

ファイバ型WDM光カプラ

岩淵 昌広
今村 哲夫

岩崎 とも子

近年、インターネットの普及にともなって通信量が増大しており、通信システムの光化が急速に進められている。この光通信システムにおいて光信号の分岐・合波等を行う部品のひとつとして光カプラが使用されており、需要が急速に増大している。

光カプラは用途によってさまざまな種類・性能を持っているが、使用目的により（１）任意の波長の光を一定の比率で分岐する分岐カプラ（２）特定の波長の光を特定ポートから入射して同一ポートから出射したり（合波）、複数の波長を同一ポートから入射して特定ポートにそれぞれ波長を分けて出力する（分波）WDM（Wavelength Division Multiplexing：波長分割多重方式）カプラに分類することができる。分岐カプラは、同一比で光を分岐して光信号を分配したり、分岐比を変えて主信号系の光パワーのモニタに使用する。WDMカプラは、波長多重システムで光を合波・分波したり、光ファイバアンプにおいて励起光を効率良く結合するために使用する。

光カプラは、その構造より以下の３種類に分けられる。

①ミラーやプリズム等の微小な光学部品を用いたバル

ク型

②Si基板ないしは石英基板に光回路を形成した光導波路型

③光ファイバを材料とし、ファイバを融着延伸して製造するファイバ型

ファイバ型カプラは、多分岐が難しい、波長間隔の狭い高性能のWDMカプラを製造しにくいといった問題はあるが、挿入損失が小さく、光ファイバとの接続がしやすく、価格も光学部品などを使用した製品と比較してコストが安いといった特徴を持っており、今後も使用が増加すると予想される^{1) 2) 3)}。

これまで当社のファイバ型カプラは、製造が容易な分岐カプラが主流であった。今般、融着延伸時の温度を微細に制御し、安定した加熱、延伸を行うことで、高性能WDMカプラの開発に成功した。また、これまでのWDMカプラよりも狭い波長に対応した高精度・高機能を持ったファイバ型光カプラも開発した。これによりCWDM（Coarse WDM：低密度波長分割多重方式）といった、多くの波長を多重するWDMシステムへのファイバ型カプ

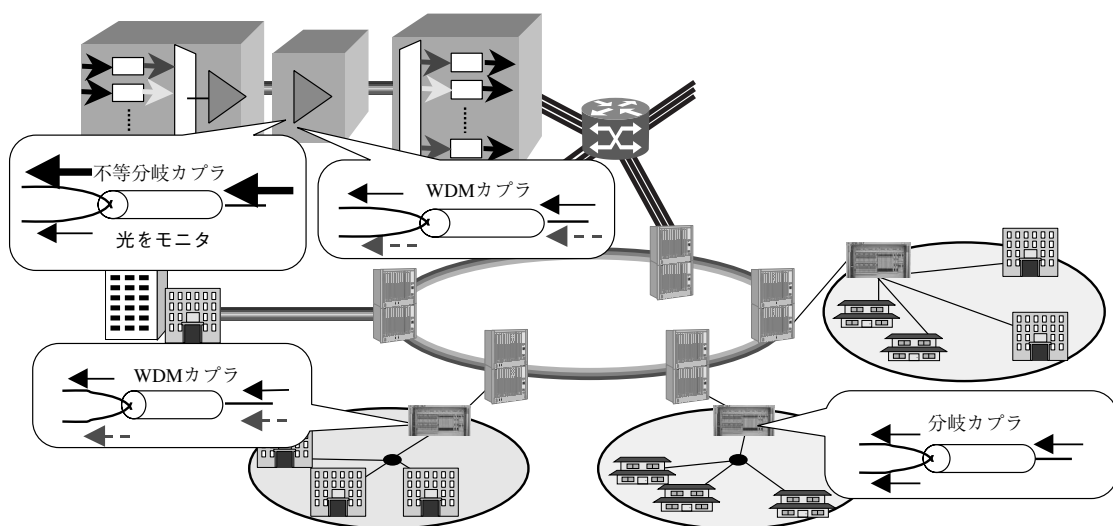


図1 ファイバ型光カプラ適用例

ラの応用が可能となる。本稿ではこれら光ファイバ型カプラの代表的な特性について述べる。

分岐光カプラ

ファイバ型光カプラは、光ファイバから出力される光をモニタし、その受光パワーの特性曲線が所定の特性を持ったところで融着延伸を停止することで性能が決定する。例えば3dB分岐カプラでは、図2のようにポート1から光を入力し、ポート3とポート4の光出力をモニタする。ポート3の光出力とポート4の光出力が50%ずつになったところで融着延伸を停止することで分岐比が1:1の3dB光カプラが作製できる。この時の光パワー特性は図3のようになる。

