

アサーマルAWGモジュール

Athermal AWG Module

1. はじめに

多様化が進む光通信ネットワークを構築するうえで、波長合分波器の役割を担うAWG (arrayed waveguide grating) が主要部品として広く使用されています。AWGの透過波長は、温度依存性を持つことからヒータ、ペルチェ素子などを用いて温度調整しながら使用することが、一般的でした。

そのため、システムとしての高性能化、高機能化が進められている近年においては、システム全体の消費電力の増大、AWGの設置箇所の制限など、次世代のさまざまな光通信ネットワークニーズへの対応に制限があることが問題でした。

このような問題を解決するため、当社は独自の構造、原理を用いて温度調整や電力供給の不要なアサーマルAWGモジュール (PS701シリーズ) を製品化したのでご紹介します。

2. 特徴

AWGは入力、アレイ、スラブ及び出力導波路から構成され、アレイ導波路での光路長差を利用した回折格子です。図1はAWG回路の概略を示したものです。

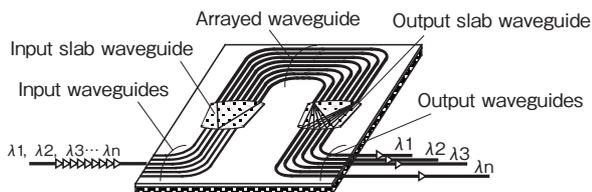


図1 AWG回路の概略
Structure of AWG chip circuit.

環境の温度変化に伴い、光導波路内の屈折率変化やシリコン基板の線膨張により、アレイ導波路でつけられた各波長での位相面に傾きが生じます。これにより、スラブ導波路内での出力導波路への焦点位置ずれが生じてしまいます。これが、AWGの持つ透過波長の温度依存性の主要因で、式(1)で表されます。

$$\frac{d\lambda}{dT} = \frac{\lambda}{n_c} \frac{dn_c}{dT} + \lambda\alpha_s \quad (1)$$

ここで n_c は、アレイ導波路の実効屈折率であり、 α_s は基板であるシリコンの熱膨張係数としています。

$dn_c/dT = 8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 、 $\alpha_s = 3 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ を適用すると、

AWGの温度依存性は $0.011 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ と見積もられます。

このような透過波長の温度依存性の問題を解決するため、当社は図2のように、AWGの回路をスラブ導波路で切断する構造を考案しました。

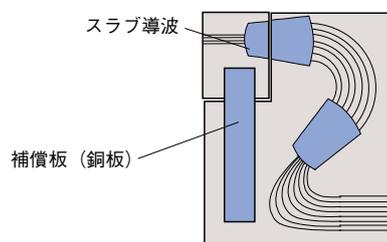


図2 アサーマルAWG回路の概略
Structure of athermal AWG.

AWGの回路は一方のスラブ導波路で切断され、大片と小片に分離されています。そしてこれらの大片と小片は補償板である銅板により接続されています。

図3はスラブ導波路の図であり、温度補償の原理を図解的に示したものです。

	Low temp. ←	Mid.	→ High temp.
Conventional AWG			
Athermal AWG			

図3 温度補償原理
Principle of athermal AWG.

通常のAWGについては、中間温度から環境温度が変化すると、焦点位置は図3のように変化します。一方で、アサーマルAWGでは、環境温度の変化によって焦点位置がずれませんが、温度変化に伴う銅板の伸縮によって、そのずれた焦点位置に射出導波路を移動することにより、常に一定の波長を出力することが可能となっています。

3. 特性

3.1 光学特性

前述の当社独自の原理と構造を用いて、アサーマル化(温度無依存化)した製品の透過波長(中心波長)の温度特性の代表例を図4に示し、透過スペクトルの温度依存性を示す代表例を図5に示します。環境温度の変化に対しても、ITU-T grid波長に対しての中心波長及び透過スペクトルがともに変化及び劣化が無く良好な結果となっています。

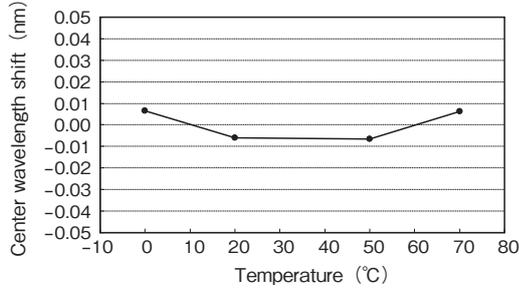


図4 中心波長温度変動
Center wavelength accuracy against environmental temperature.

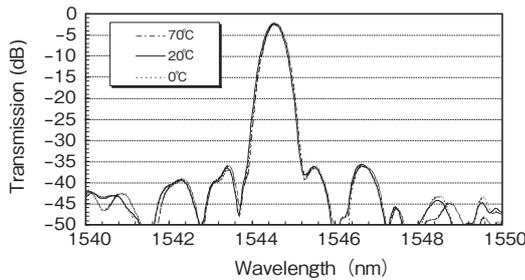


図5 透過スペクトル温度依存性
Temperature dependency of athermal AWG module spectrum.

