

FTTH 向け屋外設置用小型光スプリッタモジュール

光ケーブルシステム開発センター 百津仁博¹・緒方和也²

Compact Optical Splitter Module for FTTH Outside Plant

N. Momotsu, and K. Ogata

Fiber To The Home (FTTH) を経済的に構築するネットワークとして Passive Optical Network (PON) システムが広く普及してきている。PON システムでは、1本の光ファイバを複数のユーザが共用するため、光信号を分岐する光スプリッタが不可欠となる。近年、光スプリッタの敷設工事を簡素化するため、モジュール化、コネクタ化された Plug & Play できる構造が求められている。また、光スプリッタモジュールは、屋外に設置されるため、厳しい環境に耐えられる高い信頼性が必要であり、さらに、小型化、低コスト化も要求される。そこで、当社では経済性に優れた難燃プラスチック樹脂を筐体に用いて、屋外設置環境に耐えられる光スプリッタモジュールを開発した。光スプリッタモジュールは、良好な光学特性を有し、十分な信頼性があることを確認した。

Passive optical network (PON) system has expanded extensively as an optical network in the construction of Fiber To The Home (FTTH) economically. To allow multiple users to share an optical fiber in a PON, the optical splitter that branches an optical signal is indispensable. Recently, plug-and-play structures that make use of modules and connectors are desired to simplify the installation construction of optical splitters. Moreover, because the splitter module is installed in the outside plant, high reliability that can endure harsh environmental conditions is a critical requirement. In addition, compactness and cost savings are also important considerations. Therefore, we have developed an optical splitter module that is able to endure the outside plant installation environment by economically using a superior flame-retardant plastic resin for the module case. We have confirmed that the optical splitter modules have excellent optical characteristic and sufficient reliability.

1. ま え が き

FTTH を経済的に構築するネットワークとして、PON システムが広く普及してきている。PON システムでは、図 1 に示すように、局から引かれている 1本の光ファイバを途中で分岐して複数のユーザに 1本ずつ配線する。したがって、局から伝送される 1つの光信号を複数のユーザが共用するため、1ユーザあたりのコストが安くなるという特長がある。光信号を分岐する光部品としては、主に Planar Lightwave Circuit (PLC) 型光スプリッタが用いられており、最大 32 心まで分岐できる。

FTTH の敷設工事を簡素化するには、FTTH を構成する物品が Plug & Play (敷設現場で、光ファイバの処理や専用工具等を用いることなく、つなぐだけで機能を果たす) できることが有効な手段であるため、モジュール化、コネクタ化された構造が求められる。また、敷設後の配線変更を容易に行うため、コード付きピグテール構造が

求められる。さらに、北米での PON システムでは、Fiber Distribution Hub (FDH) と呼ばれる屋外キャビネットに光スプリッタモジュールが設置されるため、厳しい環境に耐えられる高い信頼性が必要である。FDH の内部スペースは限定されているため、小型化、軽量化も求められる。

FTTH の普及には、低コスト化が必須のため、筐体には経済性に優れた難燃プラスチック樹脂を用いて、屋外環境に耐えられる小型光スプリッタモジュールを開発した。本稿では、1 × 16 光スプリッタモジュール、1 × 32

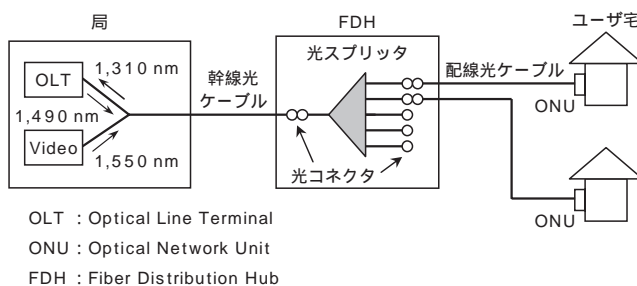


図 1 PON システム
Fig. 1. PON system.

¹ 光ケーブルシステム開発センター

² 光ケーブルシステム開発センターグループ長

光スプリッタモジュール，ならびにWavelength Division Multiplexing (WDM) を組み込んだ2 × 32 WDM光スプリッタモジュールの諸特性および信頼性に関する評価結果について報告する．

2. 構造

2.1 PLC型光スプリッタ

図2に1心の光ファイバを32心に分岐する1 × 32 PLC型光スプリッタの構造を示す．PLCは石英ガラスに光導波回路が形成されたものであり，その回路パターン設計により必要な分岐数を得ることができる．PLCと光ファイバは，紫外線硬化樹脂で接続されているが，その接続部はTelcordia GR-1209, GR-1221 に準拠した試験を満足しており，十分な信頼性が確保されている¹⁾²⁾．なお，モジュール化での小型化を図るため，曲げに強いSM石英ファイバ³⁾(Future Guide®-SR15)を使用している．

