

100 GHz-16 ch AWG モジュール

100 GHz-16 ch AWG Module

齋藤恒聡*
Tsunetoshi Saito

太田寿彦*
Toshihiko Ota

虎谷智明*²
Tomoaki Toratani

小野義視*²
Yoshimi Ono

概要 光通信の急激な普及に伴い主流と成りつつある波長多重通信 (DWDM:Dense-Wavelength Division Multiplexing) には, 光信号を合分波する波長合分波器が必要不可欠である。我々は, 多波長に対応可能で, 生産性の良いPLC (Planar Lightwave Circuit) 型の波長合分波素子であるAWG (Arrayed Waveguide Grating) を用いた波長合分波モジュール (AWGモジュール) を開発した。開発したAWGモジュールは厚さが8.5 mmと薄型で, パッケージはシール構造を有している。また, 100 GHz - 16 chのAWGモジュールを試作し, 光学特性や信頼性に優れていることを確認した。

1. はじめに

インターネットをはじめとする様々なマルチメディアの爆発的な広がりと共に, 光通信に対する大容量化の要求がますます大きくなっている。従来, 光通信では, 光ファイバによる光の吸収が少ない波長である1.31 μm 若しくは1.55 μm の帯域において, それぞれ単一の波長による伝送が一般的であった。この方式では, より多くの情報を伝達するためには伝送経路に敷設する光ファイバの心数を増やす必要があり, 伝送容量の増加には大変な費用がかかるという問題があった。この課題のブレークスルーとして登場したのがDWDM (Dense-Wavelength Division Multiplexing) 技術である。このDWDMは, 主にEDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) の動作帯域である1.55 μm 帯において, 複数の波長を使用して伝送を行う方式であり, 1本の光ファイバで複数の異なる波長の光信号を同時に伝送することから, 新たな線路を敷設する必要なくネットワークの伝送容量の飛躍的な増加をもたらすことが可能である^{1), 2)}。

図1はこのDWDM通信の仕組みの一例を模式的に示したものである。複数のトランシーバ (Tx) から発信された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の光信号は, 光合波器 (Multiplexer) を通過し, 1本の光ファイバへと集約される。伝送経路にはその距離に応じてEDFA (図中Amp) が配置され, 減衰した光のパワーを増幅する。また, 伝送経路上で任意の波長の光信号を付加したり (Add) 取り出したり (Drop) するような機能 (ADM: Add/Drop Multiplexer or OXC: Optical Cross Connect) が付加されることもある。1本の光ファイバを伝送した複数の波長の光信号は, 光分波器 (Demultiplexer) を通過し, 再び各々の波長の光信号に分波される。この図に示されるように,

DWDM通信においては複数の波長の光を合波したり, 分波したりする波長合分波器が必須である。これまでに, この波長合分波を実現する光部品として, 干渉膜フィルタを使用したタイプのものが開発され³⁾, 200 GHz (約1.6 nm) 間隔で4~8波の光合分波といったDWDMシステムが実用化されてきた。しかしながら, 干渉膜フィルタを使用した波長合分波器は, 合分波する波長の数 (チャンネル数) が増加すると, サイズが大きくなる, 高コストになる, 信頼性が低くなる等の問題があり, より多チャンネルのシステムに対しては, 干渉膜フィルタ型ではない現実的な波長合分波器が求められてきた。

AWG (Arrayed Waveguide Grating) は, シリコン又は石英等の基板上に石英系のクラッドとコアを堆積し光導波路を集積化したPLC (Planar Lightwave Circuit) の一種である^{4), 5)}。このAWGは多チャンネルの波長の合分波を一括して行うことができ, かつ, チャンネル数や波長間隔に対する設計の自由度が大きく, 量産性, 小型化, 信頼性等の面で優れており, 今後の

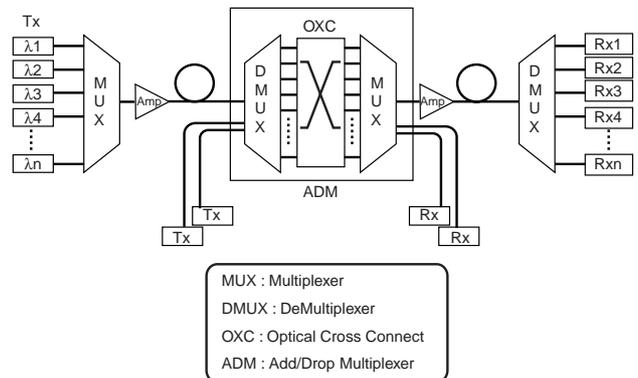


図1 DWDMシステムの概略
Outline of DWDM system

* 光技術研究所 WPプロジェクトチーム 光機能部品グループ

² 生産技術開発センター プロセス開発部 自動化プロセスグループ

多チャンネルのDWDMシステムにおいて活躍が期待されるキーマネジメントである。我々は、現在実用化されつつある100 GHz間隔で16チャンネルDWDMの光合分波を可能とする小型、かつ信頼性高いAWGモジュールを開発した。

