

技術紹介

9

最近のメトロ・アクセス系用フィルタの開発について

Development of Filter for Latest Metro Access Network System

平山 智士	Satoshi Hirayama	光デバイス推進部	主任
村松 尚宏	Takahiro Muramatsu	中央研究所 研究開発部	
中村 則彦	Norihiko Nakamura	中央研究所 研究開発部	
花園 勝巳	Katsumi Hanazono	中央研究所 研究開発部	
伊藤 和彦	Kazuhiko Ito	中央研究所 研究開発部	シニアマネージャー

キーワード： 光通信、高性能エッジフィルタ、高性能 CWDM フィルタ、イオンビームスパッタリング誘電体多層膜

Keywords : Optical telecommunication, High-performance edge filter, High-performance CWDM filter, Ion beam sputtering dielectric multilayer

要 旨

近年、光通信の普及は著しくなっていますが、通信市場においてわれわれは誘電体多層膜光フィルタを供給してきました。最近のメトロ、アクセス系における波長多重通信においては、より広い波長帯域のフィルタ、さらには波長間の分離性のよいフィルタが求められてきています。われわれは現在この要求に応えるために 350nm に及ぶ阻止帯域を有する高性能バンドパスフィルタや透過はいうに及ばず反射でも 40dB 以上のアイソレーションを実現するフィルタを開発し、すでに製品出荷しています。ここではその一端を紹介します。

SUMMARY

Optical telecommunication system is rapidly spreading in these years and JAE is supplying the dielectric multilayer optical filters for the telecommunication market. For the wavelength division multiplexing system for metro access network today, filter with wide pass-band range and, further, better isolation performance is requested. In response to the requirement, we have developed and are supplying the high-performance bandpass filter with bandwidth up to 350nm and the filter to realize isolation of more than 40dB even in reflection-isolation, not only in transmission-isolation. We present here some examples and summary of these filters.

1 まえがき

インターネットの急激な広がりにより、特に近年光アクセス技術を用いたブロードバンドサービスが本格的に普及してきています。国内外の FTTH(Fiber To The Home) においては、最初のサービスとして上り $1.3\ \mu\text{m}$ 帯と下り $1.5\ \mu\text{m}$ 帯の 2 波長の光を用いた双方向通信で始まりましたが、近年はさらに 1 波長追加された 3 波長サービスが開始されつつあります。これは、下りの波長を 2 波長とすることで、それぞれの波長にデータ通信とビデオ配信を割りあてるなど、新しいサービスを付加するものとして使用され始めてきました。また、データ通信レートにおいても近年ギガビット領域になりつつあります。これら新しい動きは、より高速かつ大容量通信への対応ですが、その中で、さらに新しいサービスの提案もされ始めています。たとえば図 1 に示しますように、アクセス系の下りあるいは上りの通信において、都市間をつなぐメトロ系で使用しているような比較的波長間隔の広い CWDM(Coarse Wavelength Division Multiplexing)(20nm 間隔)の信号をのせようとする動きや、さらに波長間隔を短くした DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 信号をのせるといった提案も出てきています。

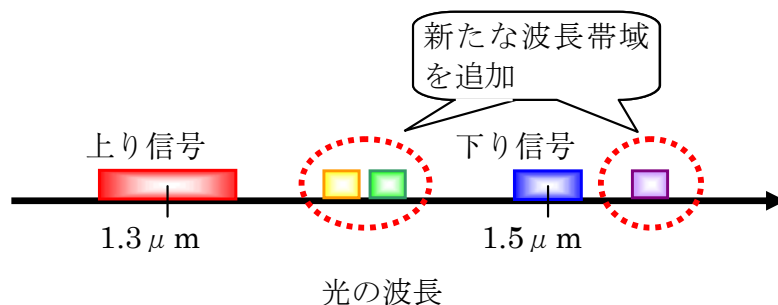


図 1 アクセス系で使用される光通信の信号波長帯

このような高速、大容量の情報通信を特に加入者系で実現するためには、電気信号系の高速化よりも、光通信における波長多重化の方がコスト的にも有利であること、また、波長ごとの信号の独立性が高いために、後から新しいサービスの付加をしやすいなどのメリットがあるため、今後も幹線系同様、波長数を増やす方向で進んでいくものと考えられます。アクセス系において CWDM の信号をのせて利用する方式においては、比較的成本の安いシステムで拡張が図れるという特徴も持っています。