2.2 筐体

図3に開発した光スプリッタモジュールの構造を示す．許容曲げ半径が15 mmの光ファイバを使用したため，筐体の大きさは118 mm × 87 mm × 13 mmとなっている．許容曲げ半径が30 mmの通常SM光ファイバで収納した場合より，3/5の筐体面積で設計できている．また，難燃プラスチック樹脂を使用したため，金属筐体と比較して1/3の重量となる．

図4に筐体内部の構造を示す．ピグテールの引留め部材は，2 mm光ファイバコードが接着剤で固定されており，光ファイバコードの許容引張り強度である68.6 Nに耐えられる構造となっている．さらに，光ファイバコードの内部では光ファイバ素線が自由に動くルースチューブ構造になっているため，光ファイバコードの温度伸縮

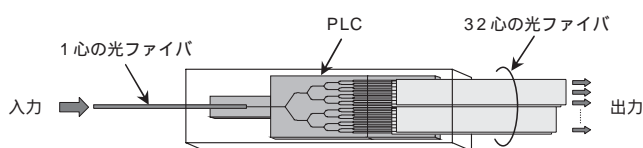


図2 1 × 32 PLC型光スプリッタ
Fig. 2. 1 × 32 PLC splitter.

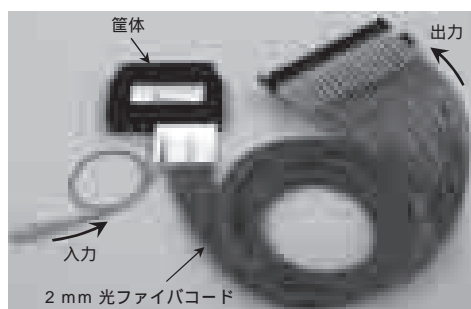


図3 1 × 32 光スプリッタモジュールの外観
Fig. 3. External structure of 1 × 32 splitter module.

があっても，光ファイバ素線には影響しない構造となっている．

図5にブーツの模式図を示す．光ファイバコードが筐体の際で屈曲して，光損失が増加するのを防ぐため，ブーツは蛇腹構造となっている．ブーツの硬度，肉厚，溝の数量，間隔等を最適化することで，どの光ファイバコードを90°方向に引っ張っても，曲げ半径が15 mm以上確保できるように設計されている．

3. 諸特性

3.1 FDHへの敷設作業性

図6に光スプリッタモジュールをFDHに敷設した外観

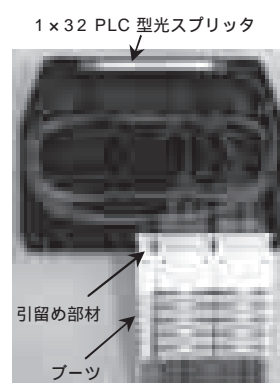


図4 1 × 32 光スプリッタモジュールの内部構造
Fig. 4. Internal structure of 1 × 32 splitter module.

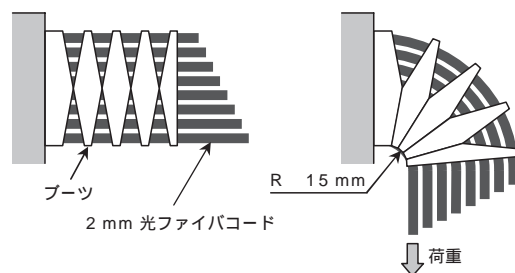


図5 ブーツの模式図
Fig. 5. Model of strain relief boot.

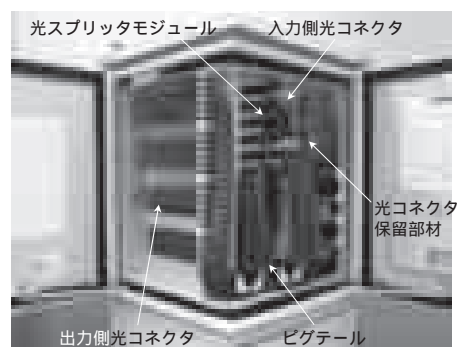


図6 FDHに敷設された光スプリッタモジュール
Fig. 6. Installed splitter modules in FDH.