2. AWGの原理

2.1 AWGの波長合分波原理

前述のようにAWGはPLCの一種であり、基板上への石英系ガラス膜の堆積、フォトリソグラフィ、エッチング技術による導波路パターンの形成といった微細加工技術を用いて作製される。図2にAWGの回路構成を示す。基板上には入射導波路、入射側スラブ導波路、アレイ導波路、出射側スラブ導波路、出射導波路が形成されている。以下、波長分波器として使用される場合の、分波の仕組みについて述べる。

複数の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ が多重された波長多重光が入射導波路に入射されると、入射側スラブ導波路で回折されて広がり、アレイ導波路に入射する。アレイ導波路は入射側スラブ導波路から導出された光を伝搬する複数の併設された光導波路であり、隣接する導波路はある一定の光路長差 ΔL をもって配列されている。このため、アレイ導波路の出力端では各導波路を伝搬した光は ΔL に相当する分だけ位相にずれが生じる。通常アレイ導波路は、例えば100本といったように多数の導波路より成るが、同図においては導波路の本数を簡略的に示してある。アレイ導波路を通過した光は出射側スラブ導波路に到達し、回折により広がるが、それぞれの導波路を通過した光は互いに干渉し、結果的に全体として波面のそろった方向に回折することになる。このとき、アレイ導波路とスラブ導波路の屈折率を n_c, n_s 、回折角を θ 、アレイ導波路の導波路間隔を d 、波長を λ とすると、波面がそろった同位相条件は次式で表される。

$$n_s d \theta + n_c \Delta L = m \lambda \quad (1)$$

ここで m は任意の整数であり、回折次数である。波面がそろった方向である回折角は波長に依存することから、異なる波長の光はそれぞれ別の方向に回折されることになる。このため、波長の異なる光が出射側スラブ導波路の出射導波路側で集光する位置は互いに異なり、それぞれの位置に出射導波路を設置することにより、波長の異なった光を各波長ごとに異なる出射導波路から出力できる。すなわち波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の光を別々に取り出すことが可能となる。ところで、入射導波路を通過する光は空間的なフィールドをもって伝搬する。このため、出射導波路から出力される光の透過スペクトルは、一般的に図3に示す

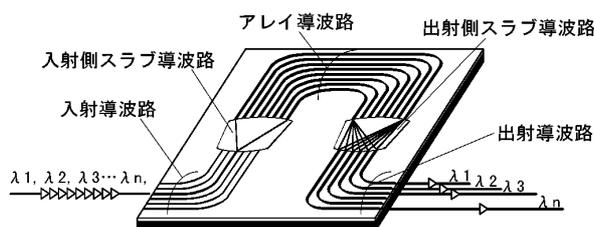


図2 AWGの導波路回路構成
Light-waveguide circuit structure of AWG

ようなガウシアン形状となる。このガウシアンの中の中心の波長はAWGの中心波長と呼ばれる。最近ではこの入射導波路の形状を工夫することで、透過特性がフラットなスペクトルとなるようなAWGも開発されている⁶⁾。

以上、波長分波器として機能する場合のAWGの仕組みについて説明したが、同一のAWGを用いて波長合波器として使用することも可能である。すなわち、波長合波器として使用するときの出射導波路から各々の波長の光を入射すると、波長合波器として使用するときの入射導波路から、これらの光が一括して出力されることになる。

2.2 中心波長の温度依存性

ところで、このAWG回路はアレイ導波路の光路長及び光路長差を利用した回折格子であるので、アレイ導波路の隣り合う導波路の光路長差 ΔL は精密に制御される必要がある。しかしながら実際には、温度変化による導波路材料の屈折率の変化や基板及び導波路の熱膨張、収縮が存在するため、温度によって光路長が変化し、光路長差 ΔL も変化する。この結果、出射側スラブ導波路の出射導波路側における焦点位置が変化し、出射導波路に入射する光の波長が変化することになる。この波長の変化量は式(1)において $\theta = 0$ とし、 λ について解いた式を温度 T で微分することにより、式(2)のようになる。

$$\frac{d\lambda}{dT} = \frac{\lambda}{n_c} \cdot \frac{dn_c}{dT} + \frac{\lambda}{L} \cdot \frac{dL}{dT} + \frac{\lambda}{n_c} \cdot \frac{dn_c}{dT} \quad (2)$$