一方、このようなアクセス系市場のコストダウン要求は年々激しさを増す傾向にあります。通常、誘電体多層膜を用いたフィルタでは、透過する光の波長を切り分けることは比較的容易であり、透過波長帯と遮断波長帯の強度比（アイソレーション）を大きく取ることが可能ですが、逆に反射する光では、このアイソレーションを大きく取ることができない性質があります。これは、反射する光に対しては、フィルタを構成する各層の膜厚精度にアイソレーションの大きさが敏感であることが要因となっています。このようなことが

ら、一般的にフィルタで反射させた波長の光を使用する際には、混入する他波長の光をカットするために、もう一つ別のフィルタを挿入するなどしていました。ここで、反射する光においても透過波長帯と遮断波長帯のアイソレーションが十分大きく取れれば反射光をそのまま使用することができ、フィルタを1枚削減させることが可能となり、システムのコストダウンに寄与することができます。

また、メトロ系で使用される CWDM 通信においても、これまでは幹線網で用いる 1.55 μm 帯近傍の波長帯 (S バンド、C バンド、L バンド (波長 1460 nm ~ 1625 nm)) の 8 チャンネル信号で通信系を組んでいましたが、近年の通信大容量化に対応できなくなりつつあることから、より短い波長帯 (O バンド、E バンド (波長 1260 nm ~ 1460 nm)) を利用し、18 チャンネルまで拡張したシステムの提案もなされているようになってきています。

また、CWDM 通信システムはレーザーダイオード光源など能動部品のスペックダウンによりコストダウンを図っていますが、これを突き詰めると、逆に帯域を切り分けるフィルタはスペックが厳しくなっていきます。したがって、CWDM 通信に要求されるフィルタはハイスペックかつローコストとなります。

今回、このようなメトロ、アクセス系での要求に応えるフィルタの開発を行ったので報告します。

2 18ch-CWDM フィルタ (広阻止域 CWDM 用バンドパスフィルタ Extended Rejection Band CWDM Filter : Ex-CWDM Filter)

従来、CWDM 信号を切り分けるためのフィルタは、バンドパス型構造の設計により実現していました。バンドパス型構造のフィルタは、透過波長域の両側に阻止域 (反射域) をもつ波長特性を有していますが、この阻止域の幅は主にフィルタを構成する高屈折率層と低屈折率層の屈折率差により決まり、膜構造にはほとんど依存しません。現実的な屈折率差から得られるバンドパス型構造の阻止域の幅はおよそ 150nm (片側) です。たとえば、DWDM のような通信形態の場合、限られた波長域のみしか使用しないのでこれで十分でしたし、従来の 8ch の CWDM でも十分な阻止域でした。しかし、1250 nm 域から 1630 nm の領域を用い、18ch を確保する CWDM の場合、阻止域をこれだけの領域確保しなければならなくなり、従来型のバンドパス構造では実現できませんでした。図 2 に従来の CWDM フィルタと広阻止域 CWDM フィルタにおける性能比較を示します。