を示す。筐体、光コネクタおよび光コネクタ保留部材は、すべてラッチ機構部が取り付けられているため、FDHのパネルにはめ込むだけで固定できる。ピグテールは、Uの字を描くように配線スペースに収納するだけのため、非常に簡単に短時間で敷設することができる。

3.2 初期光学特性

この筐体を用いて、1×16および1×32光スプリッタモジュールを作製した。実際に光スプリッタモジュールが敷設される現場では、しばらくの間は未使用ポート（サービスインされていないポート）がほとんどであり、そのポートからの端面反射を防ぐため、Angled Physical Contact (APC) 研磨を施したSC型光コネクタを取り付けた。以下に示す光学特性は、光コネクタの光学特性も含めた値となっている。

図7, 8に1×16および1×32光スプリッタモジュールの挿入損失を示す。波長1,310 nmでの平均値は、1×16が13.23 dB, 1×32が16.33 dBであり、波長1,550 nmでは、1×16が13.10 dB, 1×32が16.22 dBである。また、波長1,310 nmでの標準偏差は、1×16が0.29 dB, 1×32が0.34 dBであり、十分に安定した低い値が得られている。その他の光学特性項目について測定した結果を表1に示す。挿入損失だけでなく、ポート間均一性、反

射減衰量、およびPDLについても、ばらつきが小さく安定した結果が得られている。

3.3 波長特性

図9に1×32光スプリッタモジュールの挿入損失波長依存性を示す。1個あたりの出力ポート数である32心における平均値、最大値、最小値を示す。波長1,260 nmから1,680 nmの範囲において、平均損失変化量が0.36 dB, 全ポートでの損失変化量が0.86 dBであり、広い波長範囲にわたって低損失な結果が得られた。

今回開発した光スプリッタモジュールでは、様々な光部品を収納して、光スプリッタを多機能化させることが

表1 光学特性測定結果

Table 1. Measurement result of optical characteristics.

種類	N数(心)	1×16			1×32		
		目標値	20個(320心)		目標値	20個(640心)	
測定波長(nm)			1,310	1,550		1,310	1,550
挿入損失(dB)	最大	14.0	13.76	13.74	17.5	17.09	17.12
	平均		13.23	13.10		16.33	16.22
			0.29	0.23		0.34	0.28
ポート間均一性(dB)	最大	1.2	0.93	0.82	1.5	1.36	1.17
	平均		0.66	0.46		0.81	0.70
			0.18	0.18		0.23	0.19
反射減衰量(dB)	最小	55	57.8	57.2	55	57.2	57.1
	平均		65.5	66.5		64.8	66.1
			2.80	2.40		2.15	2.29
PDL(dB)	最大	0.3	0.17	0.19	0.3	0.19	0.18
	平均		0.07	0.07		0.07	0.06
			0.03	0.02		0.03	0.02

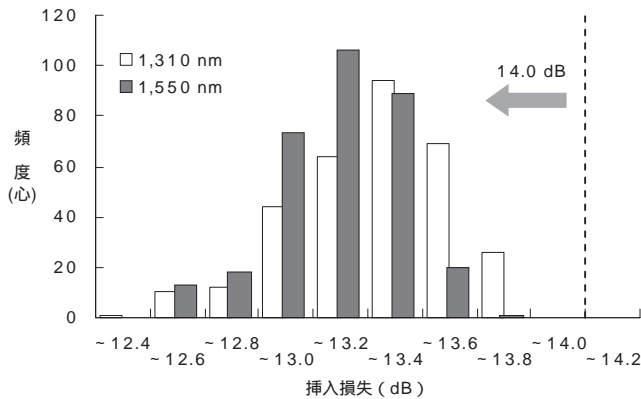


図7 1×16光スプリッタモジュールの挿入損失
Fig. 7. Insertion loss of 1×16 splitter module.

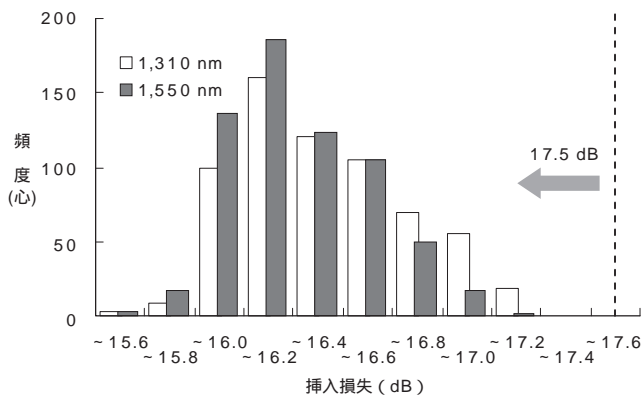


図8 1×32光スプリッタモジュールの挿入損失
Fig. 8. Insertion loss of 1×32 splitter module.