右辺第一項は屈折率の温度依存性、第二項は基板の伸縮に伴う導波路長の変化、第三項は基板と導波路の線膨張係数の差により導波路にかかる応力を原因とする屈折率変化である。石英ガラス屈折率の温度依存性: $8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 、及び基板の線膨張係数: $3 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ (Siの場合) から、中心波長の変化は $\lambda=1.55 \mu\text{m}$ 帯では約0.011 nm/ $^\circ\text{C}$ となる。

また、アレイ導波路は、前述のように例えば100本といった多数の導波路よりなるが、作製したコアの形、屈折率には設計値からのずれが生じる。また、出射導波路の位置がわずかにずれただけでも、出射導波路から取り出される光の波長は所望の波長と異なってしまふ。一方、DWDM通信においては、通信光の波長はITU-Tで定められた国際標準の波長(グリッド波長;本報告では λ_n で表記)が使用されることから、AWGの光学特性の中心波長もこのグリッド波長に精密に合わせる必要があ

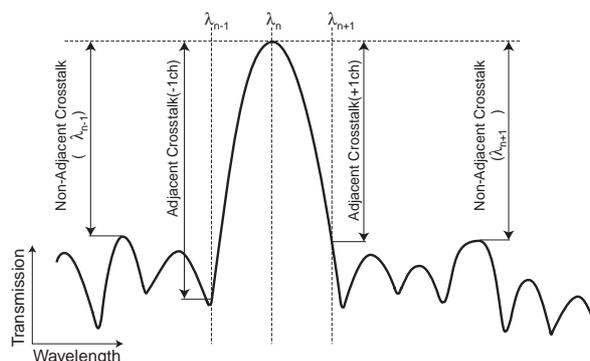


図3 AWGの透過特性とクロストークの定義
Transmission spectrum of AWG and definition of crosstalk

る。このため一般的に、初期状態でグリッド波長に中心波長が合うようにAWGの温度を調整し、外部の温度が変化してもその温度が保持されるような機構が必要となる。

3. AWG モジュールに要求される光学特性

ところでAWGのように、DWDMで使用される波長合分波器には以下の光学特性が求められる。

- ・中心波長とグリッド波長のずれ（中心波長ずれ）が小さいこと。
- ・挿入損失が小さいこと。
- ・チャンネル間のクロストークが小さいこと。

DWDMは隣接するチャンネルの波長間隔が大変狭いことから、通信に用いられる光の線幅も細くする必要がある。このため、AWGの中心波長がグリッド波長からずれてしまうと、光の損失が増大してしまう。また、中心波長がずれると他のチャンネルの光が通りやすくなり、伝送特性が劣化してしまうことになる。中心波長ずれの許容量は、AWGの透過特性やDWDMの伝送スピードにもよるが、通常0.05 nm以下程度と考えられる。

挿入損失は、通常の光伝送に用いられる光部品同様できるだけ小さいほうが有利であるが、ここでは5 dB以下を目標とした。

チャンネル間クロストークは、AWGのあるチャンネル n を考えたときに、そのチャンネル n のグリッド波長 λ_n における挿入損失と、 n 以外のチャンネルのグリッド波長における挿入損失の差として表される。特に $n \pm 1$ チャンネルの波長（ λ_{n-1} 、 λ_{n+1} ）に対するクロストークは、隣接チャンネルクロストーク（Adjacent Crosstalk）と呼ばれる（図3）。なおここで、 $\lambda = \lambda_n$ における挿入損失と、 $\lambda = \lambda_{n-1}$ 及び $\lambda = \lambda_{n+1}$ の波長範囲における挿入損失の最大値との差をNon-Adjacent Crosstalkとして定義する。チャンネル間のクロストークはできるだけ小さいほうが有利であるが、-25 dB以下を目標とした。

4. AWG モジュールの構造

4.1 AWG モジュールの構造と製造工程

当社では現在までに、 $1 \times n$ スターカプラや多連のWINC等、様々なタイプのPLCモジュールの多数の製造実績がある。AWGモジュールの作成にあたっては、これらのPLCモジュールの作成技術を適用している。以下、AWGモジュールの製造工程について説明する。また、図4にはAWGモジュールの構造の概略を示す。

