

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-292892  
(P2006-292892A)

(43) 公開日 平成18年10月26日(2006.10.26)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G02B 6/38 (2006.01)</b>	G02B 6/38	2H036
<b>G02B 6/30 (2006.01)</b>	G02B 6/30	2H137

審査請求 有 請求項の数 12 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2005-111299 (P2005-111299)	(71) 出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(22) 出願日	平成17年4月7日(2005.4.7)	(71) 出願人	591230295 NTTエレクトロニクス株式会社 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号
		(74) 代理人	100077481 弁理士 谷 義一
		(74) 代理人	100088915 弁理士 阿部 和夫
		(72) 発明者	小林 勝 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

最終頁に続く

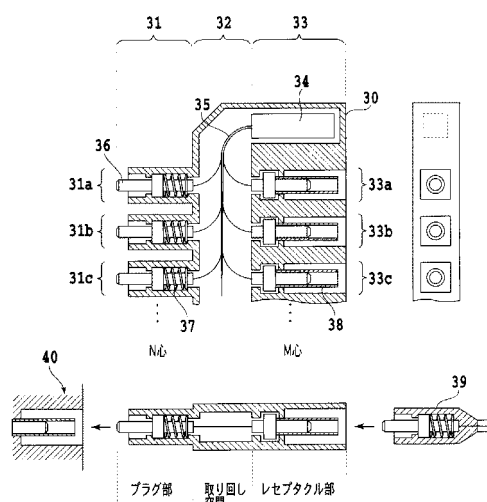
(54) 【発明の名称】 光モジュール

(57) 【要約】

【課題】 従来の光ファイバを内部に有する光モジュールは、光ファイバ部の曲げ損失が大きくなってしまったため光ファイバを小さい曲げ半径で曲げることができなかった。曲げ損失が問題とならない曲げ半径を確保する必要があり、曲げ半径に対応したファイバ取り回し空間が必要とされる。特に、多心のファイバを持つ場合には、モジュールの小型化を十分にできなかった。

【解決手段】 本発明の光モジュールは、接続対象となる光ファイバ・光導波路のMFDと同一のMFDを持ち、コア・クラッドの比屈折率差を大きくして、所定の曲げ半径、曲げ角度において伝播モードごとに曲げ損失を所定値にする屈折率プロファイルを持つ光ファイバを用いることにより、光モジュールを小型化した。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

所定の光信号処理を行う光回路を含む光モジュールであって、

一列に並んだ複数のプラグもしくは複数のレセプタクルを含み、各々のプラグもしくはレセプタクルはフェルールをそれぞれ有する第 1 のプラグ部もしくはレセプタクル部と、

一列に並んだ複数のプラグもしくは複数のレセプタクルを有し、各々のプラグもしくはレセプタクルはフェルールをそれぞれ有する第 2 のプラグ部もしくはレセプタクル部と、

前記光回路と前記第 1 のプラグ部もしくはレセプタクル部の各フェルールとを、または、前記光回路と前記第 2 のプラグ部もしくはレセプタクル部の各フェルールとを接続する複数の光ファイバであって、前記光モジュール外部の接続対象となる光ファイバもしくは光導波路のモードフィールド径とほぼ等しいモードフィールド径を有し、所定の曲げ半径および所定の曲げ角度において、1 次モード以上の高次モードの曲げ損失を所定値以上とし、基本モードの曲げ損失を所定値以下とする屈折率プロファイルを有するコアとクラッドを含むことと、

前記第 1 のプラグ部もしくはレセプタクル部、および、前記第 2 のプラグ部もしくはレセプタクル部の中間に配置され、前記所定の曲げ半径および前記所定の曲げ角度にて配置される前記複数の光ファイバを収納する取り回し空間と、

を備え、前記第 1 のプラグ部もしくはレセプタクル部、前記第 2 のプラグ部もしくはレセプタクル部、および前記取り回し空間からなるハウジングを一体に構成したことを特徴とする光モジュール。

## 【請求項 2】

所定の光信号処理を行う光回路を含む光モジュールであって、

一列に並んだ複数のプラグもしくは複数のレセプタクルを含み、各々のプラグもしくはレセプタクルはフェルールをそれぞれ有する第 1 のプラグ部またはレセプタクル部と、

一列に並んだ複数のプラグもしくは複数のレセプタクルを有し、各々のプラグもしくはレセプタクルはフェルールをそれぞれ有する第 2 のプラグ部もしくはレセプタクル部と、

前記光回路と前記第 1 のプラグ部もしくはレセプタクル部の各フェルールとを、または、前記光回路と前記第 2 のプラグ部もしくはレセプタクル部の各フェルールとを接続する複数の光ファイバであって、前記光モジュール外部の接続対象となる光ファイバもしくは光導波路のモードフィールド径と前記光回路の光導波路のモードフィールド径の中間の大きさのモードフィールド径を有し、所定の曲げ半径および所定の曲げ角度において、1 次モード以上の高次モードの曲げ損失を所定値以上とし、基本モードの曲げ損失を所定値以下とする屈折率プロファイルを有するコアとクラッドを含むことと、

前記第 1 のプラグ部もしくはレセプタクル部、および、前記第 2 のプラグ部もしくはレセプタクル部の中間に配置され、前記所定の曲げ半径および前記所定の曲げ角度にて配置される前記複数の光ファイバを収納する取り回し空間と、

を備え、前記第 1 のプラグ部もしくはレセプタクル部、前記第 2 のプラグ部もしくはレセプタクル部、および前記取り回し空間からなるハウジングを一体に構成したことを特徴とする光モジュール。

## 【請求項 3】

前記第 1 のプラグ部もしくはレセプタクル部の各々のフェルールと前記第 2 のプラグ部もしくはレセプタクル部の各々のフェルールが同一軸上に配置され、前記同一軸上に構成された 2 つのフェルールが連結されていることを特徴とする前記請求項 1 または請求項 2 に記載の光モジュール。

## 【請求項 4】

前記光回路は、前記第 1 のプラグ部もしくはレセプタクル部、または、前記第 2 のプラグ部もしくはレセプタクル部の一方に隣接して、前記光回路の長手方向を前記プラグもしくはレセプタクルの軸と平行な向きにして配置され、前記光回路の一辺に接続された前記複数の光ファイバは、曲げ角度 180 度にて前記第 1 のプラグ部もしくはレセプタクル部の各々のフェルール、および、前記第 2 のプラグ部もしくはレセプタクル部の各々のフェ

10

20

30

40

50

ルールにそれぞれ接続されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の光モジュール。

【請求項 5】

前記光回路は、前記取り回し空間内に配置され、前記光回路の一辺に接続された前記複数の光ファイバは、曲げ角度 90 度にて前記第 1 のプラグ部もしくはレセプタクル部のそれぞれのフェルール、および、前記第 2 のプラグ部もしくはレセプタクル部の各々のフェルールに接続されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の光モジュール。

【請求項 6】

前記光回路は、前記第 1 のプラグ部もしくはレセプタクル部、または、前記第 2 のプラグ部もしくはレセプタクル部のプラグもしくはレセプタクル構成面の上方であって、前記光回路の長手方向は前記プラグもしくはレセプタクルの軸方向と平行に配置され、前記光回路の一辺に接続された前記複数の光ファイバは、曲げ角度 180 度にて前記第 1 のプラグ部もしくはレセプタクル部の各々のフェルール、および、前記第 2 のプラグ部もしくはレセプタクル部の各々のフェルールに接続されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の光モジュール。

10

【請求項 7】

前記複数の光ファイバの前記高次モードは、1 次モードのみであり、2 次モード以上は励起されない屈折率プロファイルであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の光モジュール。

20

【請求項 8】

前記複数の光ファイバの前記屈折率プロファイルはステップインデックス型であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかに記載の光モジュール。

【請求項 9】

前記複数の光ファイバのコア・クラッド比屈折率差は  $0.55 \pm 0.1\%$  であって、基本モードのモードフィールド径は波長  $1.3 \mu\text{m}$  帯において  $9.3 \pm 0.7 \mu\text{m}$  であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載の光モジュール。

【請求項 10】

前記複数の光ファイバのクラッド径は、 $40 \mu\text{m}$  以上  $90 \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 のいずれかに記載の光モジュール。