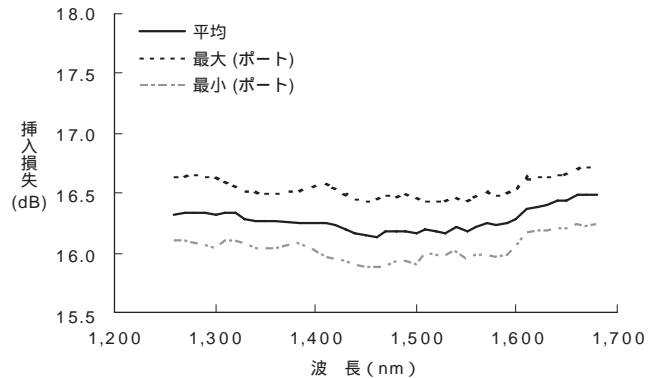


図9 1×32光スプリッタモジュールの挿入損失波長依存性
Fig. 9. Wavelength dependence of insertion loss for 1×32 splitter module.

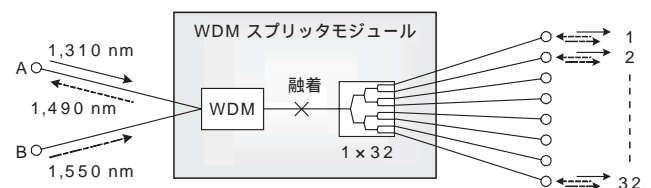


図10 2×32 WDM光スプリッタモジュールの構成
Fig. 10. Configuration of 2×32 WDM splitter module.

できる．一例として，図 10 に 2 × 32 WDM 光スプリッタモジュールの構成を示す．WDM フィルタを 1 × 32 光スプリッタモジュールの前段に組み込んで，1 心 3 波多重（上りデータ信号は 1,310 nm，下りデータ信号は 1,490 nm，映像信号は 1,550 nm）に適応できる構成とした．

図 11 に 2 × 32 WDM 光スプリッタモジュールの挿入損失波長依存性を示す．WDM フィルタによって B ポートを伝搬する波長範囲は，1,530 nm から 1,570 nm であり，その他の波長範囲は A ポートを伝搬する．A ポートおよび B ポートの挿入損失波長依存性は，均等に 32 分岐されており，各ポートにおける波長伝搬範囲では，低損失で良好な結果が得られている．

3.4 温度特性

ピグテール構造となった光部品では，温度変化による光ファイバコードの伸縮にともなって，挿入損失が変動することがある．今回開発した光スプリッタモジュールでは，光ファイバ素線が光ファイバコードの内部を自由に動くルースチューブ構造となっているため，光ファイバコードの伸縮による光ファイバ素線への影響が小さい．図 12 に - 40 から + 85 における 1 × 32 光スプリッ

タモジュールの挿入損失温度依存性を示す．測定波長は 1,550 nm とし，1 個あたりの出力ポート数である 32 心における平均値，最大値，最小値を示す．32 心全てのポートにおける最大値と最小値の差が 0.17 dB であり，十分に安定した結果が得られている．

4. 信頼性

1 × 32 光スプリッタモジュールについて，Telcordia GR-1209，GR-1221 に準拠した試験を行い，その結果を表 2 に示す．測定波長は 1,550 nm とし，1 個あたりの出力ポート数である 32 心における平均値，最大値を示す．横引張り試験とケーブル保持試験では，光ファイバコードに引張荷重を加えている間の最大損失変動量を示す．その他の試験項目では，試験前と試験後における挿入損失の差であり，光コネクタの着脱再現ばらつきを含めた値となっている．各試験項目において，1 × 32 光スプリッタモジュールに要求される挿入損失目標値を満足する結果が得られており，高い信頼性があることを確認した．

表 2 1 × 32 光スプリッタモジュールの信頼性試験結果
Table 2. Reliability test result of 1 × 32 splitter module.

試験項目	試験条件	目標値	挿入損失変動
高温高湿 (Damp heat)	85 , 85%RH, 2,000 h	0.5 dB	最大 0.48 dB 平均 0.17 dB
温度サイクル (Temperature cycling)	- 40 to 85 , 500 cycles	0.5 dB	最大 0.37 dB 平均 0.08 dB
衝撃 (Mechanical shock)	5 times / direction, 6 directions, 500 G, 1 ms	0.5 dB	最大 0.29 dB
振動 (Vibration)	20 G, 20-2,000 Hz min / cy, 4 min / cy, 4 cy / axis	0.5 dB	最大 0.29 dB
水浸 (Water immersion)	+43 , pH 5.5, 168 h	0.5 dB	最大 0.23 dB
横引張り (Fiber side pull)	0.45 kg, 90°, 5 sec	0.2 dB	最大 0.06 dB
ケーブル保持 (Cable retention)	1.0 kg, 60 sec	0.2 dB	最大 0.01 dB

