

偏波保持型WDMファイバカプラ

光電子技術研究所 大内 康弘*1・深澤 正和*1・田中 大一郎*1
西出 研二*2

Polarization-maintaining WDM Fiber Coupler

Y. Ouchi, M. Fukasawa, D. Tanaka & K. Nishide

偏波面保持WDM (PM-WDM) ファイバカプラは、偏波面を保持した信号光と励起光を合波するデバイスであり、偏波面保持型EDFAのような増幅器に適用される。

今回、溶融延伸技術を基に全ファイバ型980/1,550nm帯 PM-WDMカプラの開発を行った。低挿入損失、低偏波クロストーク等の優れた光学特性、およびTelcordia GR-1209 core, GR-1221 coreの規格に準拠した信頼性試験により、高い信頼性を確保していることも確認された。

A polarization-maintaining WDM (PM-WDM) fiber coupler combines signal and pump power in an optical amplifier with polarization status of the signal maintained. This device is applicable to polarization maintaining (PM) amplifiers.

In this paper, an all-fiber type PM-WDM coupler for 980/1,550nm band has been proposed. Low insertion loss and low polarization crosstalk have been achieved. The high reliability has been also confirmed by Telcordia GR-1209 core, GR-1221 core.

1. ま え が き

近年、インターネットの普及などによる急激な通信需要の増大に対応するため、高密度波長多重 (Dense Wavelength Division Multiplexing, 以下DWDMと略す。) 伝送技術のさらなる高密度化が求められている。しかし、このようなDWDMでは、隣接チャンネル間のクロストークが深刻な問題となってくる。そこで、波長多重時に隣接チャンネル同士を偏光に関して直交状態させることにより、隣接チャンネル間の相互作用を低減させ、周波数利用効率を高める手法が注目されている¹⁾²⁾。このような偏波インタリーブ多重伝送技術を採用する場合、偏波面を保持したまま信号光を増幅することができる、偏波面保持型エルビウム添加光ファイバ増幅器³⁾ (Polarization maintaining Erbium-doped Fiber Amplifier, 以下PM-EDFAと略す。) 等のような光増幅器が必要不可欠である。図1にPM-EDFAの基本構成を示す。このPM-EDFAにおいては、励起光と信号光を合波するための偏波面保持型合波器 (Polarization Maintaining Wavelength Division Multiplexing Coupler, 以下PM-WDMカプラと略す。) が必要となってくる。

今回、溶融延伸技術を用いて、低雑音性の点で有用な

980nm帯励起アンプに適用できる980/1,550nm帯 PM-WDMカプラの開発を行った。これまでに、低挿入損失、低偏波クロストークという優れた光学特性が得られている。また、Telcordiaの規格に準拠した信頼性試験により、高い信頼度特性を持つことも確認されている。

本報ではこの980/1,550nm帯 PM-WDMカプラに関して光学特性、信頼性について詳細に報告する。

2. 全光ファイバ型PM-WDMカプラの構造

図2にPM-WDMカプラの動作、図3に偏波保持光ファイバ (PANDAファイバ) の断面図を示す。980/1,550nm帯 PM-WDMカプラは、slow偏波軸で入射した信号光 (1,550nm帯) の偏波状態を保持しながら励起光 (980nm

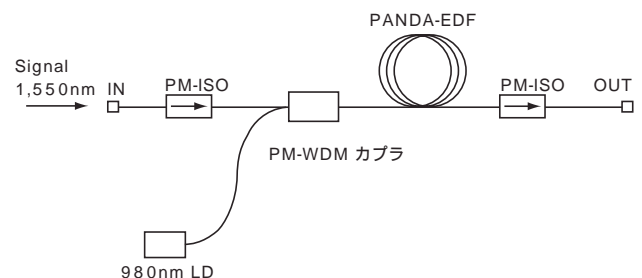


図1 PM-EDFAの構成
Configuration of PM-EDFA

*1 光通信研究部

*2 光通信研究部グループ長

帯)と合波するものであり、このとき入射される励起光はあらゆる偏波状態で動作可能となっている。

このPM-WDMカプラは、2本のPANDAファイバの偏波軸を精密にあわせて平行に整列させた上で、融着延伸して作製される。所望の特性が得られた時点で、延伸を終了し、補強のための基盤に固定される。この構造は、すでに実績のある全ファイバ型偏波ビームコンバイナ(All Fiber PBC, 以下AF-PBCと略す)⁴⁾⁵⁾⁶⁾とほぼ同じ構造であり、高い信頼性が期待できる。また、広く製造されている光ファイバカプラと同一構造をとることにより、低価格化も期待できる技術である。