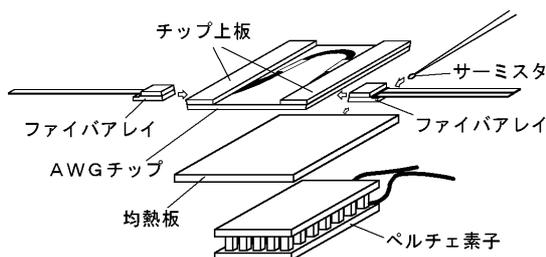


図4 AWGモジュールの構成
Construction of AWG module

基板上に形成されたAWGの導波路回路のサイズに合わせ、チップの切り出しを行う。入出射端には上板を張り付け、ファイバ接続部での反射を抑えるために8度に斜め研磨を行う。入出射の光ファイバとの接続には、ガラスV溝基板上にファイバを高精度に配列し接着固定したファイバアレイを用い、同じく接続端面を8度に斜め研磨を行う。これらのAWGチップとファイバアレイをつきあわせ、通行する光のパワーをモニタしながら光軸を調整（調心）した後に端面を接着固定する。光軸合わせでは、精密移動ステージを有した自動調心装置を用い、低接続損失、短時間調心を実現している。

4.2 AWGモジュールの温度制御

先に述べたように、AWGはPLCチップを精密に温度制御する必要がある。我々はAWGモジュールに図4に示すような、ペルチェ素子とサーミスタを用いた温度制御を採用した。ペルチェ素子は電流の流す方向により、ヒーター及びクーラーとして動作する。サーミスタにより検出した温度を外部の温度コントローラーにフィードバックし、ペルチェ素子に流す電流を調節することにより、精密な温度制御を可能としている。また、同図の均熱板は、AWGチップの温度を均一にするためのものである。AWGチップの制御温度は40 ~ 50 になるように回路の設計を行い、この温度制御システムを使用することで、環境温度0 ~ 70 での温度制御を可能としている。

ところで一般に、ペルチェ素子をクーラーとして使用する際、冷却面と反対側は発熱が行われる。このため、AWGの温度制御に際しては、チップの温度を正確に測定し、精密に温度制御を行うということのほかに、ペルチェ素子から発せられた熱をいかに効率よく放熱するか、すなわちモジュール全体の熱設計が重要である。我々は、ペルチェ素子の選定、パッケージ筐体の設計、パッケージカバー材質等の最適化を行い、厚さ8.5 mmという薄型のAWGモジュールを開発した。写真1にその外観を示す。この薄型AWGモジュールはモジュールの筐体に放熱フィンを備えた構造となっており、環境温度0 ~ 70 で消費電力5 W以下という省電力をモジュール単体で実現している。

4.3 AWGモジュールのシーリング構造

高温高湿雰囲気中でAWGの温度制御を行うと、AWGチップ部分は相対的に低温となるため結露が生じる。このためAWG

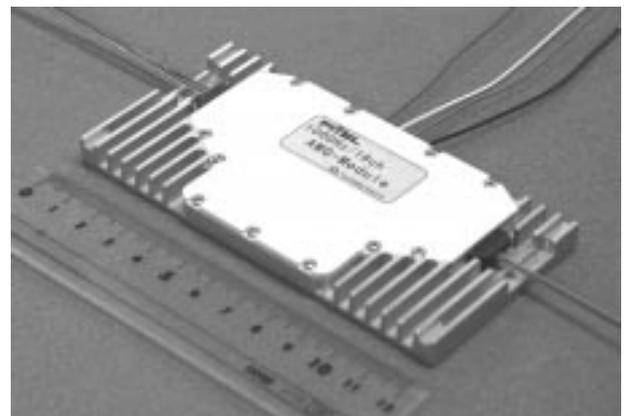


写真1 100GHz-16ch AWGモジュール
Appearance of 100 GHz-16 ch AWG module

チップの熱容量が増加して消費電力が増加するばかりか、精密な温度制御が不可能となる。また、結露が進むとペルチェ素子の発熱に対し放熱が追いつかなくなり、温度制御システムが暴走してしまうことになる。我々はこの結露対策としてパッケージ筐体とカバーの間にリングを用い、光ファイバ及び電気コードの引き出し部にはシーリング材を用いたシール構造を採用し、対高温高湿特性を向上させた。