30

【請求項 11】

前記複数のプラグもしくは前記複数のレセプタクルは、MU 型コネクタまたは LC 型コネクタであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 10 のいずれかに記載の光モジュール。

【請求項 12】

光信号入力コネクタおよび光信号出力コネクタを複数備え、所定の光信号処理を行う光回路を含む光モジュールであって、

前記光モジュール外部の接続対象となる光ファイバもしくは光導波路のモードフィールド径とほぼ等しいモードフィールド径、もしくは、前記光モジュール外部の接続対象となる光ファイバもしくは光導波路のモードフィールド径と前記光回路の光導波路のモードフィールド径の中間の大きさのモードフィールド径を有し、所定の曲げ半径および所定の曲げ角度において、1 次モード以上の高次モードの曲げ損失を所定値以上とし、基本モードの曲げ損失を所定値以下とする屈折率プロファイルを有するコアとクラッドを含む複数の光ファイバによって、前記光信号入力コネクタおよび光信号出力コネクタが前記光回路と内部において接続されていることを特徴とする光モジュール。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光モジュールに関する。光通信基幹回線用光ファイバとの接続損失が小さく、小型な光モジュールに関する。

50

## 【背景技術】

## 【0002】

インターネットの爆発的な普及に代表される最近の通信技術の進歩には目覚ましいものがある。これに伴い、光通信システムの整備が世界的に推進され、その重要性や利便性から一般消費者にまで普及が拡大されてきた。光通信システムにおいて、重要な役割を果たしている要素部品に、光モジュールがある。光モジュールは、内部に一定の光信号処理機能を持つ光回路を備えており、光回路と光モジュール外部との接続のために、光ファイバが使用される。

## 【0003】

図18は、従来の光モジュールの構造の一例である。光モジュールの一形態であって、プラグレセプタクル型モジュールと呼ばれている。このモジュールは、プラグ部51とレセプタクル部52を有している。プラグ部51は、コネクタレセプタクルを有する光送受信モジュールなどの各種光コンポーネントにかん合する。レセプタクル部52は、(図18において右側の)コード付きコネクタプラグにかん合するモジュール構造となっている。

10

## 【0004】

このプラグレセプタクル型モジュールは、実現する機能に応じて波長分割多重フィルタなどの光回路を内蔵している。固定減衰器などの従来のプラグレセプタクル型モジュールは、図18に示すようにプラグ部51とレセプタクル部52が1心ずつの構造であった(非特許文献1参照)。プラグ部51とレセプタクル部52のフェルール36を1本で共通化し、そのフェルール36に光ファイバを通し、フェルール36に溝を切ってフィルタ50などを挿入する構造であった。そのため、入出力がそれぞれ2心以上あるものについて対応できなかった。

20

## 【0005】

光モジュール内部の接続用に最も多く使用されている光ファイバは、1.3 $\mu$ m帯シングルモード光ファイバ(SMF: Single Mode Fiber)である。この光ファイバは、モードフィールド径(MFD)が $9.3 \pm 0.7 \mu$ mで、屈折率プロファイルがステップインデックス型、コア・クラッド比屈折率差が0.3%のものが一般的である。

## 【0006】

【非特許文献1】昭和電線、“光デバイス、光固定減衰器”、[online]、インターネット [http://www.swcc.co.jp/products/optical\\_device/fix\\_optical.htm](http://www.swcc.co.jp/products/optical_device/fix_optical.htm)

【非特許文献2】住友電工、“シングルモードファイバ”、[online]、インターネット <http://www.sei.co.jp/fbr-prdcts/02/2-1.htm>

【非特許文献3】NTT、“ニュースリリース”、[online]、2003年12月17日、インターネット <http://www.ntt.co.jp/news/news03/0312/031217.html>

【非特許文献4】A. W. Snyder, I. White, and D.J. Mitchell, "Radiation from Bent Optical Waveguide," Electronics Letters, Vol.11, No.15, pp.332-333, 24th Jul.

30

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

40

## 【0007】

しかしながら、従来の光モジュールには、次に述べるような問題点があった。光モジュール内に使用されているシングルモード光ファイバは、曲げ損失が大きい(非特許文献2参照)。例えば、従来のシングルモード光ファイバを、曲げ半径10mm、曲げ角度180度の条件で使用すると、曲げ損失が40dB以上も生じてしまう。そのため、この光ファイバを内部の接続に用いた光モジュールでは、光ファイバを小さく曲げて実装することが不可能で光モジュールの小型化に限界があった。

## 【0008】

曲げ半径を小さくしても曲げ損失の小さいシングルモード光ファイバには、まず、コア・クラッド比屈折率差を大きくしたタイプのものがある。コア・クラッドの比屈折率差を

50

大きくすることにより、光ファイバの閉じ込め効果が強くなり、光ファイバを曲げて曲げ損失は小さい。ここで、光のモード分散を抑えて伝播モードをシングルモードで動作させるためには、モードフィールド径(MFD)を小さくする必要がある。たとえば、コア・クラッド比屈折率差を1.7%、モードフィールド径を6 $\mu$ mと小さくすると、曲げ半径5mm、曲げ角度180度の条件で曲げた場合においても、曲げ損失を0.1dB以下に抑制することが可能である。しかし、この比屈折率差を大きくしたファイバを、通常のシングルモード光ファイバと接続すると、0.8dB程度の接続損失が生じてしまう。モードフィールド径が異なるため、両ファイバ間において、モードミスマッチが生じるからである。

#### 【0009】

10

このシングルモード光ファイバを、光モジュール内部の接続に用いて、光ファイバを小さな曲げ半径として曲げて収納すれば、光モジュールを小型化できる。しかし、接続損失が大きくなるため実用的でない光モジュールになってしまう。

#### 【0010】

シングルモード光ファイバと接続しても接続損失が小さく、曲げ損失も小さい、光ファイバには、ホールアシスト光ファイバがある(非特許文献3参照)。ホールアシスト光ファイバは、通常のシングルモード光ファイバと同じ屈折率プロファイルを持っている。そして、ファイバの中心からコア径の2倍程度離れた位置に、コア径と同程度の内径を持つ空孔を6個程度設けたものである。この光ファイバによると、通常のシングルモード光ファイバとの接続損失を抑制したまま、空孔による強い閉じ込め効果によって、曲げ時の放射損失、すなわち曲げ損失も抑制することができる。

20

#### 【0011】

しかし、このホールアシスト光ファイバでは、コネクタ端面などの接続点端面において空孔を塞ぐ処理が必要である。この処理を行わないと、水分や他の物質がこの空孔に入り込むことにより、曲げ損失が増加してしまう。さらには、直線状態の伝送損失までもが増加してしまう。空孔は樹脂などによって塞ぐことができるが、この作業によるコスト増加が問題であった。また、このホールアシスト光ファイバは、空孔を設けるその複雑な構造のため、根本的に、光ファイバとして製造コストが高いという問題があった。したがって、光モジュール内に上述した光ファイバを使用しても、端面処理の必要性やコストの高さが、大きな障害となっていた。

30

#### 【0012】

本発明は、曲げ損失が小さく、通常のシングルモード光ファイバなど接続対象となる光ファイバ、あるいは、光導波路との接続損失が小さい低コストで光ファイバを使用することにより、小型、低損失な光モジュールを提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0013】

本発明は、このような目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、所定の光信号処理を行う光回路を含む光モジュールであって、一列に並んだ複数のプラグもしくは複数のレセプタクルを含み、各々のプラグもしくはレセプタクルはフェルールをそれぞれ有する第1のプラグ部もしくはレセプタクル部と、一列に並んだ複数のプラグもしくは複数のレセプタクルを有し、各々のプラグもしくはレセプタクルはフェルールをそれぞれ有する第2のプラグ部もしくはレセプタクル部と、前記光回路と前記第1のプラグ部もしくはレセプタクル部の各フェルールと、または、前記光回路と前記第2のプラグ部もしくはレセプタクル部の各フェルールとを接続する複数の光ファイバであって、前記光モジュール外部の接続対象となる光ファイバもしくは光導波路のモードフィールド径とほぼ等しいモードフィールド径を有し、所定の曲げ半径および所定の曲げ角度において、1次モード以上の高次モードの曲げ損失を所定値以上とし、基本モードの曲げ損失を所定値以下とする屈折率プロファイルを有するコアとクラッドを含むことと、前記第1のプラグ部もしくはレセプタクル部、および、前記第2のプラグ部もしくはレセプタクル部の中間に配置され、前記所定の曲げ半径および前記所定の曲げ角度にて配置される前記複数の光ファイバを収