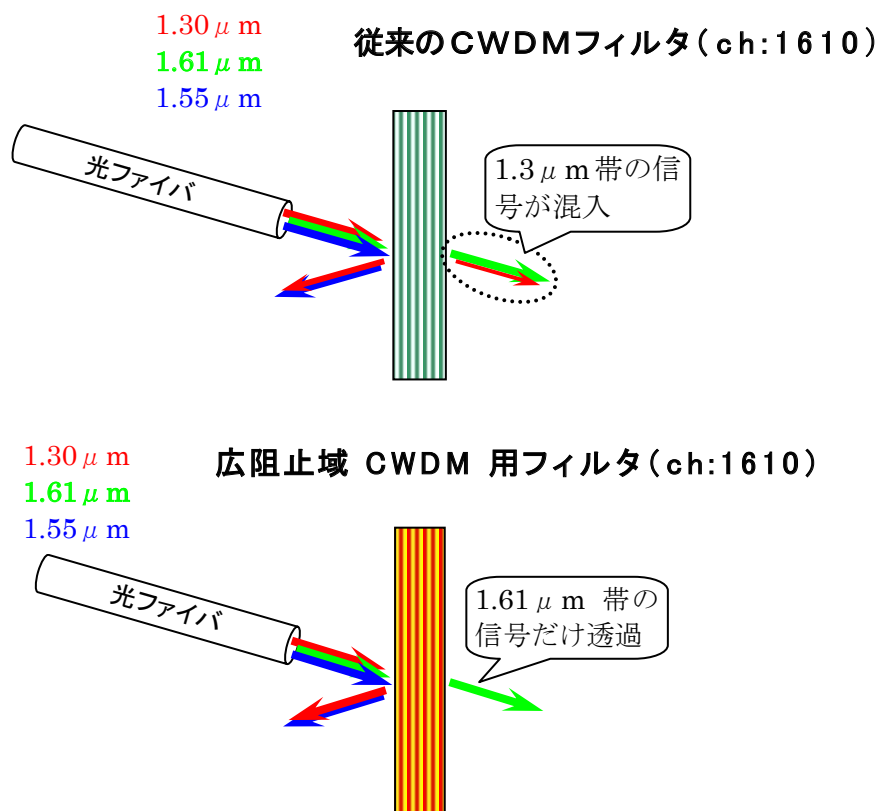


図 2 CWDM フィルタの違いによる性能比較

図 2 のように広阻止域 CWDM 用フィルタが実現できると、従来使用できなかった 1.45 μm 以下の信号帯の信号を分離できるので、これまでのシステムに本フィルタを導入させるだけでシステムの拡張が図れることになります。

今回、われわれは、従来のバンドパス構造の設計とは異なる設計手法を採用し、新しい構造により阻止域を広げることになりました。図 3(a) 及び (b) にその例として、ch:1610nm における広阻止域 CWDM 用バンドパスフィルタのデータを示します。グラフ中、緑線は今回開発した広阻止域 CWDM フィルタの設計データとなります。図 3 からわかるように、18chで使用する1250 nm～1630 nmの帯域において十分なアイソレーションを持ち、使用したい CWDM 信号だけを透過できることがわかります。これは、従来構造よりも2倍以上広い阻止域を確保できたことになります。