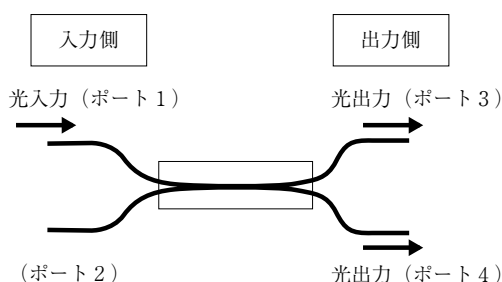


図2 光カプラ入出力ポート

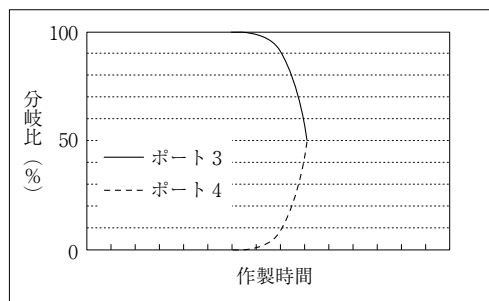


図3 3dB光カプラパワー特性

同様にしてポート3とポート4の光出力が75%と25%のところで融着延伸を停止することで6dBカプラ、90%と10%で10dBカプラを製造することができる。

このタイプの分岐カプラは比較的溫度制御が容易で生

産性が良く、価格が安いといったメリットを持っているが、分岐される光の波長がモニタをしている波長の光にしか対応できないという欠点もある。この波長特性を改善した光カプラがWIC（Wavelength Independent Coupler）と呼ばれている分岐カプラである。このWIC光カプラでは、予備延伸を行い細径化された光ファイバと通常の光ファイバの、2つの非対称光ファイバを融着することで波長特性を緩和することができる。これらの光カプラの、波長特性の違いを図4に示す。表1にこれら分岐カプラの代表的な特性を示す。分岐カプラの特性としては分岐比誤差が小さい、過剰損失が小さい、偏波依存損失が小さいことが望まれる⁴⁾。

ファイバ型光カプラの融着延伸部は、基板上に接着剤で固定され、通常は取り扱いやすいようにSUSパイプ等に入れて固定を行う。図5に作製したファイバ型光カプラの外観を示す。

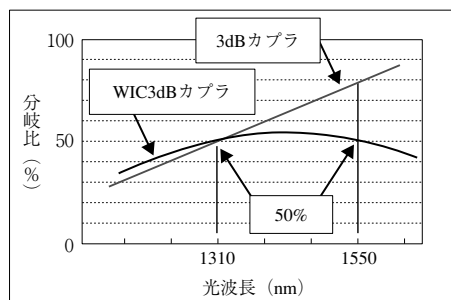


図4 1310nm3dB光カプラ波長特性

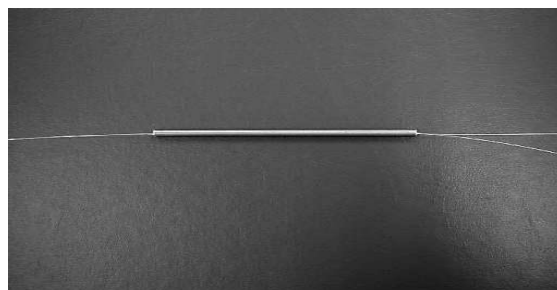


図5 ファイバ型光カプラ

表1 分岐光カプラ特性

項目		特 性			
		3 dB	6 dB	WIC 3 dB	WIC 6 dB
適用波長(nm)		1310±20 または 1550±20		1310±20 及び 1550±20	
通過損失(dB)	ポート 1 ⇔ ポート 3	≦3.5	≦1.7	≦3.6	≦1.8
	ポート 1 ⇔ ポート 4	≦3.5	≦7.1	≦3.6	≦7.2
過剰損失(dB)		≦0.6	≦0.7	≦0.6	≦0.7
反射減衰量(dB)		≧50			
偏波依存損失(dB)		≦0.15			

