

■9 群 (電子材料・デバイス) - 6 編 (受動・機能デバイス)

10 章 光信号処理デバイス

【本章の構成】

本章では以下について解説する.

- 10-1 光信号再生技術
- 10-2 波長ルーティングデバイス
- 10-3 光メモリ

■9 群-6 編-10 章

10-1 光信号再生技術

■9 群-6 編-10 章

10-2 波長ルーティングデバイス

(執筆著：植之原裕行) [2011年10月 受領]

波長ルーティングとは、入力信号を目的の出力に転送する際に、波長分波フィルタを用いて入力信号の波長に対応した出力に転送する機能を指す。広い意味では、複数入力・複数出力の光スイッチの入出力間接続を波長ごとに設定しておき、信号の転送を行うことも波長ルーティング機能となる。波長分波フィルタとして固定的な入出力の接続のものをを用いた場合、入力部で波長変換素子を用いれば、異なる出力に切り替えることができるようになる。あるいは、波長分波フィルタ自体が再構成可能なものであれば、入出力の接続経路を動的に変更できるため、入力部の信号波長を変換しなくても接続経路を変更することができる。このような機能は、波長パスで結ばれるメトロネットワークのノード間接続において同一波長の信号が同一出力に転送される場合の衝突回避のために、一方の信号波長を変換し、衝突しないよう経路を回避するために用いることができる。また、通常の運用経路の途上や送信器に障害が起きた場合、障害のある経路を回避したり、予備の送信器の波長（通常運用のものとは異なる波長）で目的の出力に転送したりする用途にも用いることができる。以上のように、データの転送効率を向上したり信頼度の高いネットワークを実現したりするために重要な技術である。

波長分波フィルタとしては、回折格子とマイクロミラー・合波器の構成や、マイクロミラーを空間光変調器（Liquid Crystal on Silicon：LCOS と呼ぶ素子が最近では発展してきている）に変えた構成でも実現できる。ただし、この構成は再構成可能な光アド・ドロップ多重化器（Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer：ROADM と呼ぶ）と同様となり、光選択スイッチ（Wavelength Selectable Switch：WSS と呼ばれる）と混同される可能性もある。したがって、以下では狭い意味での波長ルーティングデバイスについて説明する。

学会でよく波長ルーティングデバイスと呼ばれるものは、入力ポートを複数持つアレイ導波路格子（Arrayed Waveguide Grating Router：AWGR と呼ぶ）の波長分波特性を活用するものである。その構成を図 2・1 に示す。AWGR の特徴は、1 つの入力に着目した場合は通常の AWG そのものであり、一定周波数間隔の波長を 1 つずつずれた出力位置に分波する特性を持つ。入

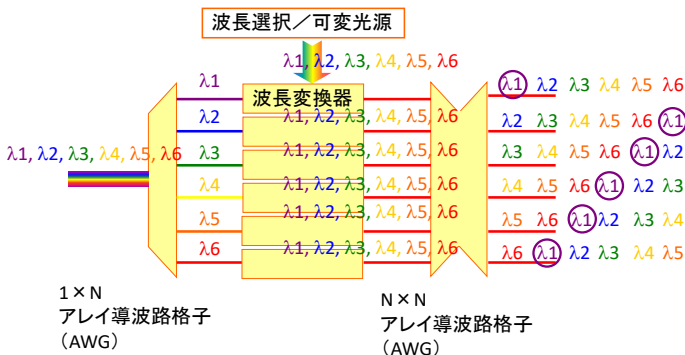


図 2・1 波長ルーティングデバイスの構成図

力位置が1つずれると、出力ポートでの回折条件が少なくなるため、波長分波の出力位置もシフトする。図 2・1 に示すように、波長多重された信号をある入力ポートから入力した場合、各波長は異なる出力ポートに分波される。一方、同じ波長でも入力ポートの位置が1つずれると、分波される出力ポートの位置が1つずれる。この性質を利用すると、波長に応じた出力位置への転送機能と同時に、同じ出力ポートに転送される信号の波長は、入力ポートごとに異なることになるため、同一 AWGR の入力から入った信号は出力で衝突することがない。したがって、高効率な転送機能が実現できる。

次に、図 2・1 に示す構成の機能を説明する。1 段目の AWG、2 段目の波長変換器、3 段目の AWGR の 3 段構成となっている。波長多重信号は、1 段目の AWG で各波長に分離される。それぞれの波長信号は、3 段目の AWGR の目的出力位置に応じた波長で AWGR の入力ポートから入る必要があるため、2 段目の波長変換器にて目的の波長に変換する。波長変換器としては、光/電気変換器（受光器）・電気増幅器・電気/光変換器（レーザー＋光変調器）以外にも半導体光増幅器（Semiconductor Optical Amplifier: SOA と呼ぶ）の相互位相変調（Cross Phase Modulation: XPM と呼ばれる）などの現象を用いたものが検討されている。

前者は既存の技術を用いるため技術の成熟度・信頼性の点で現状では現実解だが、電子回路の速度に律則されるため今後の高速化に対応するためには消費電力増大の問題を解決しなければいけない。後者は前者ほど入力ダイナミックレンジが確保できないなどの技術的課題はあるが、数 10 Gbps 以上の高速動作も可能な SOA の XPM あるいは四光波混合などの非線形現象を用いれば今後の高速性にも対応する可能性がある。

波長変換器は波長可変光源をプローブ光源として入力信号光のパターンを再現しながら、波長を変換する。波長可変光源としては、波長パスを数ミリ秒で切り替えればよい波長パスネットワーク応用であれば、マイクロミラーによる共振器長の微小変化や石英光波回路・シリコン細線導波路で作製したリング共振器の共振波長を熱光学効果による屈折率変化で制御する外部共振器型のもので対応が十分に可能である。一方、パケット間隔以内で十分に切り替えが完了しなければならない応用では電流注入型でないとなノ秒以下での波長可変動作は困難である。そのため、キャリアプラズマ効果による半導体の屈折率変化によりグレーティングのブラッグ波長を変化させる波長可変分布反射型（Distributed Bragg Reflector: DBR と呼ぶ）レーザーを用いる例がほとんどである。

すなわち、応用によって各機能ごとに異なる動作原理の素子選択が重要となる。波長可変光源として電流注入型を用いた場合は、波長変換器の動作帯域が数 10 GHz であることから、ナノ秒オーダーでの波長ルーティング動作が可能である。

図 2・1 の構成の実現方法について述べる。機能ごとに個別部品を接続することで動作は可能であるが、入出力数・波長多重数を増加させて大容量化を実現するためには素子の全体サイズの増大が無視できない。そのため、近年は InP 系半導体にモノリシック集積する試みがなされており、複数のリング共振器を持ち波長可変範囲を拡大した波長可変レーザーと AWGR・SOA の相互利得変調（Cross Gain Modulation: XGM と呼ばれる）波長変換器を 8 チャネル集積した素子や、異なる周期の回折格子を一定間隔で配列することで広帯域の波長可変を可能とする波長可変 DBR レーザーと AWGR・SOA の XGM 波長変換器を 8 チャネル集積化したものが報告されるようになった。200 素子以上を同一半導体基板上にモノリシック集積する素子を実現されるまで、集積化技術の進展が見られている。

■9 群-6 編-10 章

10-3 光メモリ