices for optical interconnection. This paper describes the present status of integrated optoelectronics and directions towards future optical interconnection applications.

1. はじめに

レーザや受光素子のような光半導体素子は、光通信をはじめとするシステムの要として著しい発展をとげた。さらなる性能向上と量産化を促進する技術として注目されるのが集積光エレクトロニクスである。以下では光インタコネクションへの応用に注目しながら、この技術の現状を述べる。

2. 集積光エレクトロニクスの概略

Fig.1 はレーザと FETドライバ回路とをGaAs基板上にモノリシックに集積したOEIC送信器の構造を示す。このように異なった種類の素子を集積することにより

- (1) 高性能化 (寄生リアクタンス除去による高速化等)
- (2) 製造性の向上 (小型化, 高信頼化, 実装の簡略化, 低価格化)
- (3) 高機能化 (信号処理機能向上, アレー化等)

等の特徴が現れる。〔1〕

Fig.2 は集積エレクトロニクスの3つの分野を示す。〔2〕 OEICの他に導波路素子を集積するフォトニックIC (PIC) 〔3〕, さらに, 光と電子の相互作用を一体化された素子構造の中で活用して新しい光信号機能を実現したり, デバイスを2次元に集積することによって新しい光システムを実現する光機能素子がある。いずれも従来の光単体素子では実現が困難な性能や機能を達成できるため, 次世代の光デバイス技術として極めて重要である。

3. 光インタコネクション用デバイス

LSIの高集積化が進む中で, 「配線ネック」の解決策として光インタコネクションが注目されつつある。〔4〕 しかし, 光インタコネクションの技術内容に関する議論にはまだ定まったものがなく, ここでは出来るだけ包括的に捉えることを試みる。光インタコネクションにおける接続の要件としては

- (1) 伝送距離 (システム間からチップ内まで, 伝送媒体が関係)
- (2) 接続数, データ量 (時間, 空間, 波長等の多重化方式が関係)
- (3) 接続の機能 (制御の方法が関係: 光または電気制御)

があげられる。一方、これを実現するために必要な光デバイスとしては

- (1) 光源／光検知器（直接接続）
- (2) 空間光変調器（SLM）及び光論理演算素子等（制御接続）
- (3) 導波路，結像光学素子等の受動デバイス

があげられる。

表1は，光自身の性質と光エレクトロニクス技術の特性から光インタコネクションを眺めてみたものである。集積光エレクトロニクスが光インタコネクションを現実のものにするために極めて重要な位置を占めていることが分かる。

4. 集積光エレクトロニクスの現状

1) OEIC

Fig.3 はFig.1 で述べたOEIC送信器の4チャンネルアレーとOEIC受信器アレー，及びGaAsの4x4スイッチ回路ICを実装した4x4光スイッチモジュールであり，0.6 Gbpsの高速信号のスイッチを実現した。〔5〕最近IBMのグループは，コンピュータ間光インタコネクションを目指し，同様のOEIC技術を使った4チャンネル光リンク（1 Gbps）を試作した。〔6〕

2) フォトニックIC

Fig.4 は4つのレーザアレーをもつ4波長多重光源である。〔3〕PICによりチップ内で光波信号処理ができる。受信器側でも光ヘテロダイン検波用チップ等，種々の試みがある。

3) 光機能素子

Fig.5 は，UCSDで提案されたSi/GaAsハイブリッドSLMの構造を示す。〔7〕制御光はSi検波器で受け，この信号でGaAs MQW反射型光変調器を制御する。集積化によって高速SLMが実現できる。また，半導体素子の中での光—電子相互作用を使った光双安定素子（SEED，VSTEP，HPT/LED等）や波長変換レーザ等新しい機能が実証されつつある。〔2〕これらの素子

は2次元集積が可能であり、空間並列性の活用において意義深い。

5. 光インタコネクションの分類と今後の課題

Fig.6 に3. で述べた3要件を3つの軸とした空間に、現状デバイス例を含めて光インタコネクションの分野を示した。〔8〕 大容量を目指した時間、空間、波長を用いた多重化（並列化）接続の領域と、接続機能の高度化を目指した柔軟接続の領域が重要であろう。これらの開発によって現在の光通信に比較して少くとも10 - 10 倍の接続数向上の可能性は高い。これらの実現に向けて