40

50

納する取り回し空間とを備え、前記第1のプラグ部もしくはレセプタクル部、前記第2のプラグ部もしくはレセプタクル部、および前記取り回し空間からなるハウジングを一体に構成したことを特徴とする。

【0014】

請求項2に記載の発明は、所定の光信号処理を行う光回路を含む光モジュールであって、一列に並んだ複数のプラグ部もしくは複数のレセプタクルを含み、各々のプラグ部もしくはレセプタクルはフェルールをそれぞれ有する第1のプラグ部またはレセプタクル部と、一列に並んだ複数のプラグ部もしくは複数のレセプタクルを有し、各々のプラグ部もしくはレセプタクルはフェルールをそれぞれ有する第2のプラグ部もしくはレセプタクル部と、前記光回路と前記第1のプラグ部もしくはレセプタクル部の各フェルールとを、または、前記光回路と前記第2のプラグ部もしくはレセプタクル部の各フェルールとを接続する複数の光ファイバであって、前記光モジュール外部の接続対象となる光ファイバもしくは光導波路のモードフィールド径と前記光回路の光導波路のモードフィールド径の中間の大きさのモードフィールド径を有し、所定の曲げ半径および所定の曲げ角度において、1次モード以上の高次モードの曲げ損失を所定値以上とし、基本モードの曲げ損失を所定値以下とする屈折率プロファイルを有するコアとクラッドを含むことと、前記第1のプラグ部もしくはレセプタクル部、および、前記第2のプラグ部もしくはレセプタクル部の中間に配置され、前記所定の曲げ半径および前記所定の曲げ角度にて配置される前記複数の光ファイバを収納する取り回し空間とを備え、前記第1のプラグ部もしくはレセプタクル部、前記第2のプラグ部もしくはレセプタクル部、および前記取り回し空間からなるハウジングを一体に構成したことを特徴とする。

【0015】

請求項3に記載の発明は、前記第1のプラグ部もしくはレセプタクル部の各々のフェルールと前記第2のプラグ部もしくはレセプタクル部の各々のフェルールが同一軸上に配置され、前記同一軸上に構成された2つのフェルールが連結されていることを特徴とする。

【0016】

請求項4に記載の発明は、前記光回路は、前記第1のプラグ部もしくはレセプタクル部、または、前記第2のプラグ部もしくはレセプタクル部の一方に隣接して、前記光回路の長手方向を前記プラグもしくはレセプタクルの軸と平行な向きにして配置され、前記光回路の一辺に接続された前記複数の光ファイバは、曲げ角度180度にて前記第1のプラグ部もしくはレセプタクル部の各々のフェルール、および、前記第2のプラグ部もしくはレセプタクル部の各々のフェルールにそれぞれ接続されることを特徴とする。

【0017】

請求項5に記載の発明は、前記光回路は、前記取り回し空間内に配置され、前記光回路の一辺に接続された前記複数の光ファイバは、曲げ角度90度にて前記第1のプラグ部もしくはレセプタクル部のそれぞれのフェルール、および、前記第2のプラグ部もしくはレセプタクル部の各々のフェルールに接続されることを特徴とする。

【0018】

請求項6に記載の発明は、前記光回路は、前記第1のプラグ部もしくはレセプタクル部、または、前記第2のプラグ部もしくはレセプタクル部のプラグもしくはレセプタクル構成面の上方であって、前記光回路の長手方向は前記プラグもしくはレセプタクルの軸方向と平行に配置され、前記光回路の一辺に接続された前記複数の光ファイバは、曲げ角度180度にて前記第1のプラグ部もしくはレセプタクル部の各々のフェルール、および、前記第2のプラグ部もしくはレセプタクル部の各々のフェルールに接続されることを特徴とする。

【0019】

請求項7に記載の発明は、前記複数の光ファイバの前記高次モードは、1次モードのみであり、2次モード以上は励起されない屈折率プロファイルであることを特徴とする。

【0020】

請求項8に記載の発明は、前記複数の光ファイバの前記屈折率プロファイルはステップ

インデックス型であることを特徴とする。

【0021】

請求項9に記載の発明は、前記複数の光ファイバのコア・クラッド比屈折率差は $0.55 \pm 0.1\%$ であって、基本モードのモードフィールド径は波長 $1.3 \mu\text{m}$ 帯において $0.3 \pm 0.7 \mu\text{m}$ であることを特徴とする。

【0022】

請求項10に記載の発明は、前記複数の光ファイバのクラッド径は、 $40 \mu\text{m}$ 以上 $90 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0023】

請求項11に記載の発明は、前記複数のプラグもしくは前記複数のレセプタクルは、M U型コネクタまたはLC型コネクタであることを特徴とする。 10

【0024】

請求項12に記載の発明は、光信号入力コネクタおよび光信号出力コネクタを複数備え、所定の光信号処理を行う光回路を含む光モジュールであって、前記光モジュール外部の接続対象となる光ファイバもしくは光導波路のモードフィールド径とほぼ等しいモードフィールド径、もしくは、前記光モジュール外部の接続対象となる光ファイバもしくは光導波路のモードフィールド径と前記光回路の光導波路のモードフィールド径の中間の大きさのモードフィールド径を有し、所定の曲げ半径および所定の曲げ角度において、1次モード以上の高次モードの曲げ損失を所定値以上とし、基本モードの曲げ損失を所定値以下とする屈折率プロファイルを有するコアとクラッドを含む複数の光ファイバによって、前記光信号入力コネクタおよび光信号出力コネクタが前記光回路と内部において接続されていることを特徴とする。 20

【発明の効果】

【0025】

本発明によれば、内部の光ファイバの曲げ損失が小さく、かつ、通常の光ファイバとの接続損失を小さくし、小形、低損失な光モジュールを提供できる。

【0026】

また、確実に高次モードを放射することになり、高次モードのゆらぎが少なく、より低損失で、低PDLの小形光モジュールを提供することができる。さらに、最も一般に広く使用されているシングルモード光ファイバで構成される外部回路との接続損失を低減した光モジュールを提供することができる。また、機械的信頼性の高い光モジュールを提供することができる。 30

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

本発明の光ファイバモジュールは、本発明に特有の光ファイバを内部配線に使用することにより、光モジュールの小型化を達成している。まず、本発明にかかる光モジュールの構造について概要を述べ、次に本発明に特有の効果をもたらす光ファイバについて詳細に述べる。

(第1の実施例)

図1は、本発明の第1の実施例であるプラグレセプタクル型モジュールを示す図である。左側に一列に並んだN心のプラグ31a、31b、31cからなるプラグ部31、右側に一列に並んだM心のレセプタクル33a、33b、33cからなるレセプタクル部33があり、その中央に取り回し空間32が配置され一体に構成されたハウジング30から成っている。以下このプラグレセプタクル型モジュールを、N×Mプラグレセプタクル型モジュールと呼ぶ。なお、N=1、M=1である。尚、図1においては簡単のためすべてのプラグおよびレセプタクルは示していない。 40

【0028】

プラグ31a、31b、31cとレセプタクル33a、33b、33cは、対向して配置されており、たとえば、プラグ31aとレセプタクル33aは、同一の軸上に配置されている。他のプラグとレセプタクルも同様である。プラグ部31とレセプタクル部33と 50

の間には、光ファイバの取り回し空間 3 2 が設けられている。光回路 3 4 は、レセプタクル部 3 3 の横に、その長辺の向きを各レセプタクルと平行にして配置されている。光回路 3 4 の一辺に接続されている多数の入出力光ファイバ 3 5 は、プラグおよびレセプタクルの各フェルール 3 6 に装着されている。取り回し空間 3 2 を利用して、光回路 3 4 とプラグ部およびレセプタクル部とがそれぞれ接続されている。フェルール 3 6 の内部には、入出力光ファイバ 3 5 が貫通しており、フェルール 3 6 の先端まで存在している。光回路 3 4 と各プラグ、レセプタクルとは、曲げ角度 1 8 0 度の入出力光ファイバ 3 5 によってそれぞれ接続されている。光モジュール内における曲げ角度の様々な形態については、後に説明する。また、この入出力光ファイバ 3 5 は、本光モジュール独特の効果を生じさせる要素であり、後に詳細に説明する。

