

10 完全パッシブ・アライメント型 WDM モジュール

All Passive Alignment WDM Modules

宮下 拓也	Takuya Miyashita	中央研究所	研究開発部	
請地 光雄	Mitsuo Ukechi	中央研究所	研究開発部	集積光技術担当課長
小峰 有美子	Yumiko Komine	中央研究所	研究開発部	
西村 哲也	Tetsuya Nishimura	中央研究所	研究開発部	
平山 智士	Satoshi Hirayama	中央研究所	研究開発部	
加来 良二	Ryoji Kaku	中央研究所	研究開発部	微細加工技術担当課長

キーワード：FTTH，WDM モジュール，光導波路，ポリイミド，フィルタ，シリコン V 溝，パッシブ・アライメント

要 旨

マルチメディア社会の光アクセス系通信（交換局と各企業、家庭とを結ぶ光ネットワーク）実現に向け官民一体で FTTH（Fiber To The Home）の整備が進行しています。FTTH を実現するためには低価格の光通信機器 ONU（Optical Network Unit）が必須であり、ONU の中でも特にキー・パーツとなる WDM（Wavelength Division Multiplexing）モジュールの小型／低価格化が普及の鍵を握っています。

そこで我々は ONU への適用を目的に経済性に優れたポリマー（フッ素化ポリイミド）光導波路に着目し、モジュールに必須な WDM 機能を集約したフィルタ付ポリイミド導波路を開発しました。開発したフィルタ付ポリイミド導波路は WDM モジュール用途に適用可能であることを確認しています。さらに組立コストを低減するためにフィルタ付ポリイミド導波路とシリコン V 溝基板を組合わせた完全パッシブ・アライメント型 WDM チップを試作しました（写真 1）。今後は ONU への適用実現を目指します。

SUMMARY

Government and industry in Japan are working together to advance Fiber To The Home (FTTH) infrastructure with the aim of realizing optical access communications (an optical network that links exchanges, enterprises and homes) for a multimedia society. Low cost optical network units (ONUs) are essential to achieve FTTH, and the key to their success is the miniaturization and price reduction of Wavelength Division Multiplexing (WDM) modules, a particularly key device among ONUs.

In recognition of this, we focused on a highly economical polymer (fluorinated polyimide) waveguides with the aim of applying it to ONUs, and developed a filter-equipped polyimide waveguides that concentrates all of the essential WDM functions in the module. We have confirmed that this newly developed polyimide waveguides with a filter can be employed for WDM module applications. In addition, we also produced a prototype of a complete passive-alignment WDM chip that combines the filter-equipped polyimide waveguides and silicon V-groove substrate in order to further reduce assembly costs. In the future, we aim to apply this WDM chip to ONUs.

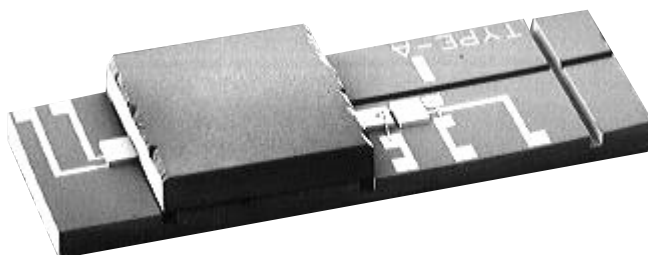


写真 1 開発した ATM-PON 用 WDM チップ

1 はじめに

現在、マルチメディア社会に向けアクセス系への光通信網の構築が進行しています。アクセス系を全て光化するFTTHが実現するとユーザー宅では多様なサービスが利用でき、各家庭に光通信機器ONUが設置されることから光通信業界にとっては大規模な市場が生まれることになります。

ATM (Asynchronous Transfer Mode) 方式の高速光通信サービスを行うFTTH(ATM-PON)では音声 / 映像 / データ等全てをデジタル光信号化し、各家庭と交換局との通信は上り (光波長 $1.31\mu\text{m}$) / 下り (光波長 $1.55\mu\text{m}$) を一芯の光ファイバーで同時双方向通信するシステム形態となります (図 1)。そこで各家庭の ONU 内では 2 波長の信号を合分波する WDM 機能と、光信号を送受信 (LD/PD) するための機能が必須となります。