図4にPM-WDMカプラの外観を示す。パッケージ寸法は、L70mm×3.0mmと小型で、アンプへの組み込みが容易となっている。

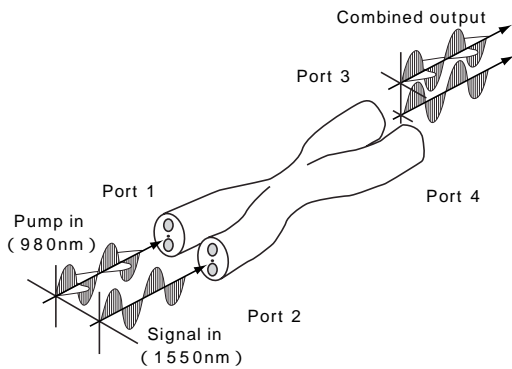


図2 PM-WDMカプラの動作
Operation of PM-WDM coupler

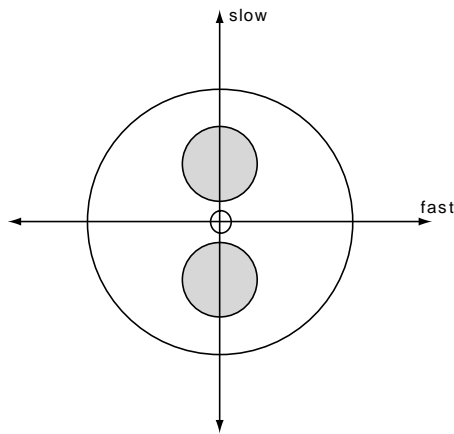


図3 PANDAファイバの断面図
Cross-section of PANDA fiber



図4 PM-WDMカプラの外観
External view of PM-WDM coupler

3. 光学特性

3.1 挿入損失

これまでに得られている980/1,550nm帯用PM-WDMカプラの挿入損失特性の一例を図5, 6に示す。

980/1,550nm帯用PM-WDMカプラの挿入損失は、信号光の中心波長である1,550nmにおいて約0.15dBであり、1,530nm~1,570nmの範囲における波長依存性も0.1dB以下である。また、動作温度範囲(0~70)における温度依存性も0.1dB以下と非常に優れた挿入損失特性をしめしている。さらに、励起光に関しても960nm~1,000nmの範囲において0.1dB以下の挿入損失を達成しており、温度依存性もほとんどないことが特徴である。