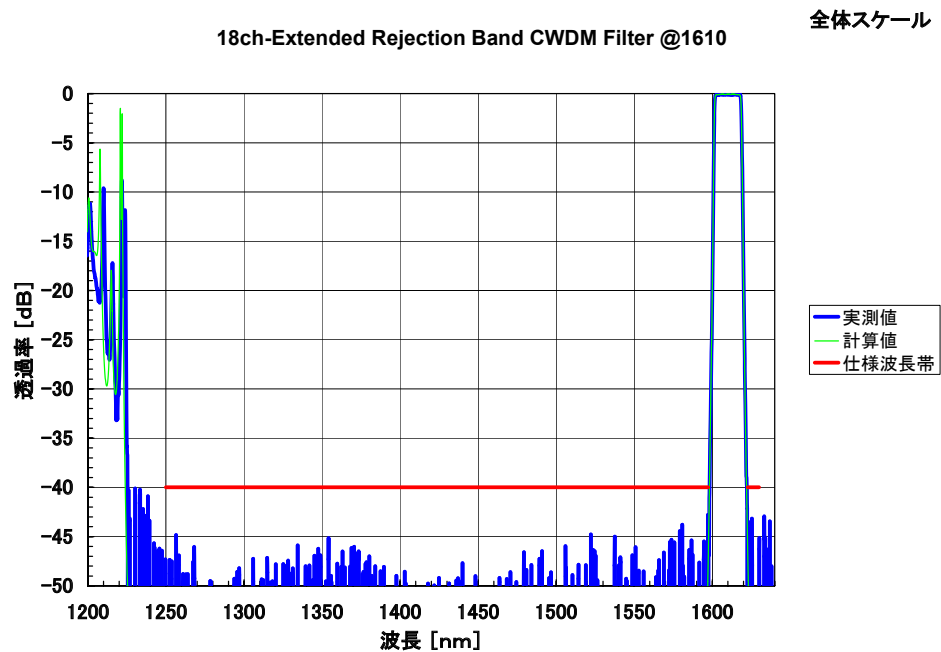


図 3 (a) 18ch- 広帯域反射アイソレーション CWDM フィルタ成膜結果

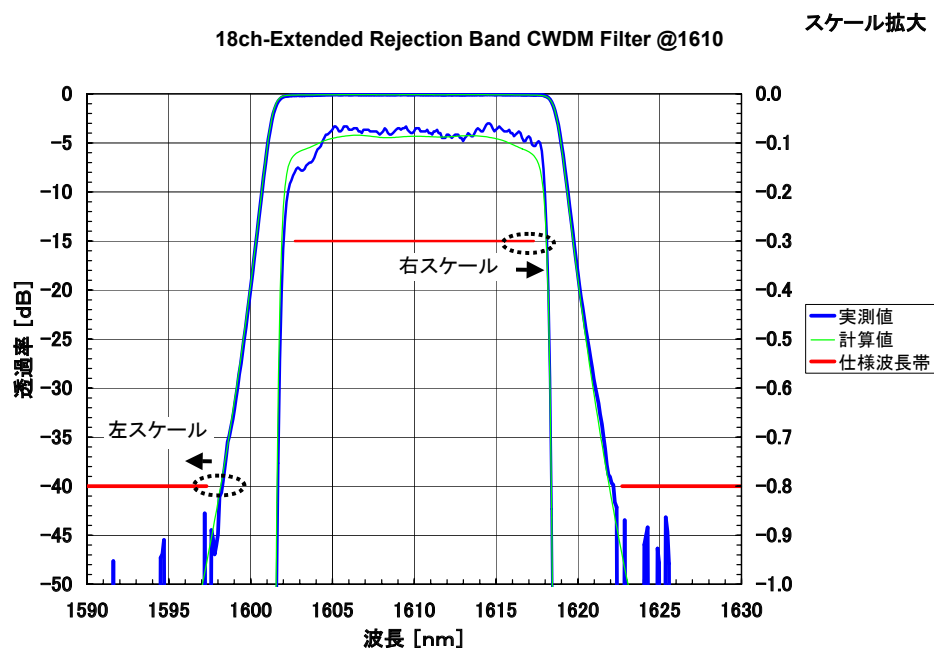


図 3 (b) 18ch- 広帯域反射アイソレーション CWDM フィルタ成膜結果(拡大)

今回開発した 18ch-CWDM フィルタは合計膜厚が $60\text{ }\mu\text{m}$ を超え、通常の CWDM フィルタに比べ、4 割程度厚くなりましたが、フィルタ作製時に要求される膜厚誤差を通常の CWDM フィルタと同程度に抑えた設計ができ、収量としては通常の CWDM フィルタと大差なく作製することに成功しました。

3 広透過域 CWDM フィルタ

(Super Wide Pass Band CWDM Filter : Super CWDM Filter)