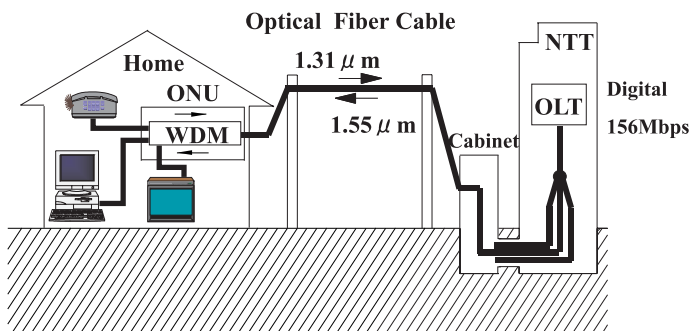


図 1 FTTH (ATM-PON) の構成

FTTHを成功させるためには高機能かつ低価格なWDMモジュールの開発が鍵を握っています。しかし、従来のONUはファイバ・ピグテール型の単一機能素子を手組みで筐体に収納することから量産性に乏しく、筐体はファイバを収納するため大型でトータル的に非常に高価な機器となっていました (図 2)。そこでFTTHの計画を機会に小型な集積型モジュールの開発が現在盛んに行われ、最も有望視されているのが導波路型集積モジュールです。石英導波路基板PLC (Planar Lightwave Circuit) をベースに光素子を機械的精度のみで実装したモジュールで既に実用性能をほぼクリアする段階にあります。しかしながらプロセス / アセンブリコスト等が高く市場価格に見合うほどの低価格化を実現するのは難しい状況です。

そこで我々はONUへの適用を目的に特に低価格化を念頭においた集積型WDMモジュールの開発を行っています。低価格化の観点から経済性に優れたポリマー (フッ素化ポリイミド) 光導波路を採用し、モジュールに必須なWDM機能を集約したフィルタ付ポリイミド導波路を開発しました。(1) (2) さらに組立てコストを低減するため光ファイバ接続用のシリ

コンV溝基板と合わせ、全ての実装をパッシブ・アライメントとした新構造WDMチップを試作しました。(3) (4) (5)

本稿では当社の光導波路 / フィルタ / シリコンV溝及び高精度実装技術をインテグレートした新構造WDMモジュールについて報告します。

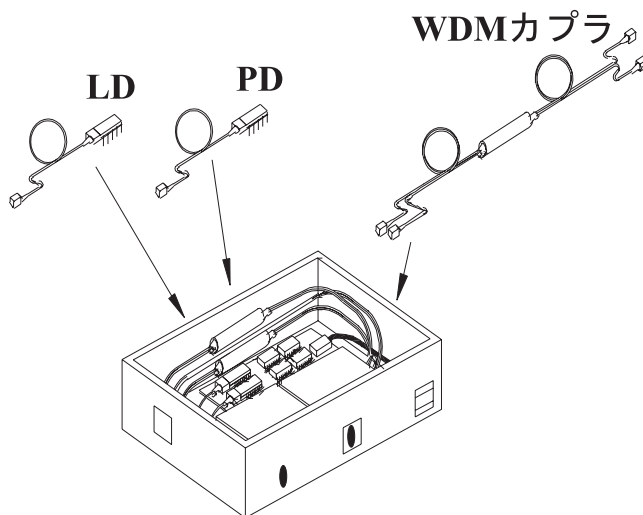


図 2 従来型の ONU

2 フィルタ付ポリイミド導波路を用いた新構造 WDM モジュールの構成

ONUへの適用を目的に各社が取り組んでいる集積型WDMチップの代表例を図3に示します。現在の主流となっている構成で石英導波路基板PLC上に光送受信用のLD/PDが搭載され、導波路の途中に波長合分波用のWDMフィルタが挿入されています。この基本構成において局からの下り信号 ($1.55\mu\text{m}$) は導波路 / フィルタを透過してPDで受信され、家庭からの上り信号 ($1.31\mu\text{m}$) はLDから導波路を通りフィルタで反射され局へ送信されます。このモジュールにおいては現在までに実用的な性能が確認されていますが、課題も明確になってきました。このモジュールの課題は