次に、今回製品化したアサーマル AWG モジュール (PS701 シリーズ) の各光学特性の代表例を表1に示します。挿入損失は、3.5 dB (Gaussian), 4.5 dB (Semi-flat), 6.5 dB (Flat-top) 以下であり、その他の光学特性をみても、非常に良好な結果となっています。パッケージサイズは、 $L130 \times W65 \times T8.5$ (mm) であり、非常にコンパクトなサイズとなっています。(図6)



図6 アサーマル AWG モジュール外観
($L130 \times W65 \times T8.5$ mm)
Appearance of athermal AWG module
($L130 \times W65 \times T8.5$ mm).

3.2 信頼性試験

Telcordia GR-1209 及び 1221 に準拠した信頼性試験による信頼性の確認結果の一部を表2に示します。

各試験において、試験前後での挿入損失変動値及び中心波長変動値は、最大で 0.3 dB 以下及び 0.022 nm 以下と高信頼性を確保していることが分かります。

表1 アサーマル AWG モジュールの光学特性の代表値
Typical optical characteristics of athermal AWG module.

Item	Type	Gaussian			Semi-flat			Flat			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Number of channel			40			40			40		Ch
Channel spacing			100			100			100		GHz
ITU-grid frequency		C-band or L-band									...
Pass band		-0.1		0.1	-0.1		0.1	-0.1		0.1	nm
Centerwavelength accuracy		-0.05		0.05	-0.05		0.05	-0.05		0.05	nm
1dB bandwidth		0.2			0.3			0.4			nm
3dB bandwidth		0.4			0.5			0.6			nm
Insertion loss at ITU-grid			2.0	3.5		4.0	4.5		5.5	6.5	dB
Uniformity of insertion loss				1.0			1.0			1.0	dB
Adjacent crosstalk				-25.0			-25.0			-25.0	dB
Non-Adjacent crosstalk				-30.0			-30.0			-30.0	dB
Total crosstalk				-21.0			-21.0			-21.0	dB
Polarization dependent loss				0.5			0.5			0.5	dB
Polarization mode dispersion				0.5			0.5			0.5	ps
Chromatic dispersion		-15.0		15.0	-20.0		20.0	-20.0		20.0	ps/nm
Return loss		45.0			45.0			45.0			dB
Optical input power				24.0			24.0			24.0	dBm
Package size		130 × 65 × t8.5			130 × 65 × t8.5			130 × 65 × t8.5			mm

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

Reliability Test	Condition	n	Result			
			Insertion loss change (dB)		Center wavelength change (nm)	
Vibration	20 G, 20~2000 Hz 4 min/cycles 4 cycles/axis	14	Ave	0.00	Ave	0.002
			Worst	-0.10	Worst	-0.015
			Std	0.031	Std	0.0056
Impact	500 G 5 times/direction 6 directions	14	Ave	-0.01	Ave	0.000
			Worst	0.11	Worst	0.011
			Std	0.025	Std	0.0046
Temperature cycling	-40 ~ 85℃ 500 cycles	14	Ave	0.00	Ave	-0.003
			Worst	0.17	Worst	0.013
			Std	0.051	Std	0.0060
Damp heat	85℃・85% RH 2000 hours	15	Ave	0.10	Ave	0.012
			Worst	0.30	Worst	0.022
			Std	0.087	Std	0.0050
Low temperature storage	-40℃ 2000 hours	3	Ave	-0.06	Ave	-0.011
			Worst	-0.11	Worst	-0.018
			Std	0.023	Std	0.0075
Temperature-humidity cycling	-40 ~ 85℃ 20 ~ 85% RH 42 cycles	3	Ave	0.02	Ave	-0.014
			Worst	0.09	Worst	-0.020
			Std	0.018	Std	0.0057
Cable retention	1.5, 0.45 kgf 60 sec	11	Ave	0.00	-	
			Worst	0.00	-	
			Std	0.000	-	
Side pull	0.23 kgf 5 sec 90° 2 directions	11	Ave	0.00	-	
			Worst	0.00	-	
			Std	0.000	-	

4. おわりに

当社は、独自の構造、原理を用いて温調や電力供給の不要なアサーマルAWGモジュール(PS701シリーズ)を製品化しました。透過スペクトルは、Gaussian, Semi-flat, Flat-topとリリースしており、良好な光学特性及び信頼性を有しております。

また、今後、WDM-PON用途など屋外仕様アサーマルAWGモジュールも順次製品化する予定です。

<製品問い合わせ先>

情報通信カンパニー ファイタル製品部

光コンポーネント部 新事業推進ユニット

TEL: 0436-42-1676 FAX: 0436-42-1789