CWDM 通信システムの構成によっては透過域の広いフィルタが要求されます。通常の CWDM フィルタでは各チャンネルの信号帯域幅は 14nm ですが、今回、設計の見直しと膜厚制御精度向上により信号帯域幅を 1nm 以上広げたフィルタの作製に成功しました。図 4 に実測データ例として、ch:1470nm の Super CWDM Filter の特性データを示しています。

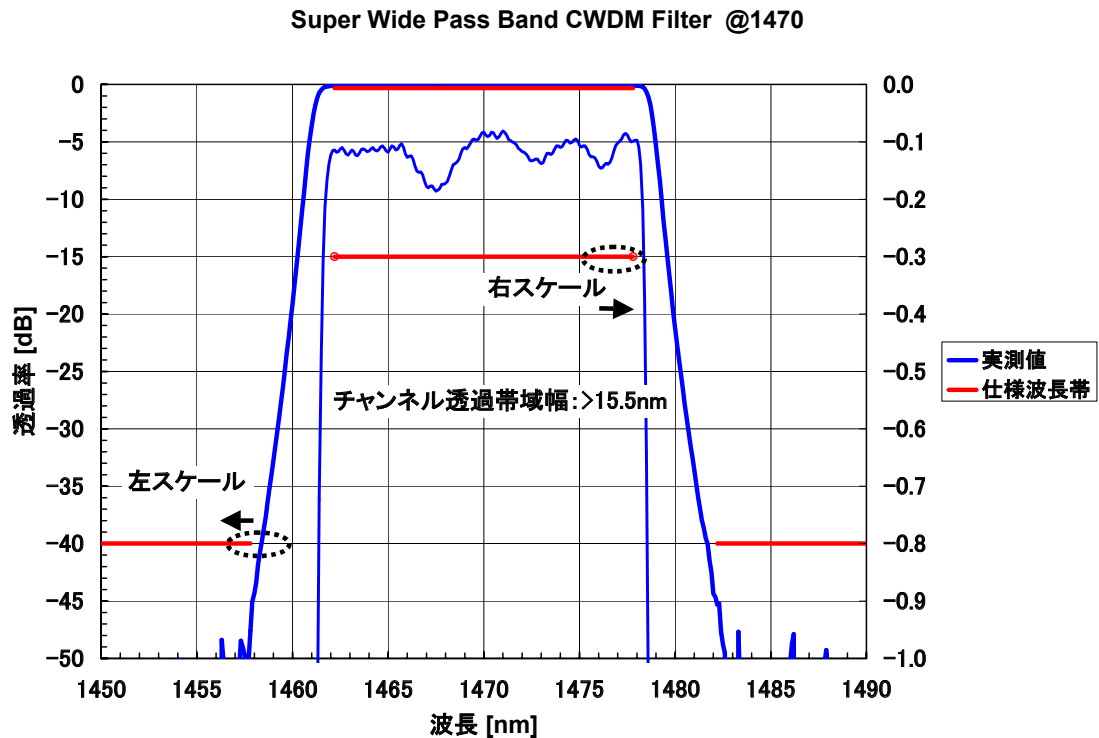


図 4 Super Wide Pass Band CWDM Filter 成膜結果

図 4 から明らかなように、透過域として 15.5 nm 以上を確保できています。これにより様々なシステム側の要求に応えることができるようになりました。また、この Super CWDM フィルタと Ex-CWDM フィルタの設計手法を組み合わせることで両方の特性を有する Super Ex-CWDM フィルタとすることもでき、さまざまな要求に応えることのできる自由度の高い設計手法となっています。

4 アクセス系用高反射アイソレーションフィルタ (High Reflectivity Isolation Filter : High-R Filter)

通常アクセス系で使用するフィルタについては、成膜時における各層の膜厚精度は0.1%あれば十分ですが、前述のように、反射アイソレーションは膜厚誤差に敏感で、高反射アイソレーションを確保できるフィルタの場合、0.01%以下の誤差に抑える必要があります。今回、これまでにわれわれが開発したイオンビームスパッタ (IBS) 装置において、膜厚制御精度を向上させ、高反射アイソレーションフィルタの作製を実施しました。