- 石英導波路基板自体のプロセス・コストが高い
- フィルタの挿入プロセスが困難で量産性に乏しい
- ファイバの接続はアクティブ調芯でアセンブリ・コストが高い

ことです。実用的な性能を有するもののコスト面で課題を抱えています。

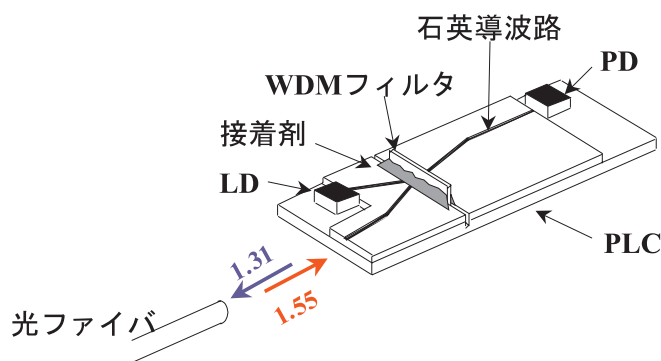


図3 集積型WDMチップの代表例

そこで我々は低価格化の観点から経済性に優れたポリマー（フッ素化ポリイミド）材料を用いて光導波路基板の開発を行い、上記の 基板自体のローコスト化を実現しました。またモジュールに必須なWDMフィルタを導波路の端面に直接成膜したフィルタ付ポリイミド導波路の開発により上記のフィルタの挿入プロセス及びフィルム実装に伴う接着剤やフィルム基材が不要となりました。さらにポリマー導波路のプロセス温度が低い（ポリマー導波路は400 以下に対して石英導波路は1000 程度）利点から設計自由度が増しシリコンV溝との組合わせ用メタルマーカや半田層等を導波路基板に一括形成することが可能（図4-1）となりました。この構造によりフィルタ付ポリイミド光導波路とシリコンV溝基板を組合わせることで上記の ファイバ接続がパッシブ調芯となります。つまり、シリコンV溝基板上に導波路デバイス / LD / PD をフリップ・チップ・ボンディングで実装することにより完全なパッシブ・アライメント構造のWDMチップがJAEの独自構造として完成します（図4-2）。

導波路コアとメタルマーカ位置精度 $\pm 0.2\mu\text{m}$ 以下

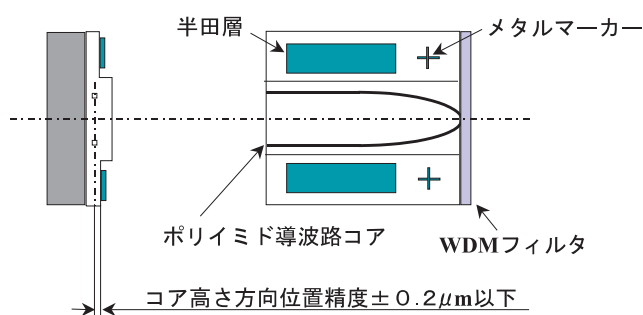


図4-1 WDMフィルタ付ポリイミド導波路

3 WDMフィルタ付ポリイミド導波路の特性

当社独自構造のWDMモジュールを実現するには新規開発のフィルタ付ポリイミド導波路の実用性能の可否が重要な開発要素となります。

表1に光通信波長1.31/1.55 μm におけるWDMフィルタ付ポリイミド導波路の伝送特性を示します。特性値はファイバと導波路の結合損失 / 2 端を含んでいます。開発したフィルタ付ポリイミド導波路には1.3 μm 帯反射 / 1.5 μm 帯透過のWDMフィルタが直接成膜しており、サイズは2.8 × 3.0 mmです。表1より開発したWDMフィルタ付ポリイミド導波路は目標スペックをクリアする良好な特性であることがわかります。

FTTH(ATM-PON)で使用される光素子は1.31/1.55 μm の中心波長に対して帯域で $\pm 0.05\mu\text{m}$ が許容されています。逆に導波路側では光源波長がシフトしても安定した特性が要求されます。図5にWDMフィルタ付ポリイミド導波路の透過スペクトルを示します。図5より広い波長帯域で実用的な伝送特性を維持していることがわかります。

開発したWDMフィルタ付ポリイミド導波路とシリコンV溝基板を半田接合したWDMチップを写真1に、さらにこの新構造WDMチップをプラスチック・パッケージ内に実装したWDMモジュールを写真2に示します。WDMチップ用シリコンV溝基板のサイズは8.0 × 3.0 mm、です。フリップ・チップ・ボンディングにより $\pm 1.5\mu\text{m}$ 以内の高精度実装を実現しました。