3.2 偏波クロストーク

偏波クロストークとは偏波保持特性を示す指標であり、本デバイスの使用用途を考えると、信号光の偏波クロス

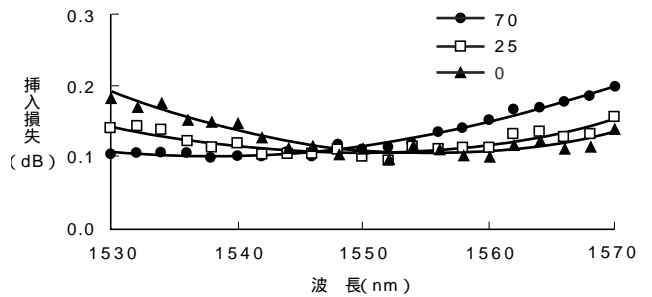


図5 信号光の挿入損失特性
Insertion loss characteristics of signal light

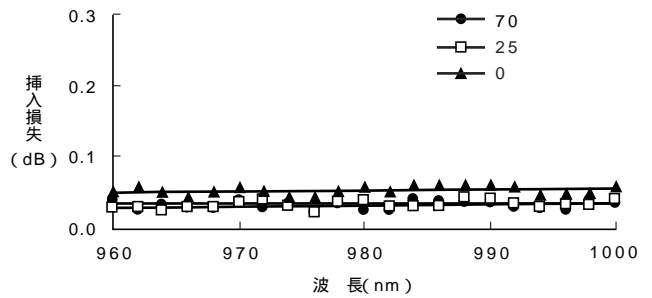


図6 励起光の挿入損失特性
Insertion loss characteristics of pump light

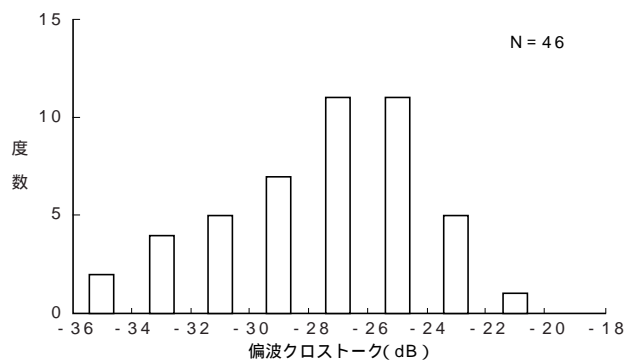


図7 偏波クロストークのヒストグラム
Histogram of polarization cross talk

トックはPM-EDFAの増幅特性に直接影響するため、劣化がなくてはならない最も重要な因子の一つである。この偏波クロストークの値は、製造時における2本のPMファイバの偏波軸の角度ずれと、カプラを基盤に固定する際に使用する接着剤により発生する応力により劣化することが知られている⁶⁾。今回開発したPM-WDMカプラでは、2本のファイバの偏波軸のアライメントを正確に行い、ファイバにかかる応力を減らすことで偏波クロストーク劣化を極力抑えている。

図7に今回開発した980/1,550nm帯用PM-WDMカプラの偏波クロストークのヒストグラムを示す。偏波クロストークの平均値は - 27dB (at 1,550nm) 以下と、実用的な偏波保持特性を有している。

4. 信頼性

PM-WDMカプラは、溶融延伸技術を基に作製されるので、従来カプラと同様に高い信頼性が得られる。

980/1,550nm帯 PM-WDMカプラについて、Telcordia GR-1209 core規格に準拠した5種類の試験を連続的に行った結果を以下に報告する。実施した試験項目と試験条件を表1に、試験前後での挿入損失の変化を図8に示す。挿入損失の平均変動量は信号光においては0.1dB以下、励起光においても0.1dB以下であり、従来の融着型光ファイバカプラと同等の高信頼度を確保できていると言える。

さらに、長期信頼性を確認するために、Telcordia GR-1221coreの規格に準拠した信頼性試験を行った。図9、10に挿入損失の変動量を示す。2,000時間におよぶ高温高湿試験 (85 / 85%RH)、ヒートサイクル試験 (- 40 ~ 85 : 1サイクル8時間) とともに、挿入損失の平均変動量が、信号光において0.1dB以下、励起光においても0.1dB以下と安定な特性を有することが確認された。

また、近年のDWDMの伝送システムでのチャンネル数増加にともない、光増幅器の必要励起光パワーも高くなっ

表1 信頼性試験項目
Item list of reliability test

(1) 高温高湿試験	85 85%RH 336h
(2) 温度サイクル試験	75 / - 40 42サイクル (サイクル: 8h)
(3) 浸温水試験	43 168h
(4) 振動印加試験	10 - 55Hz 3軸各2h
(5) 衝撃印加試験	1,000G 1ms 3軸各8回

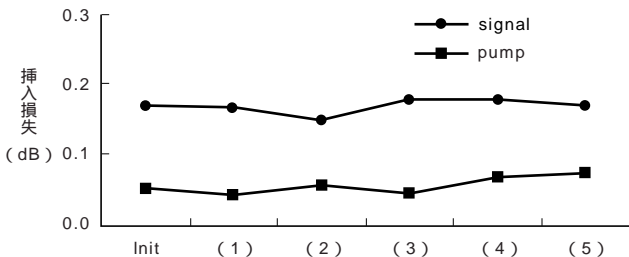


図8 信頼性試験結果
Result of reliability test

*グラフの横軸の番号は表1の番号と一致

ていることから、システムそのものを構成する光部品についての耐光性も要求されている。今回開発したPM-WDMカプラは従来カプラと同様に光の経路がファイバの外部に漏れることのない溶融延伸型であるので、高光入力パワーに対しても特性劣化がないことも確認されている。

5. PM-WDMカプラの応用

PM-WDMカプラの励起光の入射軸は両偏波軸で動作可能なので、slow軸とfast軸を同時に入射することができるという利点がある。つまり、図11に示すように、当社がすでに提案しているAF-PBCによって偏波合成されたハイパワーの励起光を信号光と効率良く合波することができる。このように溶融延伸型の光部品を組み合わせることによって、低損失、高信頼性、低価格、および小型化が可能なハイパワーポンプモジュールを実現することができ