- (1) 光素子の低消費電力化、特性向上
- (2) 高集積デバイスの製造技術の開発
- (3) 光・電子実装技術の開発

などが重要である。また、このような光インタコネクションデバイスを最も効率的に使うためのアーキテクチャ開発が並行することが前提であり、両研究分野間での協調が鍵を握っている。

〔参考文献〕

1. 和田修, レーザー研究, Vol.18, pp.102-111 (1990)
2. O. Wada, SPIE Proc. Vol.1362(to be published)
3. A.H.Gunauk et al., OFC'90, PD-26 and U.Koren et al. Appl. Phys. Lett. Vol.54, p.2056 (1989)
4. J.W.Goodman et al., IEEE Proc., Vol.72, p.850 (1984)
5. T.Iwama et al., IEEE J. Lightwave Technol. LT-6, p.772 (1988)
6. J.D.Crow et al., Tech. Dig. IOOC'89, Kobe, Vol.4, p.86
7. S.H.Lee, SPIE Proc. Vol.CR-35, p.100 (1990)
8. 日本情報処理開発協会「新情報処理技術--」報告書 (1991)

表 1

項目・形態		光の特性	光エレクトロニクスの特性
接続数	点对点 1次元アレイ	高速性 インパルス 整合不要 接地の問題なし	
	時間多重 波長多重	広帯域性 光波パラメタの利用	
	2次元アレイ (空間多重)	直交性 並列性	
接続機能	直結伝送		光ファイバ, 導波路/空間
	電子制御		ファイバ集積化
	光論理 光制御		集積型デバイス構造による 電子-光子相互作用 光機能材料