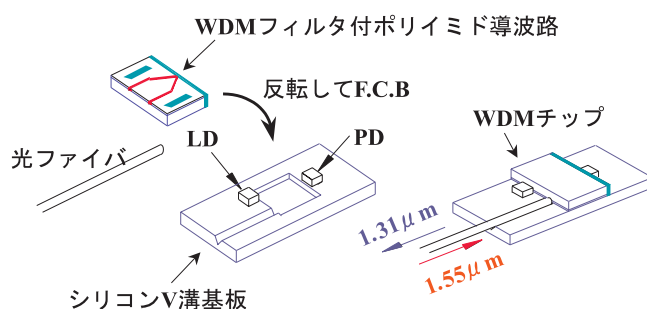


図4-2 新構造WDMチップ

表 1 フィルタ付導波路の伝送特性

項目	目標スペック	測定値
挿入損失	1.3 port COM port	1.5dB
	COM port 1.5 port	1.4dB
アイソレーション	1.3 port 1.5 port	30dB
	COM port 1.3 port	15dB

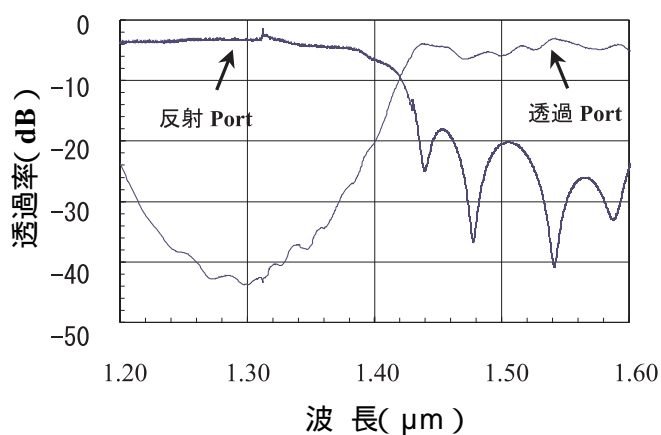
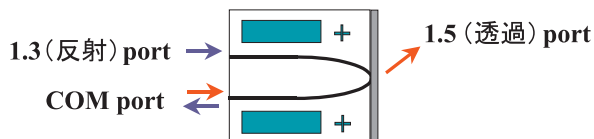


図5 フィルタ付導波路の透過スペクトル

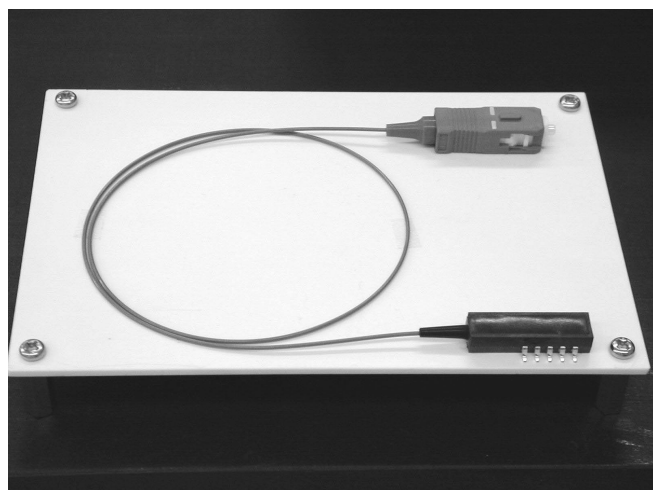


写真2 WDM モジュール

4 むすび

WDM モジュール開発の目的はアクセス系光通信機器 ONU への適用です。すなわちアクセス系への普及の観点から低価格化、量産化を常に念頭に置いた開発が必要です。

その観点から、今回我々のWDMモジュール構成が高いポテンシャルを持っていることを確認しました。従来構造の導波路型デバイスの課題を補うことで低価格化に目処がたち実用的な特性も得られたことから、今後はONUへの適用実現を目指します。

[参考文献]

- (1) 宮下 他 “集積型光デバイス用ポリミド光導波路” 航空電子技報, NO22, p71(1999)
- (2) M.Ukechi et al. "The WDM Module (for ATM-PON) using Fluorinated Optical Waveguides" Int.POF Conf. 99, PJ5 (1999)
- (3) 請地 他 “完全パッシブ・アライメント型FTTH用光モジュール” 信学技報、OFT 99-31, p05 (1999)
- (4) 宮下 他 “フィルタ付ポリミド導波路 / Si-V 溝をインテグレートした新構造 WDM モジュール” 信学会総合大会論文集, C-3-25 (1999)
- (5) M.Ukechi et al. "A New Concept for the WDM Module using a Waveguide equipped with Filter" OFC 2000 Tech.Digest, WF6 (2000)