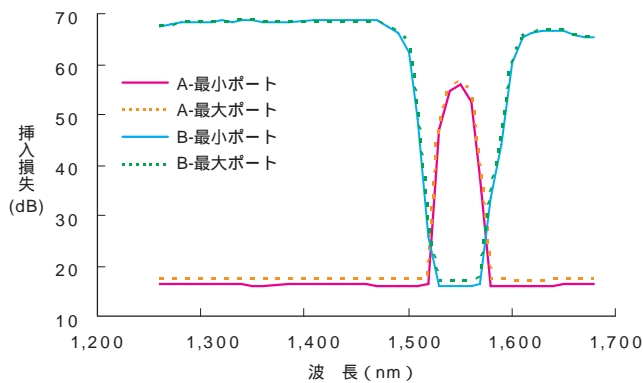


図 11 2 × 32 WDM 光スプリッタモジュールの挿入損失波長依存性
Fig. 11. Wavelength dependence of insertion loss for 2 × 32 WDM splitter module.

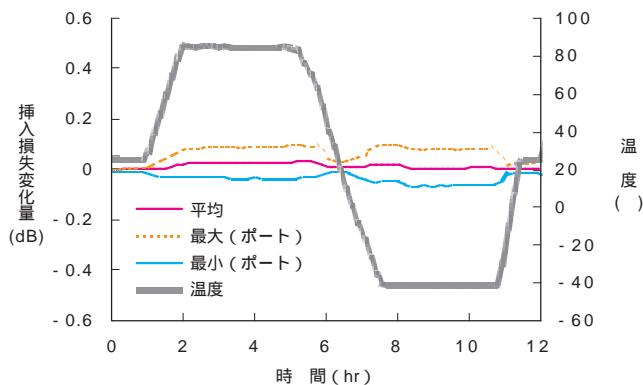


図 12 1 × 32 光スプリッタモジュールの挿入損失温度依存性
Fig. 12. Temperature dependence of insertion loss for 1 × 32 splitter module.

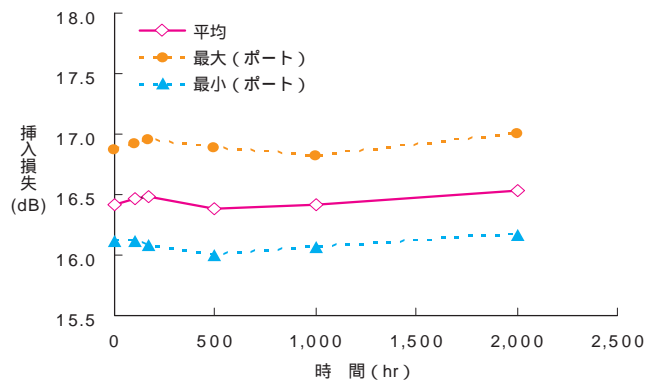


図 13 高温高湿試験 (85 , 85%RH) での 1 × 32 光スプリッタモジュール挿入損失変化量
Fig. 13. Insertion loss variation of loss during damp heat test.

図13には、高温高湿(85±5%RH)試験での100時間、168時間、500時間、1,000時間、2,000時間経過後の挿入損失変動量を示す。測定波長は1,550nmとし、1個あたりの出力ポート数である32心における平均値、最大値、最小値を示す。いずれの時間経過後においても、安定した結果が得られており、高温高湿環境下での高信頼性を確認した。

さらに、光配線物品では難燃性が要求されるため、筐体は1.5mm厚でUL-94 V-0等級を受けたプラスチック材料を使用している。また、光ファイバコードの外被もV-0等級の難燃PVC被覆材を使用している。

5.むすび

FTTHを構成する物品として、Plug & Playできる屋外

設置小型光スプリッタモジュールを開発した。屋外設置を想定した厳しい環境下において、安定した光学特性が得られており、高い信頼性が確保できていることを確認した。これにより、FTTH拡大に対応した敷設工事の簡素化、迅速化が期待できる。

参考文献

- 1) 大森ほか：高密度PLC型光スプリッタ，フジクラ技報，第95号，pp.5-10，1998
- 2) Hibino, et al. : High reliability optical splitters composed of silica-based planar lightwave circuits, J. Lightwave Tech., Vol.13, No.8, pp.1728-1735, 1995
- 3) 池田ほか：接続損失を低減した低曲げ損失光ファイバ，フジクラ技報，第105号，pp.6-10，2003