10

**【 0 0 2 9 】**

光回路 3 4 は、板状の基板の上に構成されたものであるが、補強部材などで分厚い形状となっており、本実施例においては断面がほぼ正方形の直方体として表している。光回路 3 4 は、この形状に限定されるわけではない。また、光回路 3 4 はレセプタクル部 3 3 の横に、長手方向をレセプタクルの軸と平行に配置されているが、これに限られない。ハウジング 3 0 をできるだけ小さい体積で構成できれば、プラグ部 3 1 の横に配置する構成でも構わない。

**【 0 0 3 0 】**

図 2 は、第 1 の実施例を変形したプラグレセプタクル型モジュールを示す図である。図 1 に示したプラグレセプタクル型モジュールは、プラグ用フェルールとレセプタクル用フェルールが分離されたタイプである。一方、図 2 に示したプラグレセプタクル型モジュールは、プラグ用フェルールとレセプタクル用フェルールが連結したタイプである。

20

**【 0 0 3 1 】**

図 2 のプラグレセプタクル型モジュールは、左側に一列に並んだ N 心のプラグ 3 1 a、3 1 b、3 1 c からなるプラグ部 3 1、右側に一列に並んだ M 心のレセプタクル 3 3 a、3 3 b、3 3 c からなるレセプタクル部 3 3 があり、その中央に取り回し空間 3 2 が配置され一体に構成されたハウジング 3 0 から成っている。フェルールは、フェルール連結部 4 1 によって、連結されている点で、図 1 のタイプと異なる。図 2 の連結型の光モジュールは、レセプタクル部 3 3 側からかん合するプラグ 3 9 のスプリングの力によって、プラグ部 3 1 の左側に配置される他の光モジュール 4 0 にかん合できる。したがって、光モジュール内にはスプリングが不要となり、部品点数が少なくて済む。

30

**【 0 0 3 2 】**

一方、図 1 に示す分離型のプラグレセプタクル型モジュールは、プラグ部 3 1 内部にスプリング 3 7 が必要となる。しかし、フェルールの研磨等が容易で、組立性は連結型と比較して良好である。入出力光ファイバ 3 5 の曲げ半径をいかに小さくするかによって、取り回し空間 3 2 の大きさが決まり、光モジュール全体の大きさが決定される。本光モジュールにおいては、後に詳述する光ファイバの使用により、曲げ半径 5 mm とすることで、プラグ部 3 1 のプラグ軸方向の長さとしてレセプタクル部 3 3 のレセプタクル軸方向の長さに加えて、10 mm を加えた長さとして光モジュール全長を抑制することが可能となる。

**【 0 0 3 3 】**

図 3、図 4 は、本発明にかかる光モジュールに内蔵される光回路の一例を示す図である。図 3 は、平面光波回路 ( P l a n e r L i g h t w a v e C i r c u i t ; P L C ) 型波長分割フィルタ 2 1 である。交差導波路 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d を多段構成し、各交差部に溝加工して、波長分割薄膜フィルタ 2 3 a、2 3 b、2 3 c を挿入し固定してある。一番上の入力光ファイバ 2 5 a から入力された波長多重信号は、順次分割されて下段の出力光ファイバ 2 5 b、2 5 c、2 5 d に出力される。入出力ファイバ 2 5 a、2 5 b、2 5 c、2 5 d の接続は、光回路 2 1 の片側に集約されており、本実施例 1 の光モジュールの小型化に適している。

40

**【 0 0 3 4 】**

図 4 は、もう一つの光回路の例を示す図である。レンズアレイ 2 6、プリズムアレイ 2

50



7、波長分割薄膜フィルタアレイ28、全反射フィルタ29を積層した構造となっている。光ファイバ最上段の入力ファイバ25aから入力された波長多重信号は、レンズアレイ26でコリメートされ、プリズムアレイ27においてその向きを斜めに偏向される。さらに、全反射フィルタ29と特定の波長を通過させる薄膜フィルタアレイ28によって、所定の光ファイバ25b、25c、25dに所定の波長の信号を出力する。この光回路においても、入出力ファイバ25a、25b、25c、25dの接続は、光回路の片側に集約されており、本実施例1の小型化に適している。

#### 【0035】

本発明の光ファイバモジュールにおいては、内部に使用される光ファイバが最も重要な役割を有している。以下、詳細にこの光ファイバについて説明する。本発明の光モジュールにおいて使用されている光ファイバは、曲げ損失を低減するためにコア・クラッドの比屈折率差を大きくする。しかし、モードフィールド径は、接続対象であるこの光モジュール外部の光ファイバのモードフィールド径とほぼ同一とするという点に、第1の特徴がある。従来、コア・クラッドの比屈折率差を大きくする場合には、シングルモードで動作させるために、モードフィールド径を非常に小さくしていた（例えば、6 $\mu$ m）。本発明の光モジュールにおいて使用される光ファイバは、モードフィールド径をより大きくして、接続対象のファイバとほぼ同一にしている。したがって、コア・クラッド比屈折率差が大きく、かつ、モードフィールド径が大きいため、マルチモード動作となる。

10

#### 【0036】

そこでさらに、基本モードの曲げ損失を小さくし高次モードの曲げ損失は大きくするという第2の特徴となる発想を加え、上記の条件を実現する屈折率プロファイルを求めている。この屈折率プロファイルを採用することにより、曲げ損失が小さく、かつ、通常の光ファイバとの接続損失が小さい光ファイバを実現することができる。なお、この光ファイバは、モードフィールド径の異なる2種類の光ファイバ間、モードフィールド径の異なる2種類の光導波路間、あるいは、モードフィールド径の異なる光ファイバと光導波路間を接続する場合には、次のようにする。すなわち、本発明の光モジュールにおいて使用される光ファイバのモードフィールド径を、異なる2つの径のほぼ中間の大きさに設定する。これより、2つの接続点の接続損失の和が最小となる。以下、さらに詳細に説明をする。

20

#### 【0037】

図5は、本発明にかかる光モジュールに使用される光ファイバの動作概念を説明する図である。光ファイバ1は、接続点4において接続対象である入力シングルモードファイバ2と、接続点5においてもうひとつの接続対象である出力シングルモードファイバ3にそれぞれ接続されている。それぞれのファイバは、コア8とクラッド9を有している。本発明の光ファイバ1は、接続対象である入力シングルモードファイバ2および出力シングルモードファイバ3と比較して、コア・クラッド比屈折率差を高くして、モードフィールド径（以下、MFDとする）をほぼ同一としたマルチモード光ファイバである。

30

#### 【0038】

簡単のため、以後この光ファイバを、高太コアファイバと呼ぶ。所定の曲げ半径Rと所定の曲げ角度の条件にて、接続対象となる光ファイバ間に、光導波路間に、あるいは、光ファイバと光導波路間に接続する。そして、曲げられた状態の本発明の高太コアファイバ1において、高次モードの光をファイバ外部へ放射するように設計されている。図5において、山形波形は各モード（LP<sub>01</sub>、LP<sub>11</sub>、LP<sub>21</sub>）の強度プロファイルの様子を示す。

40

#### 【0039】

次に、本発明の特有の効果を生じさせる光ファイバのパラメータの設計手順を説明する。ここでは、高太コアファイバとの接続対象を、シングルモード光ファイバとする。シングルモード光ファイバは、モードフィールド径（MFD）が9.3 $\pm$ 0.7 $\mu$ mで、屈折率プロファイルがステップインデックス型、コア・クラッド比屈折率差が0.3%の一般的なものである。高太コアファイバの曲げ条件として、曲げ半径5mm、曲げ角度180度の場合を実施例として説明する。

50

## 【0040】

図7は、本発明の光モジュールに使用される光ファイバのパラメータ設計方法を説明する図である。最初に、比屈折率差をパラメータとして、所望のMFD範囲に対し、高太コアファイバの基本モードと1次モードの曲げ損失をそれぞれ計算する。曲げ損失の計算値は、屈折率プロファイルによって異なるが、ここではステップインデックス型プロファイルとした。