5. 100 GHz - 16 ch AWG モジュールの試作結果

以上説明したような構造を用い、チャンネル間隔 100 GHz (約 0.8 nm) で 16 チャンネルの波長合波機能を有する AWG チップを用いて AWG モジュールの試作を行った。なお、AWG チップと接続する入出射ファイバにはシングルモードファイバを用いた。試作したモジュールは前述のシール構造を採用し、モジュールサイズは放熱フィンも含めて 120 mm × 60 mm × 8.5 mm と大変小型である。試作したモジュールについては種々の光学測定を行った。以下その測定結果を示す。なお光学特性は、反射減衰量以外は波長分波器として使用した場合の測定を行っているが、波長合波器として使用しても AWG の特性上、同一の値となる。

5.1 光学特性

5.1.1 制御温度の決定と中心波長の測定

AWG モジュールの各光学特性を測定するに際し、AWG モジュールの制御温度を決定する必要がある。AWG モジュールの制御温度の決定は、ある温度における各ポートの中心波長の測定結果から、中心波長ずれの平均値が最も小さくなるような温度を計算した後、温度を変えて再び中心波長を測定し、合わせ込みを行う方法をとった。各光学特性は、こうして決定された制御温度に設定したときの、室温における測定結果である。な

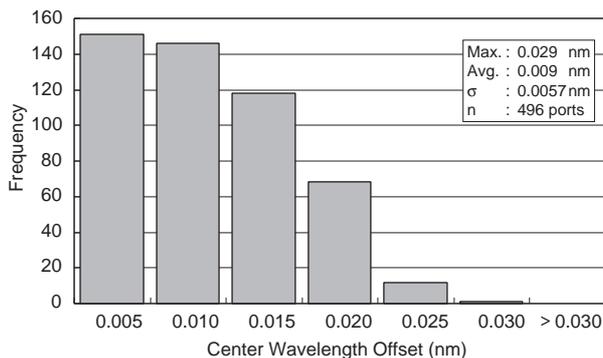


図5 中心波長ずれ測定結果
Histogram for center wavelength offset of AWG module

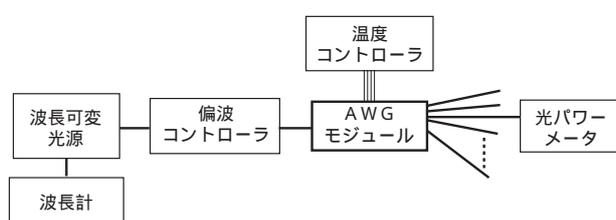


図6 挿入損失測定系
Measuring system of insertion loss

お、中心波長は波長精度の良いマイケルソン干渉計型の光スペクトラムアナライザを用い、0.01 nm 以下の分解能で測定した。光源には広帯域な ASE (Amplified Spontaneous Emission) 光源を用いた。また、中心波長は透過特性の最大値から -3 dB 幅の中心値とした。

図5に中心波長ずれの測定結果を絶対値のヒストグラムとして示す。31 モジュール (496 ポート) の測定結果で、中心波長ずれの絶対値の最大値は 0.029 nm、平均値は 0.009 nm であり、DWDM における波長合波器として十分満足な値であることが確認できた。

5.1.2 挿入損失

挿入損失の測定系を図6に示す。測定には波長計によって正確に波長制御された波長可変光源を用い、また、偏波コントローラを用いることによってモジュールの偏波依存性も同時に測定している。図7に各グリッド波長における挿入損失の測定結果をヒストグラムとして示す。測定値は偏波依存性を含めた最大値としている。挿入損失の最大値は 4.17 dB、平均値は 3.14 dB、標準偏差は 0.33 dB と大変良好であった。

5.1.3 クロストーク

隣接チャンネルのクロストークはグリッド波長における挿入損失と、グリッド波長 ± 0.7 nm 及びグリッド波長 ± 0.8 nm における挿入損失との差として測定した。測定系は挿入損失の測定と同じ測定系である。測定結果のヒストグラムを図8に示す。グリッド波長 ± 0.7 nm におけるクロストークは、最大値 -25.3 dB、平均値 -33.4 dB であった。また、グリッド波長 ±

