

光ファイバ通信用デバイス

住友電気工業株式会社
林 秀 樹

1. はじめに

光ファイバ通信は、1970年に石英系光ファイバの低損失化と半導体レーザ（以下LD：laser diode）の室温連続発振が達成されて以降、急速に技術開発が進み、今や海底伝送、陸上の長距離基幹伝送はもちろん、メトロネットワークと呼ばれるより近距離のシステムにも用いられつつあります。インターネットの普及に伴うデータ・トラフィックの飛躍的な伸びに対し基幹伝送網をより一層太くする必要があり、これに対しては、1本の光ファイバに波長の少しずつ異なる複数の光信号を多重化して送るWDM（wavelength division multiplexing：波長多重）方式の実用化により対応してきました。最先端のWDM伝送装置では、光ファイバ1本当たりでT（テラ： 10^{12} ）ビット／秒クラスのデータ伝送が可能になっています。一方、各家庭へのアクセス系に関しても最近ではFTTH（fiber to the home）と呼ばれる光ファイバ通信が始まりつつあります。光通信システムを支える光ファイバや半導体デバイスの開発もこれらの市場の変化に対応した新しい技術開発が進んでいます。

筆者は、昭和48年電子工学科を卒業した電気系の卒業生で、住友電気工業（株）に入社して以来主として化合物半導体を用いた電子デバイス、光デバイスの研究開発を担当してきました。本稿では、半導体レーザ、光通信用高速ICなどのデバイスや光ファイバなど光ファイバ通信用の各種デバイスの技術開発動向について述べます。

2. 光ファイバ

今後予想される通信需要の更なる増大に対応する大容量・長距離伝送システムを構築するため超低損失の光ファイバが不可欠でありその開発が強く求められていましたが、最近、低損失の世界記録となる0.151dB/km（波長1568nm）を実現した光ファイバの開発に成功しています。また、メトロネットワークで用いられると予想されるCWDM（Coarse WDM）伝送（隣接チャンネル間の波長間隔が広い波長多重で、送信器や光学部品に対する要求仕様が緩いため低コストのシステムが実現できる）における伝送路としては、通信容量の増大に対応したチャンネル数の増加のために広い波長帯域で伝送可能な光ファイバが必要となっていました。これに対しては製造方法の改善によって光ファイバ中に残存したOH基による1400nm近傍の波長帯での吸収損失を低くおさえることに成功し、1280nm～1625nmといった広い波長帯域で伝送が可能となっています。

光アクセスに用いられる光ファイバでは、ビル内や宅内で配線するため、壁に沿わせた配線や光ファイバ余長を電源ケーブル並に小さく処理することが難しく、曲げに強いファイバが求められています。そこで、曲げ特性向上を最優先した独自設計の採用により伝送損失の増加や信頼性低下を殆ど発生させずに曲げられる最小の曲げ半径が従来のファイバの1/2や1/4といったファイバが開発されており、取り扱いや収納性が大幅に向上しています（図2-1）

一方、光ファイバ技術の成熟とともに従来構造の光ファイバでの革新的な技術進展の余地が少なくなっていることも事実であり、将来の大容量、高機能の通信網の実現のための新しい試みが始まっています。その一つがフォトニック結晶ファイバで、もう一つはそれから派生的に生まれてきたホーリーファイバです。

フォトニック結晶ファイバは、クラッドでの周期的な誘電率分布によるブラッグ反射により光がコアに導波されるので、コアの屈折率への制約が無いこと広帯域、低損失、低非線形の中空コアファイバなどが期待されています。

一方、ホーリーファイバは空孔の導入によって光学特性を改善する光ファイバであり、製造や応用が比較的容易であることから盛んに研究されています。その断面写真を図2-2に示します。従来の光ファイバではそのコアとクラッドの屈折率差は、ゲルマニウムやフッ素などの添加によって作るため高々数%でした。これに対してホーリーファイバでは、その屈折率差を約1桁大きくすることができるため波長分散、実効コア断面積、単一モード帯域などの光学特性を大幅に変えることができ、種々の応用が期待されています。

