

半導体光増幅器市場予測

エレクトロニキャスト社長、Stephen Montgomery

半導体光増幅器 (SOAs) は、半導体に蓄積されたキャリアの誘導放出によって光信号を増幅するデバイス。SOAsは、ファブリペロ (FP) レーザダイオードと同じ半導体構造を持つが、両端面をAR設計にしている。一般に、GaAs/AlGaAs、InP/InGaAsP、InP/InAlGaAsなどのIII-V化合物半導体でできているが、II-VIのようなダイレクトバンドギャップ半導体も利用できると思われる。

別のタイプのSOAとしては、垂直共振器半導体光増幅器 (VC SOA) がある。これはVCSELと同じだが、上部ミラーの反射率を低くしてレーザ発振しきい値に達しないようにしている。適度な高い利得を得るためには上部ミラーの反射率はもっと大きくなければならない。数個の量子井戸を通るシングルパスの利得はかなり低いからだ。また、利得帯域もかなり抑えられている。標準の端面発光SOAsと比べると、VC SOAsは低駆動電流で動作でき、アレイにもできる。

SOAsは、多機能、将来の光システム開発でコンポーネントとの集積しやすさが注目されている。SOAsは一般に、インライン用途で14pinバタフライパッケージ、ピグテール付となっているが、7pin SOAパッケージも市販されている。

アルフィオン (Alphion Corporation) の新しい7pinパッケージ (2010年3月発表) は特に、スペースが重視されるトランシーバやトランスポンダ用途をターゲットにしている。7pinパッケージは、実績のある14pin MSAバタフライパッケージと同じ技術、熱特性を共有しているが、ピン数を減らし、ピンをパッケージの片側に移して

スペースを稼いでいる。7pin SOAは、トランスポンダやトランシーバの側面につけてマウントできる柔軟性もある。7pinパッケージは曲げ半径の小さなファイバ付で提供される。このため、短くしたフィードスルーチューブと相俟って、SOA全体の長さを大幅に縮小している。

SOAは主にビットレートの高い (10G、40G) 光ネットワークングでプリアンプとして利用される。また、ハイビットレートトランスミッタ、特にメトロやLHなどで用いられるトランスミッタのパワーブースタとして使われている。このような分野では、ブースターが中出力のレーザと変調器のタンドムの伝送信号パワーを増幅する。SOAsは、データ伝送の不揃いなパターン (データ伝送レートは、時には高く、時には極めて低い) の光リンクをサポートできるので、パケットベースのメトロEthernetネットワークでは適切に用いられる。また、SOAsはLH、特にOIF認定の偏波多重コヒレントディテクション10G伝送をキャリアが採用しているようなLHで用いられる。

SOAsは、ナノ秒 (ns) スイッチング速度、波長変換用途でも用いられる。例えば、2009年3月発表の論文では研究者はローコストのSOAを用いて40Gbpsで将来のブロードキャストネットワーク向けの波長変換器を初めて報告している。全光周波数変換器のパフォーマンス解析が行われた。同変換器は、2個のSOAsをMZI構成としたXPMベースのデバイスで、変換効率の評価が行われた。40Gbps RZ信号入力を評価した結果、ポンプ光と入力波長とを1nm間隔として、波長変換が可能であることが示された。駆動電流の増

加によりXPM効果が小さくなる。XPMスキームは、長波長への変換で消光比劣化が見られた。

SOAsは一般に、通信システムではファイバピグテールコンポーネント (インラインデバイス) として使用され、1.3 μ mまたは1.5 μ m帯で動作し、30dBまでの利得が得られる。高利得、ローノイズのSOAsは、ハイパフォーマンス、コンパクトで、レーザサブシステムではシングルチャネルEDFAの置き換えとなっている。また、実験室のフィールドテスト、組込測定器でもSOAsは利用されている。ミリタリ/航空宇宙アプリケーションでも光スイッチエレメントとしてSOAが利用されている。