WDMカプラ

今回開発に取り組んだWDMカプラも、分岐カプラと同様に製造できるが、波長を分離するために分岐カプラよりも融着延伸長を長くし、延伸停止位置を詳細に設定する必要がある。また、分離したい波長差を確保するには融着延伸を分岐カプラよりも正確に制御しなければならない。この融着度の調整は融着時間または融着温度を変えて行うが、この延伸速度と温度制御を細かくコントロールできるように条件を調整することに成功した。

今回開発に取り組んだ、波長が1310/1550nmのWDM光カプラのパワー特性を図6に示す。光出力は分岐カプラと異なり、光結合ピークを繰り返す。

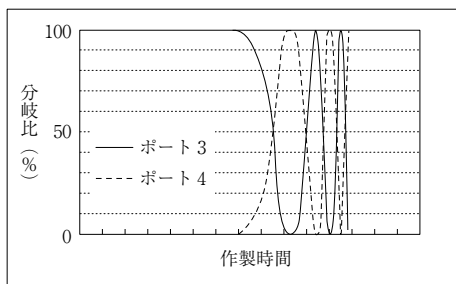


図6 1310/1550nm WDM光カプラパワー特性

この繰り返し数は、製造するWDM光カプラの波長帯により変わってくる。繰り返し数を多くすると合分波される波長の間隔を短くすることができるが、ファイバを延伸する長さも長くなり、加工が難しくなる。

図7に1310/1550nm WDM光カプラの波長特性を示す。ポート3では、1550nmの波長の光を100%近く透過して

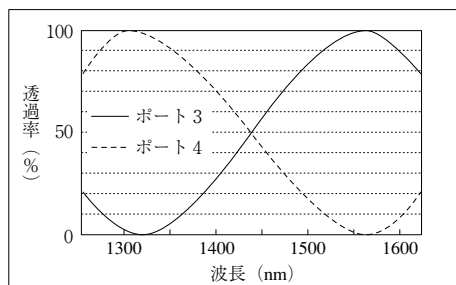


図7 1310/1550nm WDM光カプラ波長特性

おり、1310nmの波長ではほとんど光を透過していない。損失が少なく良好な波長特性である。ポート4ではこれと逆の波長特性を示している。

光増幅に使用される1480/1550nm WDM光カプラの場合では波長間隔が70nmと狭いため、光結合のピークの繰り返し数は、1310/1550nmの光カプラより多くなり、光

ファイバを融着延伸する時間が延びる。このため安定して製造することがさらに難しくなる。図8に1480/1550nm WDM光カプラのパワー特性を示す。この際、製造条件が適切でないと結合率が下がってくる。結合率の低下は通過損失の増加とクロストーク特性の劣化となってあらわれる。

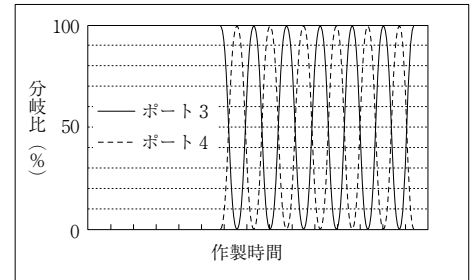


図8 1480/1550nm WDM光カプラパワー特性

図9に1480/1550nm WDM光カプラの波長特性を示す。

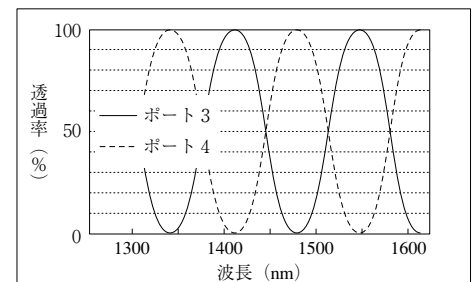


図9 1480/1550nm WDM光カプラ波長特性

透過率のピークが波長に対応しており、透過率も良好な結果を得ている。従来条件で製造した1310/1550nm WDM光カプラ、今回確立した条件で製造した1310/1550nm WDM光カプラおよび1480/1550nm WDM光カプラの主な特性を表2に示す。

融着温度および延伸速度を細かくコントロールすることにより低損失かつクロストーク性能をアップすることが可能となり1310/1550nm WDM光カプラでは従来の製品より性能が向上しており、1480/1550nm WDM光カプラ

