

## フィルター オン レンズ —セルフフォックレンズの新集積技術—

日本板硝子株式会社マイクロオプトカンパニー

及 川 正 尋

### Filter on Lens —New Integration Technology of SELFOC Lens—

Masahiro Oikawa

Nippon Sheet Glass Co., Ltd. Micro Optics Company

#### あ ら ま し

インターネットを始めとする急激な通信需要の拡大に伴い、WDM（波長多重通信）は、長距離幹線系の通信容量拡大に於いて最有力な手段として開発されてきた。また、最近では比較的波長間隔を広く取った CWDM 通信がメトロエリアへの応用として注目されている。この WDM 通信では、従来の光通信と比較して波長分波合波器や、光ファイバアンプなどに多数のパッシブコンポーネントが使われている。このパッシブコンポーネントを製作する上で、セルフフォックレンズはデファクトスタンダードとして使われてきた。本稿では、このセルフフォックレンズに直接、誘電体多層膜からなるフィルタを集積する方法について紹介する。

#### 1. セルフフォックレンズ

屈折率が連続に変化している媒質では光は屈折率の高い方向に曲がる性質がある。自然界の

極端な例としては、蜃気楼のように大気が屈折率分布を持ち巨大なレンズとなって大空にオブジェクトや船の像を映し出すこともある。

これを、ガラスの中に実現したものがセルフフォックレンズである。1969年当社では、世界に先駆けて光ファイバの研究に着手した<sup>1)</sup>。光ファイバの光の入射角度（モード）に対する伝搬速度を等しくするためには、光ファイバーの中に屈折率分布を形成すれば良いことが解っていた。この、光が入射方向や入射位置に依存しないで等しい伝搬速度で伝わるということは、一点から出射した光が1点に集光することと等価である。つまり、光ファイバの直径を大きくしていくことによりレンズとしての機能を持つ円柱体ができる。当社ではこれを実現するために、特殊なイオン交換法を開発した。こうして、できあがった物が、円筒形をして、内部の屈折率分布によってレンズ作用を持った、セルフフォックレンズである。理想的な屈折率分布は、図1に示すように円筒体の中心軸上で最も屈折率が高く外周に向かってほぼパラボリックに減少する。この時光線は、正弦関数的に蛇行しながら進み、レンズ効果を持つ。

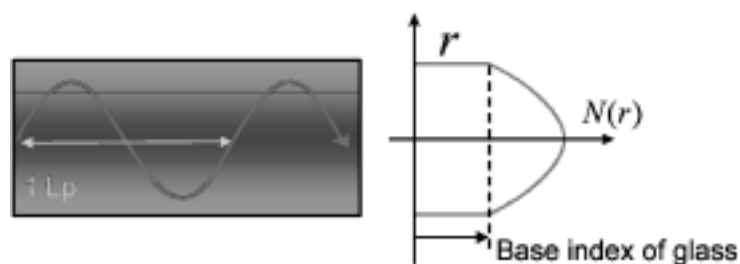


図1 セルフォックレンズの屈折率分布と光線軌跡

## 2. セルフォックレンズの応用

WDM 通信システムの中で、最も基本的なモジュールとして合分波器がある。この合分波器としては、いくつかの方法があるが、最も重要な方式の一つとして、フィルタモジュールがある。これは、セルフォックレンズと誘電体多層膜フィルタで構成される。この原理を図2に示す。これは、光ファイバからの出射光をレンズ平行光束にしてフィルタに導く。フィルタは特定の波長の光を反射させ、また、別の波長の光を透過させる機能を持つ。反射させた波長の光は再びレンズで集光され出力ポートのファイバに結合する。フィルタの対面に置かれたファイバからの出射光もレンズで平行光束にしてフィルタに入射するし、出力ポートのファイバに結合する。これをカスケードに繰り返すことにより、多波長を合波する。分波する時は、図2の出力側から多波長の信号を入れることにより、順次波長の異なる信号が取り出せる。この構成は、信号波長の分波合波だけでなく光ファイバアンプにおいては、励起光と信号光の合波にも用いられており、重要な役割を担っている、

## 3. フィルタ オン セルフォックレンズ

DWDM システムの最も基本的な役割を担う分波合波器は、図2に示すようにファイバ、レンズ、フィルタチップ、レンズそしてファイ

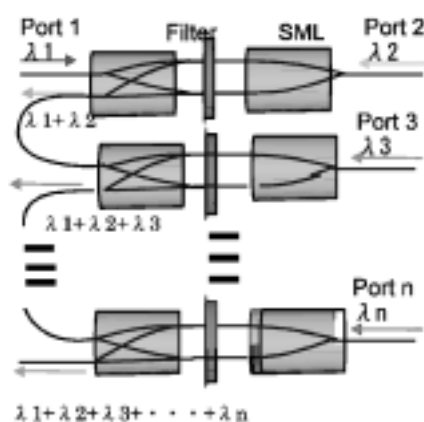


図2 フィルタ型分波合波器

バと言う構成になる。セルフォックレンズは屈折率分布によりレンズ作用を実現しているので、平坦な端面をもちここに多層膜フィルタをつくり付けることができる。

図3にセルフォックレンズの表面に～70層のエッジフィルタを付けたフィルタ オン セルフォックレンズの外観とフィルタ層の電子顕微鏡写真を示す。このフィルターは光ファイバアンプの励起光と信号光の合波用に設計されたもので、1480 nm と 1550 nm 帯の信号光を合波する。フィルタの特性を図4(a)に示す。また、CWDM 用のバンドパスフィルタの特性を図4(b)に示す。