2009年、世界市場でのSOAs消費額は通信用途が他を圧倒している。ミリタリ/航空宇宙アプリケーション用のSOAs消費額 (主に光スイッチング) が、2009年ではNo.2のポジション。しかし、ミリタリの特長条件で用いられるこれらのSOAsは、他の用途に比べて、大きな価格プレミアムがついていることは注意を要する。

半導体光増幅器は、通常の半導体レーザと同じように作る。いわゆる活性層の半導体材料を他の半導体材料の層でサンドイッチにしている。電流がデバイスを通過して活性層領域の電子を励起する。フォトン (光) が活性層を通過する時、これらの電子が余分なエネルギーを失ってそのフォトンと同じ波長のフォトンとなる。こうして活性層を通過する光信号が増幅されるが、これは「利得」と呼ばれている。

SOAの両端は、半導体そのものの中で信号の不要な反射が起こらないように低反射に設計されている。この点は通常

のレーザと異なっている。レーザは、半導体材料の中で光強度を高めるように反射端面としている。活性層を挟む半導体層は、光がデバイスを通り抜けるガイドとなるように設計されている。これは屈折率に差を設けたもので、光ファイバのコアとクラッドとの関係と同じ方法だ。

SOAsは、線形と非線形の両方のモードで使用される。光集積回路 (PIC) の開発により、複雑なSOA機能のサブシステムが可能になった。WDMチャンネルアプリケーションでは、線形利得SOAsが用いられる。光アンプと変調器またはインラインフォトディテクタと組み合わせた多機能が実証されている。SOAの大きな利点は多機能デバイスとして動作すること、コンパクトであること、潜在的にローコストであることなどだ。

光半導体製造技術とデバイス設計の進歩により、SOAは今後の光通信で利用拡大が見込まれている。一般的な利得エレメントとしてだけでなく、光スイッチング、波長変換など多機能アプリケーションとして利用できる。これらの機能は、O/E変換のない、トランスペアレントな光ネットワークで必要になる。

EDFAは、業界標準の光ファイバアンプ (OFA) として登場してきた。設計の改善が進み、EDFAのカバーする帯域は広がり、利得平坦性も大幅に改善された。EDFAの出力、利得の点でも大きな進歩が見られる。しかし、ネットワークの帯域全体を拡大する要求が強まっており、EDFAは他のドーパント、他の励起波長、他のコンセプトを取り入れたファイバをカスケードすることで増幅帯域を拡張しつつある。ULHや拡張バンドで使用されるラマン増幅器は導入が増えている。しかし、パワーブースタ、プリアンプ、光線形 (ゲインランプ) アンプ、光ゲート、SOAの

ハイブリッド集積ベースのモジュールは、注目に値するソリューションだ。SOAのハイブリッド集積は、オールオプティカル波長変換/再生器、小型スイッチングマトリクス、光パケットスイッチング分野で高水準の機能を実現するものとして注目される。

SOAの線形動作により、多チャネルのエラーフリー伝送が可能になる。入力パワーレベル、利得、デバイスの飽和出力が動作を決める。SOAは偏波無依存でなければならない。長い伝送リンクでは、偏波状態が時間的にランダムに変動するので、SOAがそのようなリンクに導入される場合、低偏波依存利得 (PDG) が求められる。

波長変換は、オールオプティカルネットワーク (AON)、特にDARPAでは不可欠の要素となっている。OADMの重要な特長は、ネットワークが多くのセグメントに分かれていても、全国規模の通信に加入者が継続してアクセス比率が極めて高いことにある。AONでは、ネットワークにおける再生はない。

米国のDARPAは、デジタルクロスコネクで半導体の高速スイッチングに依存しないオールオプティカルネットワーク (AON) 開発をスタートさせている。クロスコネクスイッチング、波長スイッチングおよび他の機能も光トランスポート領域で行われることになる。1990年代半ばに分析、計画、モデリング、プロトタイプングが行われたが、過去数年、ほとんど進展が見られない。オプティクスでは、損失が重要になる。光信号は、回路を数個通過すると増幅が必要になる。残念ながら、信号の増幅はノイズの増加になる。増幅を数回繰り返すと信号の再生が必要になる。