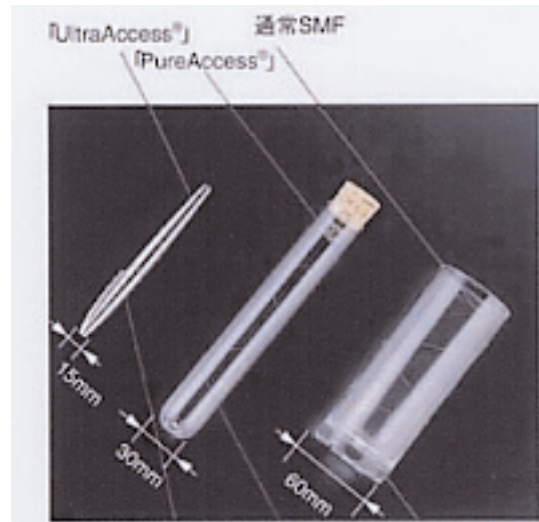


図2-1 許容曲げ直径の比較

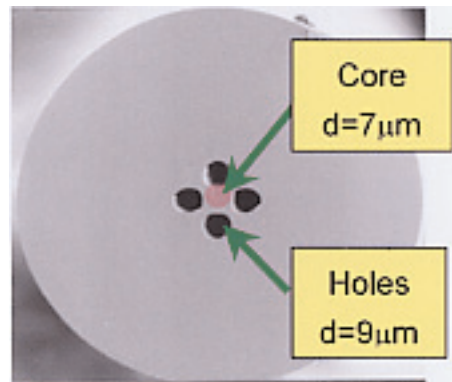


図2-2 ホーリーファイバ

3. 光デバイス

光通信に用いられる発光および受光デバイスとしては、主にInP等の化合物半導体基板上に形成したLDやフォトダイオード（以下PD：photo diode）が用いられます。LDでは、高速動作化、高出力化、WDM光源としての波長安定化、光変調器との1チップ集積化などがこれまでの主な課題であり、数多くの開発がなされてきました。

最近では上記したようなメトロ系、アクセス系の市場の拡大に伴い、温度調節無しでも使えるもの、小型で低コストのものなどの開発が活発化してきています。例えば、LDの温度特性を改善するためにLDの活性層の材料を現在実用化されているInGaAsP系だけでなく AlGaInAs系や GaInNAs系といった新しい材料系を用いた研究が進んでいます。

メトロ系での採用が期待されているCWDM伝送用のLDモジュールとしては小型で比較的低価格の無温調同軸型LDが実用化されています



図3-1 無温調同軸型LD

(図3-1 : 1.5ミクロン帯20nm間隔、8波長)。また光アクセス系では、1本の光ファイバに送信と受信の光信号を双方向に送る方式が用いられますが、図3-2はそのアクセス系に用いられる送信部と受信部が一体化になった双方向光モジュールの写真です。

光通信のLD等の光モジュールは、これまでとはとても高価な部品だというイメージがありましたが、今後FTTHなど家庭でも使われるような部品にするためには大幅な低コスト化が必須です。このため光デバイスの種類、製法、パッケージの材料、形態、モジュールの製法などでこれまでのものと大幅に異なるものが採用されつつあります。

4. 電子デバイス

光通信用ICとしては、SiのバイポーラICやCMOS ICももちろん使われますが、高速用にはGaAs IC や InP系ICといった化合物半導体を用いたICが不可欠なものとなっています。

10Gbps対応のGaAs ICは既に実用化されています。図4-1はその1例で イオン注入プロセスで活性層を形成したGaAs MESFET (metal semiconductor field effect transistor) を基本素子としたLD駆動用ICです。

また、40Gbpsといった高速対応には、MOVPE (metal organic vapor phase epitaxy : 有機金属を用いた気相エピタキシャル成長) や MBE (molecular beam epitaxy : 分子線エピタキシャル成長) といった薄膜結晶成長プロセスを用いたInP系のHBT (heterojunction bipolar transistor) やヘテロ構造FETが開発されています。これらのデバイスでは、トランジスタの f_T (電流利得遮断周波数) や f_{max} (最大発振周波数) が共に200GHzを越える性能が得られており、40Gbpsに十分対応できるものとなっています。図4-2はその1例で、InP HBT を用いた40Gbps対応の分布型のアンプICです。