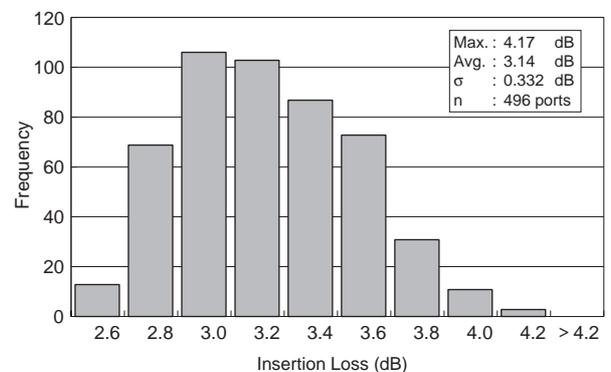


図7 挿入損失測定結果
Histogram for insertion loss of AWG module

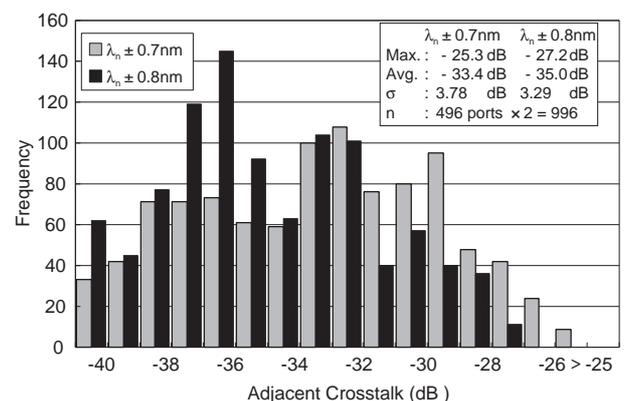


図8 隣接チャンネルクロストーク測定結果
Histogram for adjacent crosstalk of AWG module

0.8 nmにおけるクロストークは最大値 - 27.2 dB, 平均値 - 35.0 dBであった。

隣接チャンネル以外のクロストーク (Non-Adjacent Crosstalk) 測定は, ASE光源と光スペクトラムアナライザを用いて行った。スペクトラムの測定結果 (図9) から, $\lambda = \lambda_n$ における挿入損失と $\lambda = \lambda_n - 0.8$ nm における挿入損失の最小値, 及び $\lambda = \lambda_n + 0.8$ nm における挿入損失の最小値との差として計算した。なお, 測定範囲は16チャンネルのグリッド波長範囲 ± 0.8 nm の範囲 ($\lambda_1 - 0.8$ nm $\sim \lambda_{16} + 0.8$ nm) である。この結果を図10に示す。最大値は - 25.1 dB, 平均値は - 33.7 dBであった。

5.1.4 光学特性のまとめ

その他の光学特性も併せ, 測定結果を表1にまとめる。Ripple ($\lambda_n \pm 0.1$ nm) とは, グリッド波長 ± 0.1 nm の範囲における挿入損失の偏差である。また, 反射減衰量 (RL:Return Loss) は入出射ポートとも各グリッド波長で測定した。

5.2 温度特性

試作したAWGモジュールについて, 環境温度0 ~ 70 の範囲で動作確認を行った。環境温度を20 70 0 20 と変化させたときの, 挿入損失, 中心波長, 消費電力 (電圧及び電流を含む) の変動モニタの一例を図11に示す。なお, 試験に用いたAWGモジュールの制御温度は44.4 である。挿入損失の変動量は0.1 dB以下, 中心波長の変動量は0.01 nm以下であり, 消費電力も正常な変動を示した。AWGモジュールの, 環境温度の変化に対する安定した動作が確認された。

表1 光学特性のまとめ (31モジュール)
Summary of optical characteristics (31 modules)

項目	単位	測定結果	n
中心波長ずれ	nm	Max.: 0.029 Avg.: 0.009 σ : 0.0057	496 ports
挿入損失 (λ_n)	dB	Max.: 4.17 Avg.: 3.14 σ : 0.332	496 ports
Ripple ($\lambda_n \pm 0.1$ nm)	dB	Max.: 1.23 Avg.: 0.82 σ : 0.093	496 ports
PDL (λ_n)	dB	Max.: 0.34 Avg.: 0.06 σ : 0.036	496 ports
Adjacent Crosstalk	$\lambda_n \pm 0.7$ nm	Max.: - 25.3 Avg.: - 33.4 σ : 3.78	496 ports \times 2 = 992
	$\lambda_n \pm 0.8$ nm	Max.: - 27.2 Avg.: - 35.0 σ : 3.29	496 ports \times 2 = 992
Non-Adjacent Crosstalk ($\lambda = \lambda_n - 0.8$ nm and $\lambda = \lambda_n + 0.8$ nm)	dB	Max.: - 25.0 Avg.: - 33.8 σ : 3.78	496 ports \times 2 = 992
反射減衰量 (λ_n)	in	Min.: 42.4 Avg.: 51.6 σ : 2.06	31 ports \times 16 = 496
	out	Min.: 42.4 Avg.: 51.6 σ : 2.05	496 ports

