

## 可変損失スロープ補償器

住友電気工業㈱ オプトエレクトロニクス研究所 光デバイス研究部

広瀬 智財

### Variable attenuation slope compensator

Chisai Hirose

Photonic Devices R & D Dept. Optoelectronics R & D Laboratories Sumitomo Electric Industries, LTD.

当社は、石英系平面導波路技術を用い、光信号の波長依存性（損失傾斜）を電氣的に制御することができる波長多重（Wavelength Division Multi-plexing: WDM）伝送システム用デバイスとして、可変損失スロープ補償器（Variable Attenuation Slope Compensator: VASC<sup>®</sup>）を開発し、出荷を開始した。

インターネット需要の増大により、光通信網の大容量化への要求が強くなってきているが、この手段として、WDM 伝送への期待が高く、システム導入が進んでいる。WDM システムに用いられるエルビウム添加ファイバ増幅器（Erbium Doped Fiber Amplifier: EDFA）は、入力レベルが変化しても信号光当たりの出力レベルが一定に制御（Automatic Level Control: ALC 制御）されることが要求されている。更に、伝送容量の増加や伝送の長距離化に伴い、入力レベルの変動量は大きくなり、EDFA には入力レベルの広ダイナミックレンジ化が要求される。

通常、EDFA では、利得の波長依存性（利得傾斜）が入力レベルにより異なることから、WDM 長距離伝送時において通信性能が大き

く劣化する。この入力レベルの変動による利得傾斜を除くために、従来の EDFA は、AGC 制御（Automatic Gain Control）と可変光減衰器（Variable Optical Attenuator: VOA）を用いる方式が提案されている。この制御方式においては、VOA で入力レベル変化と等量の損失を与えることから、広ダイナミックレンジになるほど、EDFA 内部損失が増加するために、雑音特性及び効率の劣化が問題となる。

一方、VASC は、利得傾斜と同じ損失傾斜を与えることにより、利得傾斜を除くデバイスである。そのため、VASC は、EDFA 内部の損失をほぼ一定に保つことができるので、VASC を搭載した EDFA は、雑音特性の劣化を抑えることを特徴とする。

VASC の回路構成は、2 個の非対称なマッハツェンダー型干渉計（Mach-Zehnder interferometers: MZI）から構成されており、各 MZI のアーム部分に位相調整用の薄膜ヒータを配置する（図 1）。薄膜ヒータでアーム部分を加熱し、2 個の MZI の位相差（ $\Delta\phi$ ）を制御することにより、所望の損失スロープ特性を得ることが可能となる。