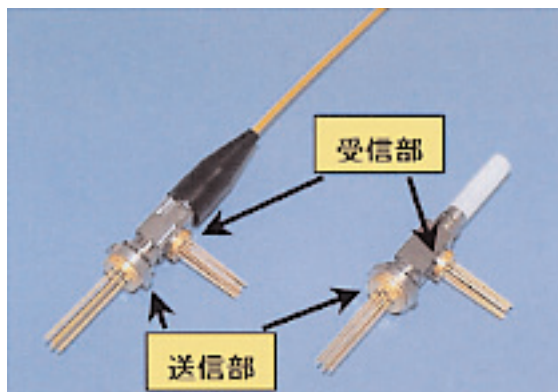


図3-2 アクセス系用双方向光モジュール



図4-1 10Gbps対応GaAs ドライバIC

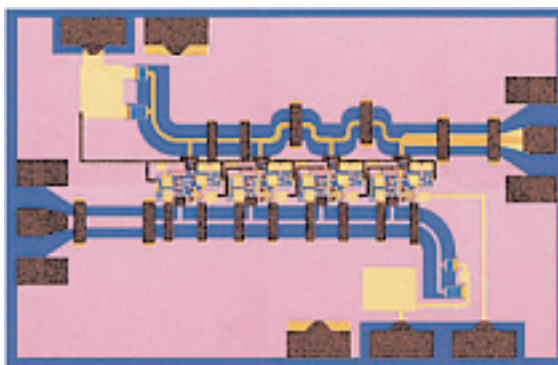


図4-2 40Gbps対応 InP HBT アンプIC

5. 光リンクモジュール

光リンクモジュールは、これまで述べてきたLDやPD等の光デバイスと、LDを駆動するドライバIC、PDからの光電流を電圧に増幅変換するプリアンプICや、ものによっては電気信号を多重分離する Mux/Demux-IC などの電子回路素子をも一つのパッケージ内に納めたモジュールで、ユーザにとっては個別のデバイスを用いるより小型で使い勝手が良いモジュールとなっています。

光通信ネットワークの大容量化に伴い光リンクモジュールに対しても高速化、小型化、高機能化等が要求されてきました。高速化について述べますと その規格が 156Mbps, 622Mbps, 2.5Gbps, 10Gbps と4倍ずつ速度が上昇してきており、最近では 40Gbps 伝送の開発も行われつつあります。

今後普及が予想される 10Gbps 光リンクについてはいくつかの標準化活動が進められていますが、その中で代表的な X2 および XFP と呼ばれる光リンクモジュールを図5-1に示します。いずれも従来の光モジュールに比べて大幅な小型化が図られており、10Gbps といった高速での性能を維持しながら小型化を実現するため数多くの実装上の工夫がなされています。

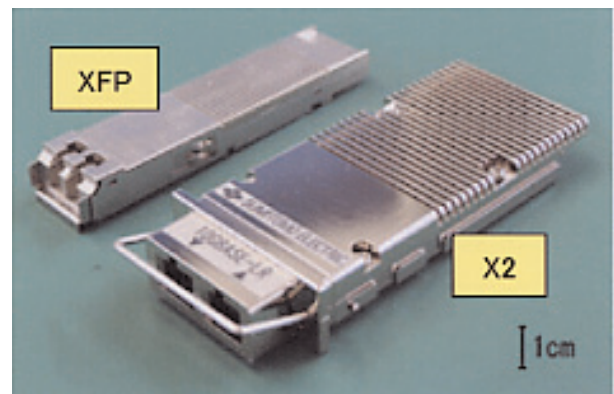


図5-1 10Gbps対応小型光リンクモジュール

6. おわりに

光ファイバ通信の各種デバイス、モジュールの開発動向について述べてきました。インターネットの普及とコンテンツの高度化によってデータのトラフィックが急速に増大し、これに対応した高速のデバイス、モジュール、光ファイバの開発が急がれる一方、FTTHなどのアクセス系への光の普及によりアクセス系に適した小型で低コストのデバイス、モジュールの開発への要求も強くなっています。

光ファイバ通信については、これまで何となくご存知でも実感が伴わなかった方もおられたのではと思いますが、これからは、FTTHでどんどんと家庭やオフィスの中まで光ファイバが入り込んできると予想され、光ファイバ通信がもっと身近に感じられるのではと思います。