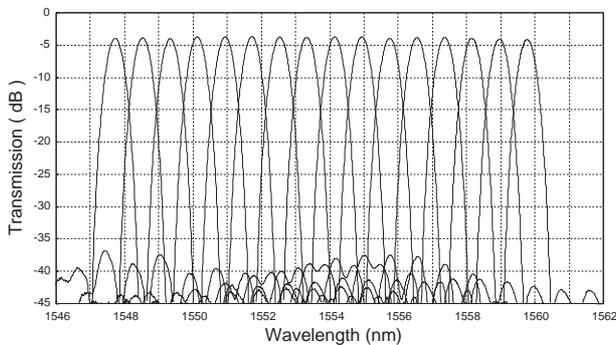


図9 AWGモジュールの透過特性例 (光スペクトラムアナライザで測定)
Typical transmission spectrum of AWG module measured by optical spectrum analyzer

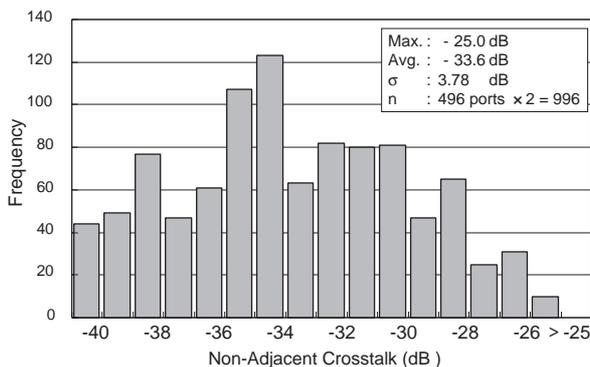


図10 非隣接チャンネルクロストーク測定結果
Histogram for non-adjacent crosstalk of AWG module

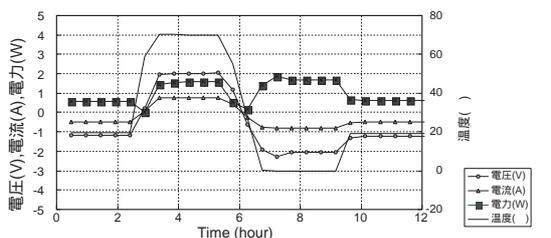
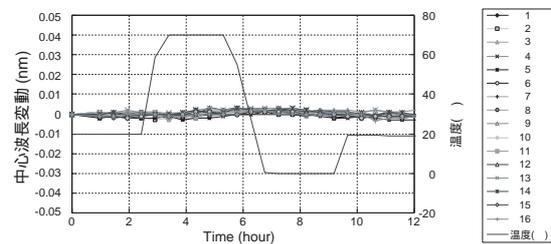
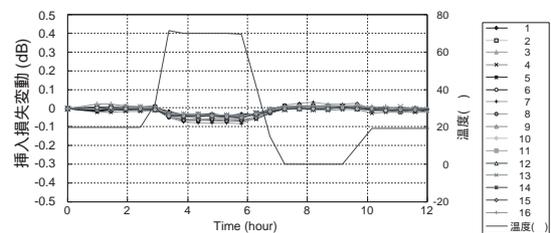


図11 AWGモジュールの温度特性
Temperature dependence of an AWG module

6. シール構造の確認

前述のように、開発したAWGモジュールはシール構造をとっており、高温高湿環境下でもある程度の動作が可能である。このシール構造の有効性を確認するために、温度70℃、湿度90%環境下でAWGモジュールの温度制御を行い、消費電力の推移をモニタした。図12にAWGモジュールにシール構造がない場合（非シール構造）と、シール構造を採用した場合の消費電力の温度制御時間依存性を示す。非シール構造の場合、試験開始直後から消費電力が増加し、1時間足らずで温度制御システムが暴走してしまう結果となった。試験後にカバーを開けたところパッケージ内の結露が確認された。一方、シール構造のAWGモジュールは200時間を経過しても安定した動作が可能であった。