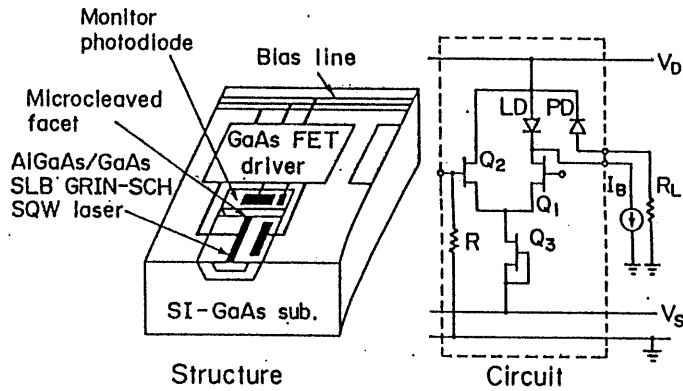


Fig.1

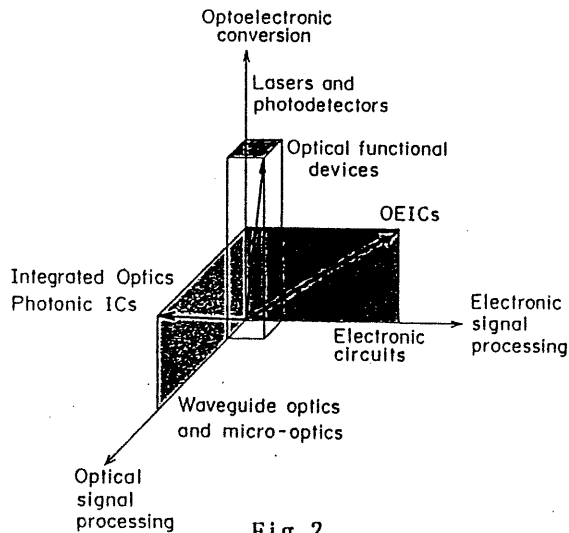


Fig.2

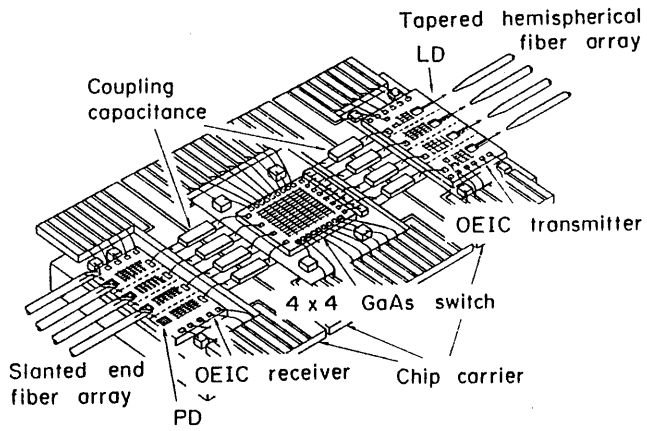
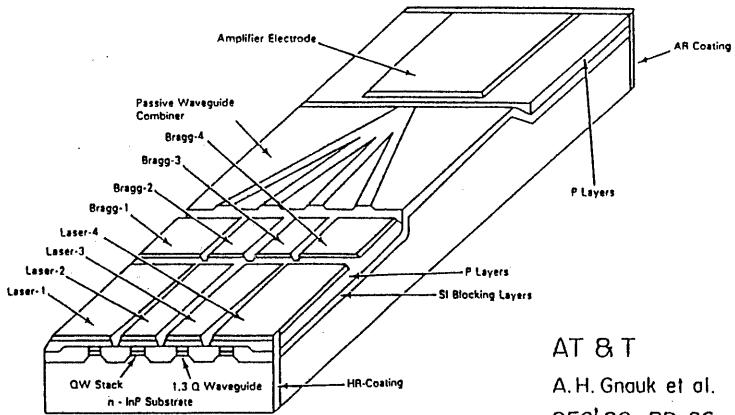
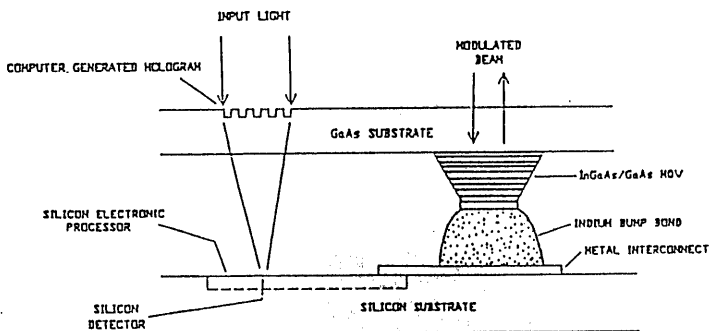


Fig.3



AT & T
A.H. Gnauk et al.
OFC'90, PD-26

Fig.4



S.H. Lee
SPIE Proc. CR-35, 100('90)

Fig.5

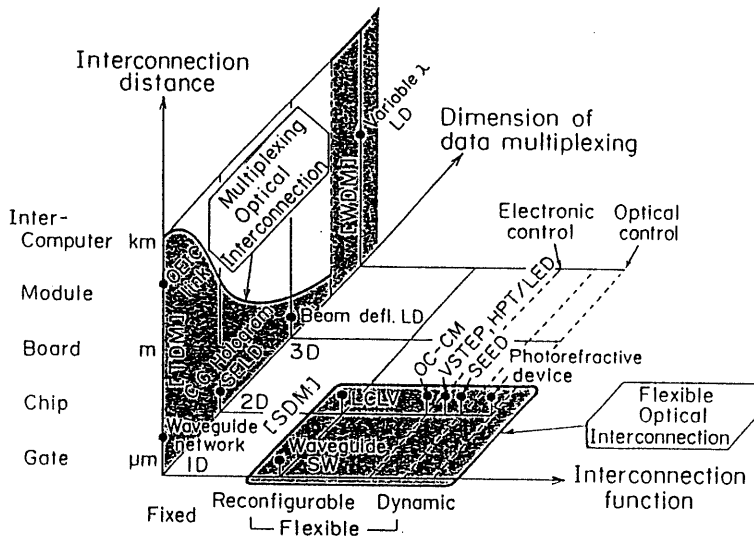


Fig.6