このように、セルフォックレンズの端面にフィルタを直接コーティングすることにより、図2のようなフィルタモジュールの製作工程が図5に示すように著しく簡略化できる。従

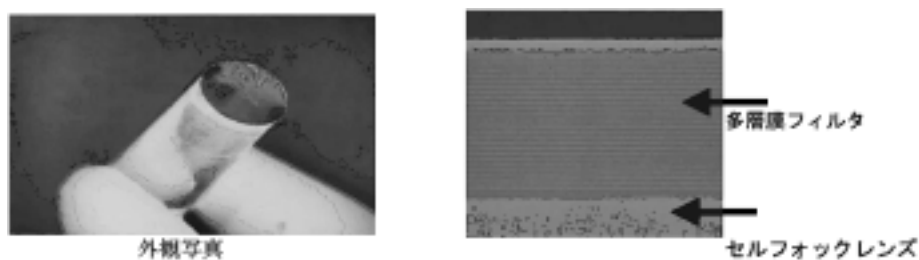


図3 フィルタ オン セルフオクレンズ

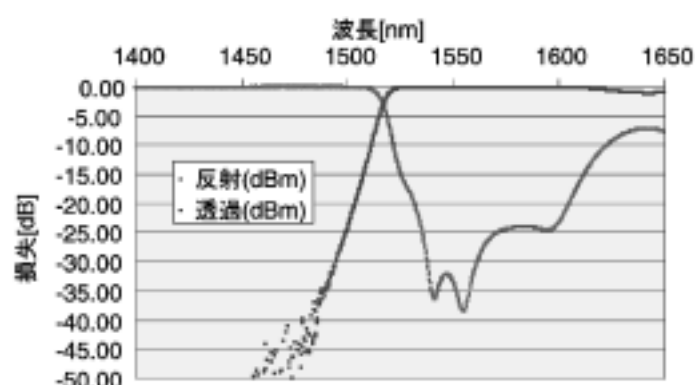


図4(a) 1480/1550 nm エッジフィルターの波長特性

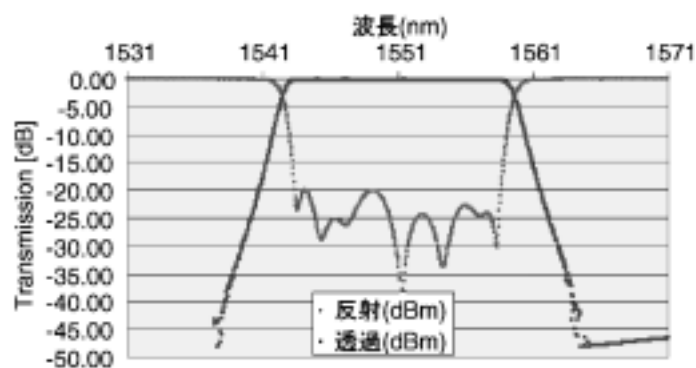


図4(b) CWDM バンドパスフィルターの波長特性

来フィルタコンポーネントは、図5(a)に示すように、まず2心ファイバコリメータを作り、これにフィルタをアッセブリし、最後に1心コリメータを取り付ける3ステップでコンポーネントを製作していた。この各ステップでは精密な位置調整が必要とされ、この組み立て

が大きなコストの要因となっていた。セルフオクレンズの端面に直接フィルタが形成されている場合には、1ステップ目で2心コリメータにフィルタが取り付けられているので、2ステップ目で1心コリメータを取り付ければコンポーネントが完成する。フィルタオンレン

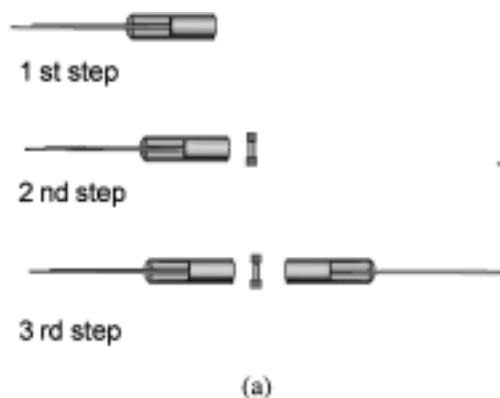


図 5(a) 従来のフィルタモジュールの製作方法

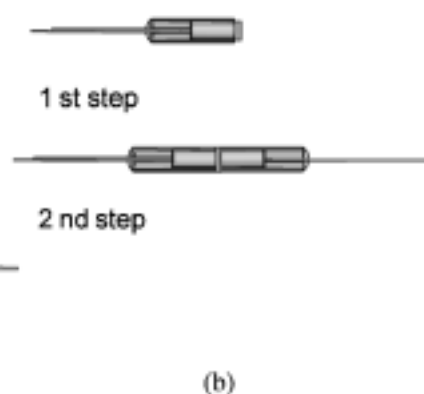


図 5(b) フィルター オン セルフォックレンズを用いたモジュールの製作方法

ズにより、組み立てコストが著しく低減できるものと思われる。今後、波長多重通信に用いられる様々なフィルタがセルフォックレンズの上に直接形成されることが期待されている。

#### 4. ま と め

WDM 通信で用いられる、セルフォックレンズの新技术について報告した。WDM 通信は、非常に多くのパッシブコンポーネントに依存しており、今後メトロ等にも普及するに当たって、コンポーネントのコストダウンが強く要求されている。フィルターオンレンズは、コ

ンポーネントの製作コストを著しく改善することができ波長多重通信の発展に大きく貢献できるものと思われる。ここでは、光ファイバアンブ用途の分波合波器に用いられるフィルターを紹介した。この、フィルターオンレンズは今後の WDM 通信の発展に伴い、新たな可能性をもたらすと期待される。

#### 参 考 文 献

- 1) I. Kitano et al., Proc. 1st Conf. on Solid State Devices, Tokyo 1969, Supplement to the J. Jpn Soc. Appl. Phys. 39, 63-70 (1970).