曲げ損失の計算は、例えば次式により計算する。

## 【0041】

## 【数1】

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{\pi a w \rho}} \left( \frac{u}{v} \right)^2 \exp \left( -\frac{4 w^3}{3 v^2} \Delta \frac{\rho}{a} \right)$$

10

## 【0042】

尚、 $\alpha$ は減衰係数で、この $\alpha$ に光ファイバの長さに乗じて曲げ損失を計算する。ここで、 $R$ は曲げ半径、 $a$ は光ファイバのコア半径、 $v$ は光ファイバの伝播光の規格化周波数、 $u$ と $w$ は光ファイバのコアとクラッドの伝播定数、 $\Delta$ はコア・クラッド比屈折率差である。 $u$ 、 $v$ 、 $w$ はコア、クラッドの屈折率、コア半径より求められ、MFDはコア径から求められる（非特許文献4を参照）。

## 【0043】

図7からわかるように、曲げ損失は、基本モードに対して、1次モードのほうが大きい。MFDが大きくなるにつれて、曲げ損失は小さくなる。また、比屈折率差 $\Delta$ が大きいほど曲げ損失は小さく、 $\Delta_1 < \Delta_2 < \Delta_3$ の関係が成り立つ。本実施例においては、比屈折率差 $\Delta$ を、 $\Delta_1 = 0.50\%$ 、 $\Delta_2 = 0.54\%$ 、 $\Delta_3 = 0.60\%$ とした。接続対象であるシングルモード光ファイバのMFDは、波長 $1.3 \mu\text{m}$ において $9.3 \pm 0.7 \mu\text{m}$ である。本発明の高太コアファイバのMFDも、 $9.3 \pm 0.7 \mu\text{m}$ と設定する。

20

## 【0044】

次に、基本モードの曲げ損失の上限値と、1次モードの曲げ損失の下限値を決定する。本実施例においては、上限値として波長 $1.55 \mu\text{m}$ における曲げ損失を $0.1 \text{ dB}$ 以下、下限値をととして波長 $1.31 \mu\text{m}$ における曲げ損失を $10 \text{ dB}$ 以上と決定した。同一の光ファイバにおいては、波長 $1.31 \mu\text{m}$ と比較して波長 $1.55 \mu\text{m}$ の場合の曲げ損失の方が大きいので、上限値を波長 $1.55 \mu\text{m}$ に対して、下限値を波長 $1.31 \mu\text{m}$ に対して計算している。なお、曲げ損失の計算を行う波長は、接続対象の光ファイバ等の使用条件に合わせて変更してよい。

30

## 【0045】

図7において、上述した基本モードと高次モードの両方の条件を満たす領域は、ハッチングを施した部分である。つまり、比屈折率差 $\Delta = 0.55 \pm 0.05\%$ 、MFD =  $9.3 \pm 0.7 \mu\text{m}$ が上記の条件を満たす範囲となる。下側のハッチング領域は、基本モードの条件を満たす領域であり、この領域の下辺は、1次モードの下限値の状態に対応している。上側のハッチング領域は、1次モードの条件を満たす領域であり、この領域の上辺は、基本モードの上限値の状態に対応している。

40

## 【0046】

次に、上で説明した図7のハッチング領域の中から、白丸の領域中央点の比屈折率差 $\Delta = 0.54\%$ 、MFD =  $9.3 \mu\text{m}$ を、本発明の光モジュール内で使用する高太コアファイバの設計値として選択する。

## 【0047】

なお、図9で後述するが、曲げ角度は $180$ 度以外何度でもよい。この時、図7の計算値は上下する。たとえば、 $90$ 度の場合は、 $\Delta_1 = 0.45\%$ 、 $\Delta_2 = 0.50\%$ 、 $\Delta_3 = 0.55\%$ 程度となる。また、 $540$ 度の場合、 $\Delta_1 = 0.55\%$ 、 $\Delta_2 = 0.60\%$

50

、 $\Delta n = 0.65\%$ 程度となる。したがって、 $\Delta n = 0.55 \pm 0.1\%$ 、 $MFD = 9.3 \pm 0.7 \mu m$ で設計しておくこと光ファイバの曲げ角度、つまり、取り回し量について、ある程度広い範囲で対応可能となる。

#### 【0048】

図8は、本実施例にかかる高太コアファイバの屈折率プロファイルの一例を示す図である。上述した比屈折率差の設計値 $0.54\%$ の時に $MFD 9.3 \mu m$ を得るために必要なコア径を計算すると、コア径 $10 \mu m$ となる。図8に示すように、コア径として $10 \pm 0.5 \mu m$ を採用し、ステップインデックス型の屈折率プロファイルとした。

なお、シングルモード光ファイバ以外の接続対象に対しても、比屈折率差は $0.75$ 未満で十分である。極端に比屈折率差の高い光ファイバとする必要はなく、本光ファイバの製造上有利である。なお、図3に示した光回路(PLC)においては、光回路21中の光導波路のMFDは低タイプの場合で、シングルモード光ファイバと同程度である。図4に示した積層タイプ光回路の場合においても、レンズアレイ26がシングルモード光ファイバに適したNAを採用していれば、シングルモード光ファイバ同士を接続することを想定して設計した上記の比屈折率差の値を適用できる。

#### 【0049】

図6は、本発明の光ファイバの別の動作状態を説明する図である。図5で説明した場合と同様に、本発明の光モジュールで使用される高太コア光ファイバ1は、接続点4において接続対象である入力シングルモードファイバ2と、接続点5においてもうひとつの接続対象である出力シングルモードファイバ3と、それぞれ接続されている。この高太コア光ファイバ1を用いると図6に示すように、基本モード( $LP_{0,1}$ )と1次モード( $LP_{1,1}$ )のみが励起される。そして、曲げられた高太コア光ファイバ全長に渡って1次モード( $LP_{1,1}$ )がファイバ外部へ放射され、基本モード( $LP_{0,1}$ )のみが、入力シングルモードファイバ2から出力シングルモードファイバ3に伝播される。

#### 【0050】

上述した設計値により製作された高太コア光ファイバを、シングルモード光ファイバ間に接続し、曲げ半径 $R = 5 mm$ 、曲げ角度 $\theta = 180$ 度の条件で測定したところ、全損失 $0.2 dB$ を実現した。この全損失の内訳は、曲げ損失が $0.05 dB$ 以下で、接続損失が1接続点当たり $0.1 dB$ 弱であった。これらの損失値は、通常のシングルモード光ファイバを単に曲率半径 $5 mm$ で $180$ 度曲げた場合の損失値である $40 dB$ 、あるいは、高シングルモード光ファイバを適用した場合の損失値 $1.6 dB$ と比較して、格段に低い値である。

#### 【0051】

なお、屈折率プロファイルは上記の実施例1のステップインデックス型以外の形状の場合であっても構わない。また、図5に示すように高次モードは $LP_{1,1}$ モードに加えて $LP_{2,1}$ モードなどの多数のモードが発生する場合であってもよい。屈折率プロファイルをステップインデックスに限定することにより設計が容易できるという効果があり、曲げ半径を小さくしても低損失な光ファイバを実現できる。高次モードを1次モードのみに限定すれば、高次モードが減少し、曲げ半径を小さくしても、より低損失で、偏波依存損失(PDL)の小さい光ファイバにより光モジュールを実現できる。

#### 【0052】

比屈折率差を $0.55 \pm 0.1\%$ として、波長 $1.3 \mu m$ 帯における基本モードのMFDが $9.3 \pm 0.7 \mu m$ であるので、最も一般的に広く使用されている $1.3 \mu m$ 帯用シングルモード光ファイバとの接続損失を小さくできるとともに、曲げ半径を小さくしても低損失な光ファイバにより光モジュールを実現できる。

#### 【0053】

次に、本発明にかかる光モジュールに使用される高太コア光ファイバの機械的信頼性について説明する。曲げ半径 $5 mm$ の条件で光モジュール内において実用的に使用するためには、光ファイバの曲げに対する機械的信頼性を確保する必要がある。一般に、外径 $125 \mu m$ の光ファイバを半径 $5 mm$ で曲げた場合、光ファイバの最外径では $1 GPa$ の引