一般的に MZI の波長特性は、2 つのアームの長さが異なると、ある一定周期の正弦波特性を示す。図 2(b) では、MZI1 と MZI2 の中心

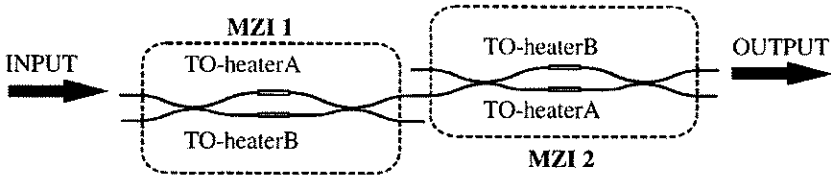


図1 VASCの回路構成

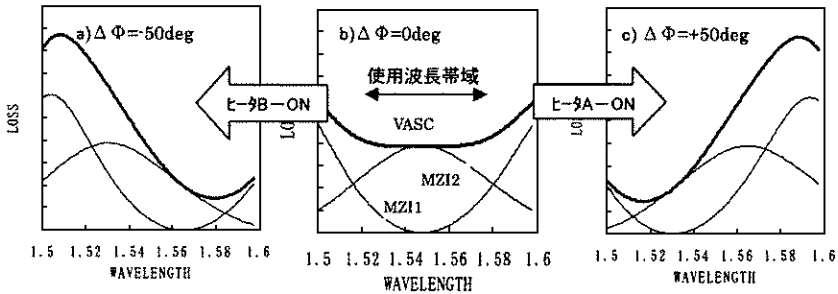


図2 VASCの動作原理

波長は一致しており、そのときのVASCの波長特性は、一定波長帯域において平坦な特性になる。薄膜ヒータの温度を上げると石英の屈折率は上昇するので、物理的長さは変化しないが、屈折率を操作することで等価的にアームの長さを変えることができる。図1中のヒータAを加熱すると、MZI1の中心波長は長波長側に、MZI2の中心波長は短波長側へ移動する。そのときのVASCの波長特性は、一定波長帯域において負の傾斜の損失特性を示すことになる(図2(a))。一方、ヒータBを加熱すると、MZI1の中心波長は短波長側に、MZI2の中心波長は長波長側へ移動する。そのときのVASCの波長特性は、正の傾斜の損失特性を示すことになる(図2(c))。

チップの入出力端にシングルモードファイバが接続されており、パッケージのサイズは、54 mm × 23 mm × 8 mm と小型である(写真1)。作製したVASCの光学特性の一例を図3に示す。ヒータ電力を140~480 mWまで変化させることで、波長範囲1570~1610 nmにおいて損失傾斜を-4.2~+4.4 dBまで変化させ

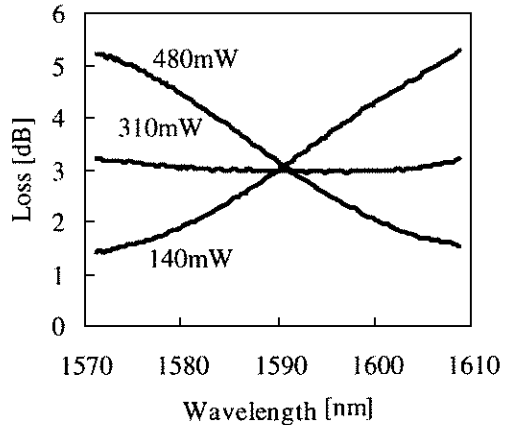


図3 VASCの損失波長依存性 (図中の数字はヒータ電力である)

ることができる。損失傾斜を変化させても、使用波長中央付近1590 nmでの損失は、ほぼ一定で3.1 dBであり、また、全ての損失傾斜におけるPDLは0.5 dB以下である。ヒートサイクル(-5~70°C)による傾斜量の変化は、±0.2 dB以下である。図2及び図3に示した使用波長帯域及び損失傾斜量は一例であり、MZI

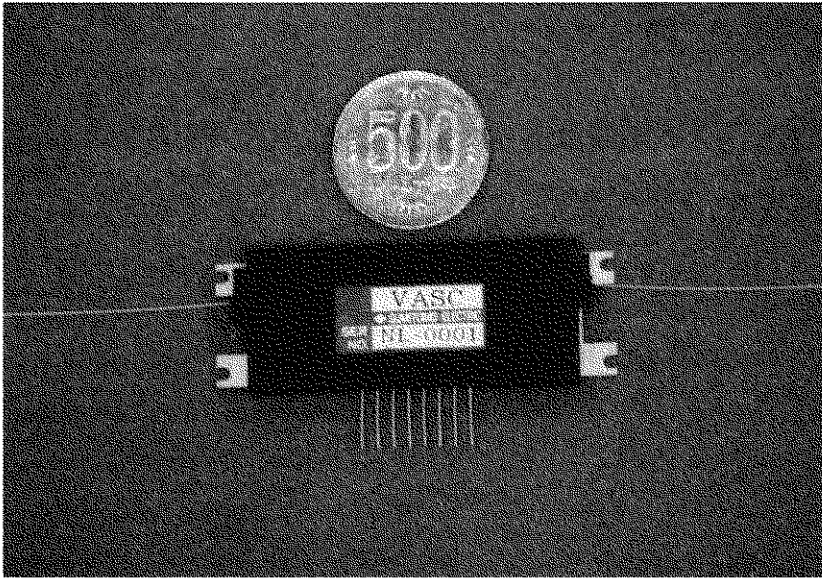


写真1 VASCモジュール

のアーム長及び結合係数を適切に選択することで、使用波長帯域と損失傾斜量は、自由に設計できる。

今回開発したVASCは、今後、ラマン増幅、長距離WDM伝送、40Gb/s多重伝送などの関連で需要は拡大すると予想している。