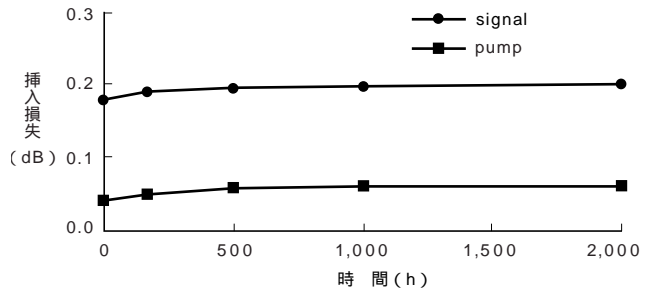


図9 高温高湿試験結果
Result of damp heat test

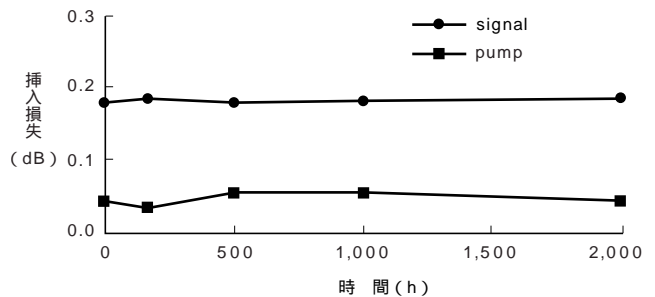


図10 ヒートサイクル試験結果
Result of heat cycle test

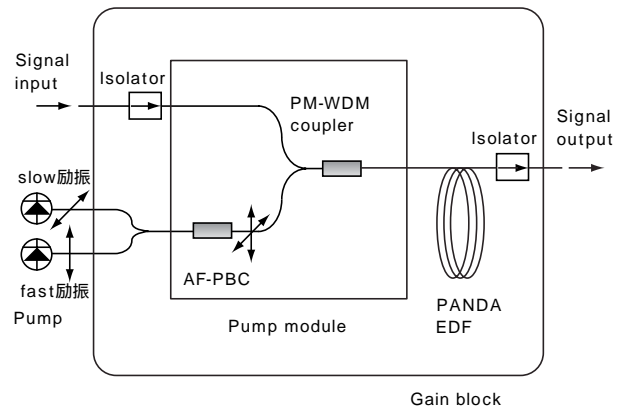


図11 ハイパワーポンプモジュールの構成
Configuration of high power pump module

きる。このような構造は、PM-EDFAなどの光増幅器において、非常に有用であると考えられる。

6. む す び

980/1,550nm帯用PM-WDMカプラの特性について報告した。PM-WDMカプラは低挿入損失、低偏波クロストーク等の優れた光学特性のみならず、高信頼性をも有していることを確認した。

本PM-WDMカプラは、偏波インタリーブ多重伝送技術などに応用され、DWDMの伝送容量拡大に大きく貢献することが期待される。

参 考 文 献

- 1) T. Ito, et al. : Feasibility Study on Over 1 bit/s/Hz High Spectral Efficiency WDM with Optical Duobinary Coding and Polarization Interleave Multiplexing, OFC'97, paper TuJ1, 1997
- 2) K.Fukuchi, et al., : 10.92-Tb/s (273×70-Gb/s) Triple-band/Ultra-dense WDM Optical-repeated Transmission Experiment, OFC'01, PD24, 2001
- 3) T.Sakai, K.Himeno, S.Okude, A.Wada and R.Yamauchi : Optical Amplifiers and Their Applications, 1995 OSA Technical Digest Series, Vol.18, FC6-1, 1995
- 4) H. Sasaki, D. Tanaka, R. Matsumoto, K. Nishide and R. Yamauchi : Low Loss, High Reliability All Fiber Polarization Beam Combiner, OECC'00, 12B1-4, 2000
- 5) D.Tanaka, H.Sasaki, R. Matsumoto, K.Nishide and R.Yamauchi : 980nm and 1480nm Pump Power Doublers for EDFAs by Using a Novel PM Fiber Type Polarization Beam Combiner, NFOEC'01, Vol. 2, pp.196, 2000
- 6) Y.Dai : Relation between External Stresses and the Degradation of Extinction Ratio of Polarization Maintaining Fiber, NFOEC'01, Vol. 1, pp.480, 2000