10

20

30

40

50

張応力が常時印加されることになる。また、外径 $125\mu\text{m}$ の光ファイバでは、スクリーニング歪 $3\%$ (張力 $3\text{kg}$ )が必要となり、通常のスクリーニング歪条件の $1\%$ ( $1\text{kg}$ )に対して非常に大きいため、製造上の困難が生じる。また、製造歩留まりが低下する。これに対して、光ファイバの外径を $90\mu\text{m}$ 以下として、曲げ半径を小さくして曲げた場合、光ファイバの最外径で発生する引張応力を $0.6\text{GPa}$ に下げることができる。光ファイバ製造時のスクリーニング歪を $1.8\%$ (張力 $670\text{g}$ )印加しておけば、例えば光モジュール内での使用する光ファイバ長 $10\text{mm}$ 程度の中での故障率を $3\text{Fit}$ と実用的な値とすることが可能である。外径を $90\mu\text{m}$ 以下とすることにより、機械的信頼性の高い、曲げ半径を小さくしても低損失な光ファイバを実現できる。尚、外径が小さすぎると光の伝播に影響を与えるので、外径は $40\mu\text{m}$ 以上が望ましい。

10

#### 【0054】

ここで、再び、図1を参照しながら本発明にかかる光モジュールについて説明する。以上に詳細に説明した高太コアファイバを適用したプラグレセプタクル型光モジュールにおいて、プラグおよびレセプタクルにMU(Miniature Universal Coupling)コネクタ構造を採用した場合には、コネクタ全長を $45\text{mm}$ 以下とすることができる。すなわち、図1を参照すれば、プラグ部31からレセプタクル部33へ向かって、コネクタ軸方向のハウジング30の全体長さを、 $45\text{mm}$ 以下とすることができる。従来光モジュールを、従来技術の光ファイバを用いて光ファイバ曲げ半径を $10\text{mm}$ として構成した場合には、光モジュール全長は $60\text{mm}$ 以上必要であった。本発明の光モジュールにおいては、高太コアファイバ35を使用することで、光モジュール全長を従来型に比べて $15\text{mm}$ 以上短縮できる。MUコネクタ構造と同様、LCコネクタ構造を採用した場合においても、同様な小型化効果が得られる。

20

#### 【0055】

プラグレセプタクル型モジュールにおいて、全長を $15\text{mm}$ 短縮する効果は非常に大きい。例えば、架タイプの光装置のフロントパネルにおいては、実装可能な領域は限られている。したがって、光モジュールの上記コネクタ軸方向の長さが $50\text{mm}$ 以上の場合では、物理的な寸法の制限のため結局使用することができない場合がほとんどである。 $50\text{mm}$ 以下に短縮することで、初めて、光モジュールを架タイプの光装置に実用的に使用することが可能となった。

#### 【0056】

次に、本光モジュールの光学的特性について述べる。光学特性も良好である。たとえば、光回路単体の損失が $1.4\text{dB}$ 程度の波長分割多重用フィルタを、光回路として採用したところ、モジュール全体での損失は $2.0\text{dB}$ となった。光モジュール化することによって発生した過剰損失は、 $0.6\text{dB}$ に抑えることができた。従来技術における過剰損失は、 $3\text{dB}$ から $4\text{dB}$ であったので、大きな損失低減効果がある。全体の損失が $3\text{dB}$ 以上では通信用の光モジュールとしては損失が大き過ぎて、実用には適用できなかった。しかし、全体損失を $2\text{dB}$ 以下に抑えることによって、通信に適用可能となった。

30

#### 【0057】

以上詳細に説明してきたように、曲げ損失を低減するために比屈折率差を大きくし、かつ、MFDを接続対象のMFDと同一とし、基本モードの曲げ損失を小さく、高次モードの曲げ損失を大きくするような屈折率プロファイルを適用した高太コアファイバを適用した光モジュールにより、小形、低損失な光モジュールが実現できた。さらに、高次モードを1次モードのみに限定した高太コアファイバを使用する光モジュールにより、高次モードが減少し、より低損失で、偏波依存損失(PDL)の小さい光モジュールを実現できた。さらに、屈折率プロファイルをステップインデックスに限定することにより高太コアファイバの設計が容易とすることができる。さらに、比屈折率差が、 $0.55\pm 0.1\%$ であって、波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯において基本モードのMFDが $9.3\pm 0.7\mu\text{m}$ である高太コアファイバを使用した光モジュールにより、最も一般的に広く使用されている $1.3\mu\text{m}$ 帯用シングルモード光ファイバとの接続損失を抑えて、小形な光モジュールを実現できた。さらに外径を $40\mu\text{m}$ 以上 $90\mu\text{m}$ 以下とした高太コアファイバを適

40

50

用した光モジュールにより、小形、低損失であり、内部光ファイバの機械的信頼性の高い光モジュールを実現することができた。

【0058】

光ファイバは、所定の曲げ半径と所定の曲げ角度で固定すれば、設計値どおりの最適状態となる。しかし、これに近い寸法で若干でも曲がっていれば、特性をある程度満足できる。したがって、光ファイバを所定の曲率半径で所定角度曲げた状態で固定することにより、さらに、低損失、かつ、低PDLの光モジュールを実現できる。

【0059】

図9は、本発明の光モジュール内で、曲げ角度の条件を変えた様々な構成方法を説明する図である。光モジュール内で使用される高太コア光ファイバの曲げ角度の条件は、180度以外の何度であっても良い。たとえば、図9(a)、図9(b)は、高太コア光ファイバ11の曲げ角度が90度の場合を示す。図9(c)、図9(d)、図9(e)は、高太コア光ファイバ16の曲げ角度が180度の場合を示す。図9(f)、図9(g)は、高太コア光ファイバ18の曲げ角度が360度の場合を示す。図9(h)、図9(i)は、高太コア光ファイバ19の曲げ角度が540度の場合を示す。図9(e)は、90度の曲げ部分を2つS字状に連結した高太コア光ファイバ17であるが、この場合でも曲げ角度を180度として設計すればよい。また、それぞれの曲げ角度の高太コア光ファイバの両端のいずれか、または途中に、光ファイバの直線部分を設けても良い。

【0060】

図9において、各ファイバおよび光導波路間の接続は、フェルール12a、12b、12c、12dに光ファイバを固定し、光コネクタに実装して接続した場合を想定している。これらのフェルール内部では光ファイバは直線となっているが、この直線部分も曲げ損失特性には影響しない。なお、高太コア光ファイバとの接続対象が光ファイバ同士であっても種類が異なる場合には、高太コア光ファイバのMFDは2つの接続対象のほぼ中間のMFDとする。同様に、2種類の光導波路間を、あるいは、図9(b)、図9(d)、図9(e)、図9(g)に示すように、光ファイバと光導波路15間を接続する場合も、高太コア光ファイバのMFDは2つの接続対象のMFDの、ほぼ中間のMFDとする。こうすることにより、2つの接続点における、接続損失の和を最小化することができる。

【0061】

次に、本光モジュールの他の様々な実施例について、以下詳細に説明する。

【0062】

(第2の実施例)

図10は、両側をレセプタクルとした光モジュールの実施例を示す図である。左側にN心のレセプタクル42a、42b、42cからなるレセプタクル部42、右側にM心のレセプタクル44a、44b、44cが並んだレセプタクル部44があり、その中央に取り回し空間43が配置され一体に構成されたハウジング30から成っている。このレセプタクル-レセプタクル型モジュールを、N×Mレセプタクル-レセプタクル型モジュールと呼ぶ。なお、N=1、M=1である。尚、図10においては簡単のためすべてのレセプタクルは示していない。

【0063】

レセプタクル42a、42b、42cとレセプタクル44a、44b、44cは、対向して配置され、その間に光ファイバの取り回し空間32が設けられている。光回路34は、レセプタクル部44の横に、各レセプタクルと平行に配置されている。光回路34に接続されている入出力光ファイバ35は、各フェルール36に装着され、取り回し空間32を利用して、両側のレセプタクル部の各レセプタクルと接続されている。この入出力光ファイバ35は、上で詳細に説明してきた高太コア光ファイバで、光回路34と各フェルールとの間で、180度の曲げ角度で使用されている。図1に示した光モジュールと同じく、フェルールは分離タイプである。