表2 WDM光カプラ特性-1

項目	特 性		
	1310/1550		1480/1550
	従来製品	新製品	新製品
使用波長幅(nm)	±15	±15	±5
反射減衰量(dB)	≥50	≥50	≥50
挿入損失(dB)	≤0.5	≤0.5	≤0.5
偏波依存性(dB)	≤0.15	≤0.15	≤0.15
クロストーク(dB)	≥15	≥18	≥13

ラでも良好な結果を得ている。

今回の検討の中でCWDM用光カプラについての検討も行ったが、CWDM用では波長間隔はさらに狭くなり20nmの波長間隔の制御が必要になる。このような波長間隔の狭い光ファイバ型WDM光カプラは、延伸長が長くなり、光ファイバが非常に細くなるので、製造条件が難しく量産化が困難である。しかし、今回4波長CWDM対応した1530/1550nmWDM光カプラをファイバ型で作製することに成功した。波長間隔の短いWDM光カプラを作製する場合、延伸温度を低くして延伸をゆっくりと行う必要がある。この時、条件が適切でないと使用波長が狭くなり、損失も増大し、クロストーク量も悪くなる。また、製作時の温度ばらつきを極力抑えることが重要である。このWDM光カプラのパワー特性を図10、波長特性を図11に示す。

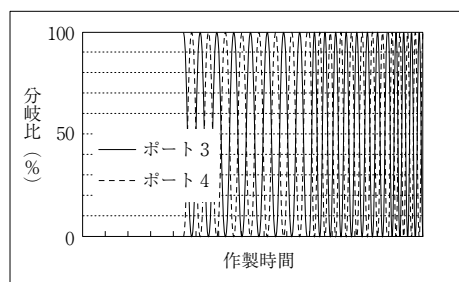


図10 1530/1550nmWDM光カプラパワー特性

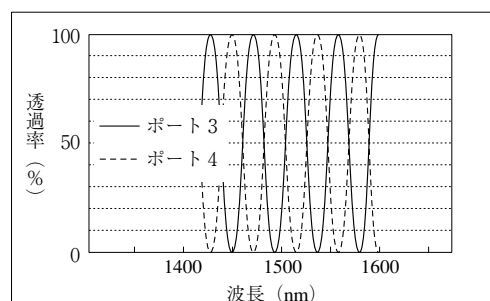


図11 1530/1550nmWDM光カプラ波長特性

波長間隔が狭くなったので、ピーク繰り返し数はさらに増えているが、結合率の低下は見られず、透過率波長特性のピークは光カプラの波長に対応しており良好な結果を得ている。今回作製した1530/1550nmWDM光カプラの主な特性を表3に示す。

まとめ

さまざまなファイバ型光カプラについて紹介してきたが、CWDM用光カプラは、ファイバ型で商品化している

表3 WDM光カプラ特性-2

項目	1530/1550
使用波長幅(nm)	±4
反射減衰量(dB)	≥50
挿入損失(dB)	≤1.0
偏波依存性(dB)	≤0.15
クロストーク(dB)	≥10

メーカーは少なく、波長フィルタと微小光学部品を搭載しているタイプがほとんどである。このため、価格が高く、性能面でも挿入損失が大きい、偏波モード分散が大きいといった問題がある。光ファイバ型カプラは光ファイバ自身が光導波路となるため、損失や偏波モード分散を抑えられ、安定して量産化できるため価格も安くできる。

今回、ファイバ型で1530/1550nm型光カプラの製造に成功したことでCWDMへの展開が可能になった。今後は、信頼性の確保と共に量産化への対応を考えていくことが必須になると考える。◆◆

参考文献

- 1) Guy Sauve, 40Gビット/秒への高速化が光合分波器の主役交代を巻き起こす, 日経エレクトロニクス, pp.124-131, 2001年11月19日
- 2) 光デバイス事業部, フジクラ技報 100号, pp.25-30, 2001年4月
- 3) πシステム, http://www.net.intap.or.jp/INTAP/information/report/h10-network/1_4/1_4_3.html
- 4) 植竹他, 応用広がる光ファイバ, 電子材料, pp.54-57, 1999年1月

● 筆者紹介

岩淵昌広: Masahiro Iwabuchi. 沖電線株式会社 開発部 デバイス技術グループ

岩崎とも子: Tomoko Iwasaki. 沖電線株式会社 開発部 デバイス技術グループ

今村哲夫: Tetsuo Imamura. 沖電線株式会社 開発部 デバイス技術グループ グループリーダー