図5に今回作製したフィルタの例として SWPF (Short Wavelength Pass Filter) における透過／反射特性の実測データを示します。図5からわかるように、本フィルタにおける透過帯域であります1260～1500 nmと非常に広範囲において40dB近い高い反射アイソレーションが確保されていることがわかります。またこの帯域では、透過率のリップルとして、0.0014dB以下と非常に小さく抑えられていることになります。われわれが採用している IBS 法では、大面積に膜厚分布を抑えた成膜が可能ですので、例えば1.4mm角サイズのチップでは、1ロットの成膜で数千チップのフィルタを作ることができ、低コスト提案も可能です。

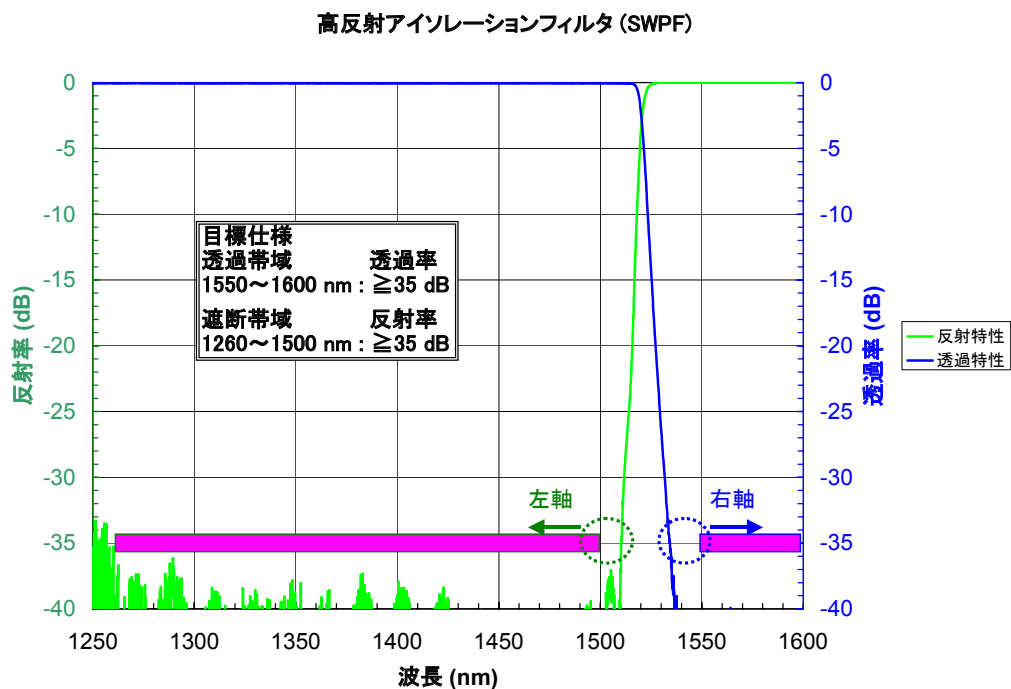


図5 高反射アイソレーションフィルタ実測結果

5 むすび

今回、主にメトロ、アクセス系で使用する、高度な性能を持つ CWDM フィルタ、および、高アイソレーションフィルタについて紹介してきました。これらの高性能フィルタは、機能集約、単体での機能アップを図ったことにより、システム全体として部品点数削減、コストダウンに貢献するものです。

航空電子では、今後とも幹線系 DWDM からアクセス系までの、あらゆるシステムの最適ソリューションとしての高機能フィルタを提供すべく、開発を続けていく所存です。

【参考文献】

- 1) 伊藤和彦ほか:” 高性能光学多層膜の光通信分野への応用”, 航空電子技報, No.24
- 2) 中村則彦ほか:” 高性能エッジフィルタ・利得等化フィルタの開発”, 航空電子技報, No.26