【0064】

10

20

30

40

50

図 1 1 は、光モジュールの両側をレセプタクルとしたもう一つの光モジュールの実施例を示す図である。図 1 0 の光モジュールと異なり、レセプタクル部 4 2 ともう一つのレセプタクル部 4 4 の間で、フェルルはフェルル連結部 4 1 によって一体に接続されており、フェルル結合型である。この場合、レセプタクル部 4 2 ともう一つのレセプタクル部 4 4 の両側にコネクタプラグをかん合することが可能となる。図 1 0 および図 1 1 の光モジュールとも、高 太コアファイバ 3 5 を適用しているため小形、低損失な光モジュールを実現した。

#### 【 0 0 6 5 】

以上述べた、図 1、図 1 0 の各モジュールは、一方のプラグまたはレセプタクルが構成される面と、もう一方のプラグまたはレセプタクルが構成される面が、同一面内に構成されているが、これに限定されない。すなわち、一方の構成面ともう一方の構成面が、平行でわずかにずれているような場合でも構わない。また、一方の構成面ともう一方の構成面が一定の角度をなしているような場合でも良い。例えば、2つの構成面が 90 度の角度をなして、L 型コネクタのように構成する場合であってもよい。また、各々のモジュールにおいて、高 太コア光ファイバ 3 5 は、光回路と各プラグ、各レセプタクルとを接続するのに使用されているが、これに限定されない。すなわち、プラグとレセプタクル間や、レセプタクル同士、プラグ同士を接続するのに使用する場合をも含む。

10

#### 【 0 0 6 6 】

##### ( 第 3 の実施例 )

図 1 2 は、本発明の光モジュールの他の実施例を示す図である。左側に一列に並んだ N 心のプラグ 3 1 a、3 1 b、3 1 c からなるプラグ部 3 1、右側に一列に並んだ M 心のレセプタクル 3 3 a、3 3 b、3 3 c からなるレセプタクル部 3 3 があり、両部の中央に高 太コア光ファイバ 3 5 の取り回し空間 3 2 が配置され一体に構成されたハウジング 3 0 から成っている。本実施例においては、各高 太コア光ファイバ 3 5 の取り回し形態を、図 1 2 に示したように曲げ角度 90 度で曲げている形態としているところに特徴がある。すなわち、光回路 3 4 の全体の長さが短いときには、光回路 3 4 をプラグ部 3 1 またはレセプタクル部 3 2 の側面に配置するのではなく、取り回し空間 3 2 内に配置している。この構成により、光モジュール全体の容積をより小さくすることが可能となった。高 太コアファイバ 3 5 を使用しているため小形、低損失な光モジュールを実現できる。

20

#### 【 0 0 6 7 】

##### ( 第 4 の実施例 )

図 1 3 は、本発明の光モジュールのさらに他の実施例を示す図である。2つのプラグからなるプラグ部 3 1 と、2つのレセプタクルからなるレセプタクル部 3 3 および、中央に取り回し空間 3 2 を配置して一体に構成されている。本実施例においては、光回路 3 4 の配置が他の実施形態と異なっている。これまで述べてきた実施形態においては、光回路 3 4 はその長手方向をプラグ、レセプタクルの軸に平行な向きとして、例えばレセプタクル部の配置構成面の延長上に配置されていた。高 太コア光ファイバ 3 5 は、プラグ、レセプタクルの構成面内に、所定の曲げ角度を形成して配置されていた。本実施例においては、光回路 3 4 は、レセプタクル部 3 3 の 2つのレセプタクル構成面の上方であって、光回路 3 4 の長手方向をレセプタクルの軸と平行な向きに搭載する形態としている。したがって、これまでの実施例とは、異なり、プラグ、レセプタクルの配置構成面にほぼ垂直の面内で、高 太コア光ファイバ 3 5 を曲げ角度 180 度として配置する構成となっている。光モジュールのコネクタ軸に垂直な方向のコネクタ幅を小さくすることが可能となった。なお、高 太コアファイバ 3 5 を適用しているため小形、低損失な光モジュールを実現した。

30

40

#### 【 0 0 6 8 】

図 1 4 は、2 × 1 プラグレセプタクル型光モジュールのより具体的な使用例を示す図である。レセプタクル側へは、外部コネクタプラグ 3 9 から、波長多重信号 1、2 が入力される。本光モジュール内の光回路 3 4 は、波長多重信号を分割する光フィルタ機能を持っている。この光モジュールを、既存の 2 心送受信モジュール 4 0 の前段に装着するこ

50

とにより、1心双方向通信を実現できる。高太コアファイバ35を適用しているので小形、低損失な光モジュールを実現した。

【0069】

(第5の実施例)

図15は、他の2×1プラグレセプタクル型光モジュールの実施例を示す断面図である。この実施例のように、光ファイバを1回転以上させるスペース45を設けてもよい。光回路のコネクタ軸方向の全長が若干大きくなるが、光回路の入出力光ファイバに全長を持たせることが可能となる。この場合には、曲げ半径5mm、曲げ角度360度で曲げることを条件に設計した高太コアファイバ35を用いる。あるいは、曲げ半径5mm、角度180度で設計した高太コアファイバでも、図7のハッチング領域に十分含まれるので、使用可能である。高太コアファイバ35を使用することにより、小形、低損失な光モジュールを実現できた。

10

【0070】

(その他の実施例)

図16は、2×2プラグレセプタクル型光モジュールの実施例を示す図である。図14に示した実施例の構成のレセプタクル部側に、スルーポート(レセプタクル)を追加したものである。すなわち、図16に示すように、1、2以外の、3、4などの信号をスルーポートから入出力することができる。複数の2心送受信モジュールをカスケード接続可能となる。本光モジュールは、高太コアファイバ35を使用しているので小形、低損失な光モジュールを実現できた。

20

【0071】

図17は、1×2プラグレセプタクル型光モジュールの実施例を示す図である。光回路34に、1.5/1.55μmカットフィルタを用いている。波長1.3μmと1.49μmの光で送受信を行い、1.55μmのCWD Mグリッドに追加サービスを付加することができる。既存の1心双方向モジュールに、本光モジュールをかん合させて、機能を拡張することができる。本光モジュールは、高太コアファイバ35を使用しているので小形、低損失な光モジュールを実現できた。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】フェルール分離型N×Mプラグレセプタクル型光モジュールの断面図である。