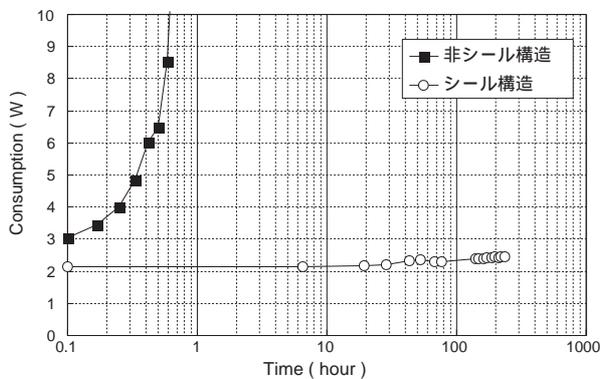


図14 シール構造AWGの耐高温高湿特性
High-temperature, high-humidity performance of sealed package

表2 信頼性試験結果
Results of reliability tests

項目	条件	n	結果	
			挿入損失 変動(dB)	中心波長 変動(nm)
振動	10 ~ 55 Hz, 1.52 mm _{p-p} 3 axes 2 Hours/axes	3	Avg. : 0.03	Avg. : - 0.001
			Worst : 0.20	Worst : - 0.004
			σ : 0.06	σ : 0.002
熱衝撃	- 15 ~ 85 Slope : 2 mins Keep : 30 mins	3	Avg. : 0.01	Avg. : 0.001
			Worst : 0.24	Worst : 0.004
			σ : 0.12	σ : 0.002
低温	- 40 336 Hours	3	Avg. : - 0.04	Avg. : - 0.002
			Worst : - 0.24	Worst : - 0.007
			σ : 0.09	σ : 0.003
ヒート サイクル	- 40 ~ 75 1000 Cycles	4	Avg. : - 0.02	Avg. : - 0.004
			Worst : - 0.18	Worst : - 0.007
			σ : 0.06	σ : 0.002
高温高湿	85 90 %RH 5000 hours	4	Avg. : 0.43	Avg. : - 0.004
			Worst : 0.60	Worst : - 0.030
			σ : 0.09	σ : 0.016

7. 信頼性試験

信頼性試験はベルコアのGR - 1209及びGR - 1221に準拠し、振動試験、熱衝撃試験、低温試験、ヒートサイクル試験、高温高湿試験を行った。各試験条件及び試験結果を表2にまとめる。AWGモジュールの信頼性の確認には、試験による挿入損失、中心波長の変動量を用いた。高温高湿試験は加速条件を早めるために規定の温度よりも10℃高い85℃とした。なお、試験中のAWGモジュールの温度制御は行っていない。また各光学特性は、AWGモジュールの温度制御を室温で測定し、結果は試験前の初期値からの変動量として示した。挿入損失の試験前後の変動量は最大でも0.6 dBであり、故障は見られなかった。

開発したAWGモジュールが高い信頼性を有することを確認した。

8. 結論

我々はDWDMシステムで使用可能なAWGモジュールを開発し、実際にチャンネル間隔100 GHzで16チャンネルのAWGモジュールを試作した。試作したAWGモジュールの特徴は下記のとおりである。

優れた光学特性。

- ・中心波長ずれ： 0.03 nm
- ・挿入損失： 4.5 dB
- ・クロストーク： - 25 dB
- ・PDL： 0.4 dB
- ・反射減衰量： 40 dB

厚さ8.5 mmの薄型構造

放熱フィンを備え、環境温度0℃～70℃での消費電力は5 W以下。

シール構造採用により耐高温高湿特性が向上。

高信頼性（ベルコアGR - 1209及びGR - 1221に準拠した試験をクリア）

これらの結果から、開発したAWGモジュールは、現在普及が進んでいるDWDMシステムで高性能な波長合分波器として活躍が期待できる。

本報告のAWGモジュールのほかに、～42チャンネルといった多チャンネルAWGモジュールや、透過特性の帯域が広いフラットタイプのAWGモジュールを開発している。また、当社では、温度制御のコントローラや、AWGモジュールの各ポートに光パワーモニター及びアラーム機能を備えたMUX/DMUXモジュールの形態での対応も可能である。

参考文献

- 1) H. Onaka et al.; OFC '96, PD-19-1, (1996)
- 2) Y. Yano et al.; ECOC '96, ThB. 3.1, (1996)
- 3) M. A. Scobey and D. E. Spock; OFC '96, ThK1, (1996)
- 4) H. Takahashi et al.; Electron Lett., vol. 26, (1990), 87
- 5) C. Dragone; IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 3, (1991), 812
- 6) K. Okamoto and Yamada; Opt. Lett., vol. 20, no. 1, (1995), 43