30

【図2】フェルール連結型N×Mプラグレセプタクル型光モジュールの断面図である。

【図3】PLC型波長分割多重光フィルタの光回路の例を示す図である。

【図4】光部品積層型波長分割多重光フィルタの光回路の例を示す図である。

【図5】高太コア光ファイバの原理・動作を説明する図である。

【図6】高次モードを1次モードに限定した場合の原理を説明する図である。

【図7】高太コア光ファイバの設計方法を説明する図である。

【図8】高太コア光ファイバの屈折率プロファイルの一例を示す図である。

【図9】高太コア光ファイバの曲げ形態を説明する図である。

【図10】フェルール分離型N×Mレセプタクル型光モジュールの断面図である。

【図11】フェルール連結型N×Mレセプタクル型光モジュールの断面図である。

40

【図12】光回路90度配置N×Mレセプタクル型光モジュールの断面図である。

【図13】光回路上積みN×Mレセプタクル型光モジュールの断面図である。

【図14】2×1プラグレセプタクル型光モジュールの断面図である。

【図15】光ファイバ余長収納スペース付き2×1プラグレセプタクル型光モジュールの断面図である。

【図16】2×2プラグレセプタクル型光モジュールの断面図である。

【図17】1×2プラグレセプタクル型光モジュールの断面図である。

【図18】従来の光モジュールを示す図である。

【符号の説明】

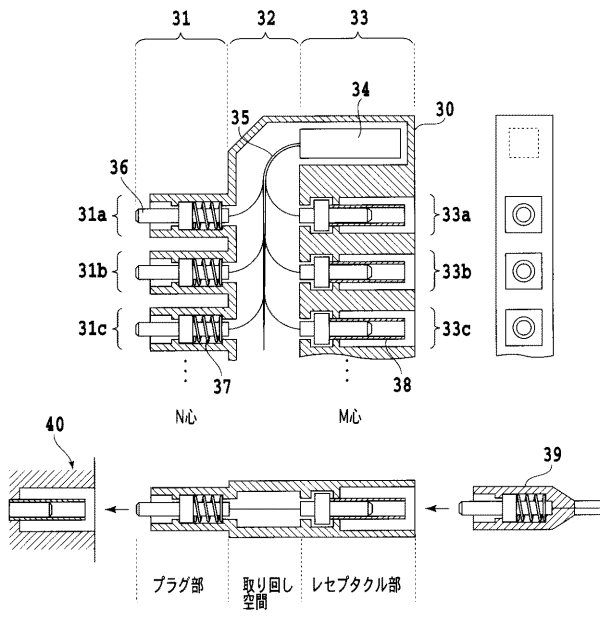
【0073】

50

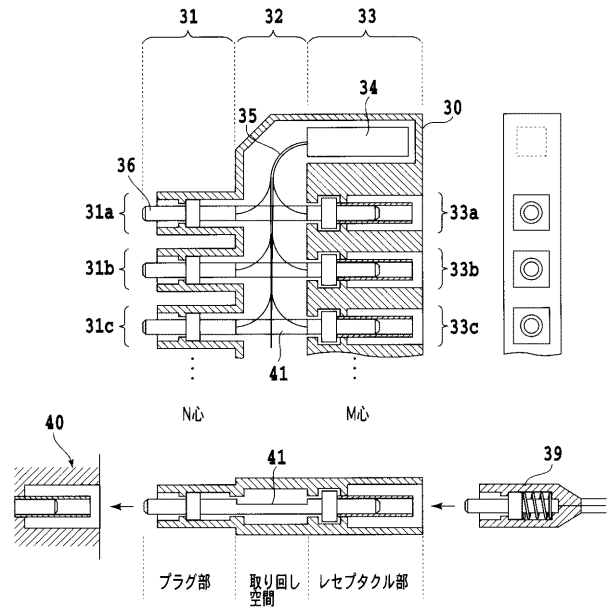
- 1、11、16、17、18、19、35 高太コア光ファイバ
- 2、13 入力シングルモード光ファイバ
- 3、14 出力シングルモード光ファイバ
- 4、5 接続点
- 7 コア
- 8 クラッド
- 12 a、12 b、12 c、12 d、36 フェルール
- 15、22 a、22 b、22 c、22 d 光導波路
- 21、35 光回路
- 23 a、23 b、28 波長分割フィルタ 10
- 25 a、25 b、25 c、25 d 光ファイバ
- 26 レンズアレイ
- 27 プリズムアレイ
- 29 全反射フィルタ
- 30 ハウジング
- 31、51 プラグ部
- 31 a、31 b、31 c プラグ
- 32、43 取り回し空間
- 33、42、44、52 レセプタクル部
- 33 a、33 b、33 c、42 a、42 b、42、42 d、44 a、44 b、44、 20
- 44 d レセプタクル
- 34 光回路
- 37 スプリング
- 38 スリーブ
- 39 光コネクタプラグ
- 40 光モジュール
- 41 フェルール連結部
- 45 ファイバ余長収納空間
- 50 フィルタ



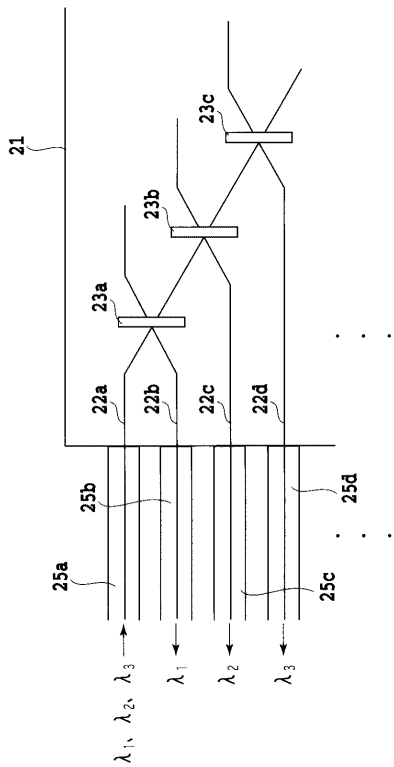
【図 1】



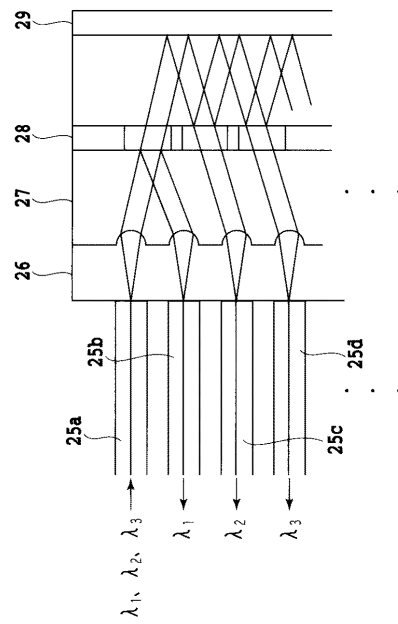
【図 2】



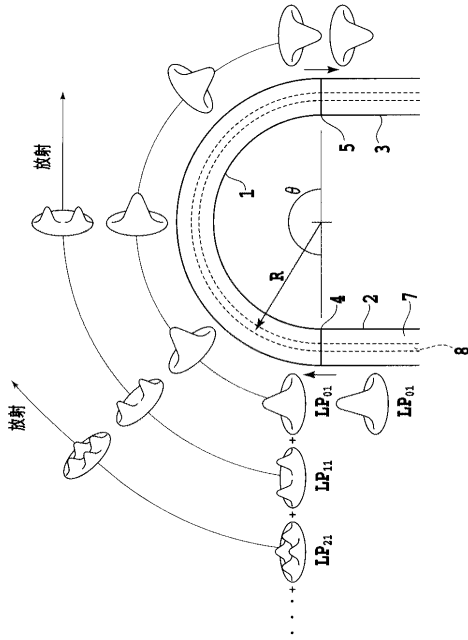
【図 3】



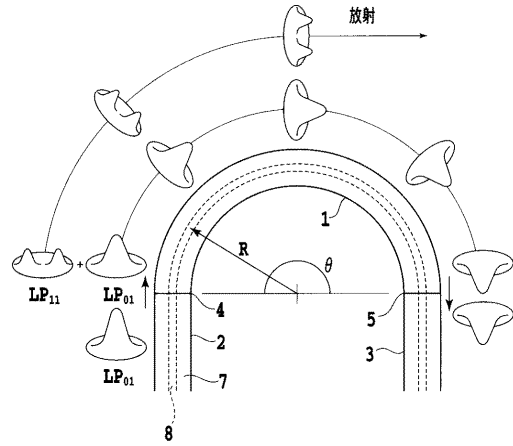
【図 4】



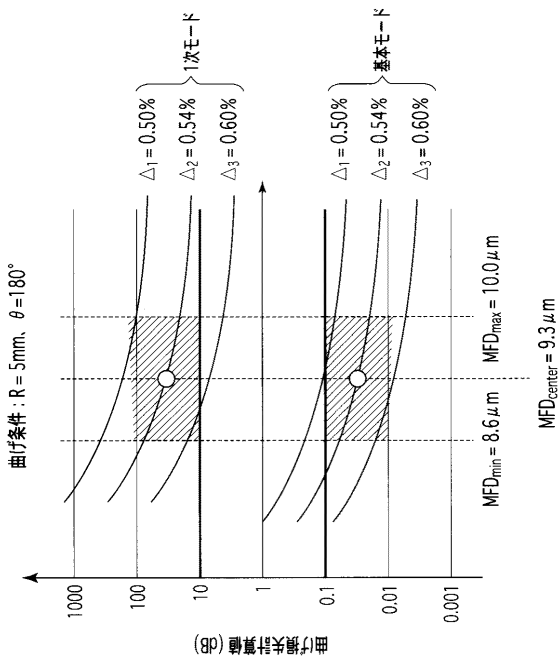
【 図 5 】



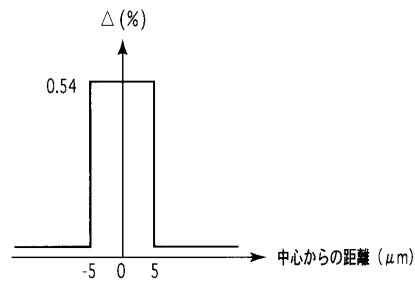
【 図 6 】



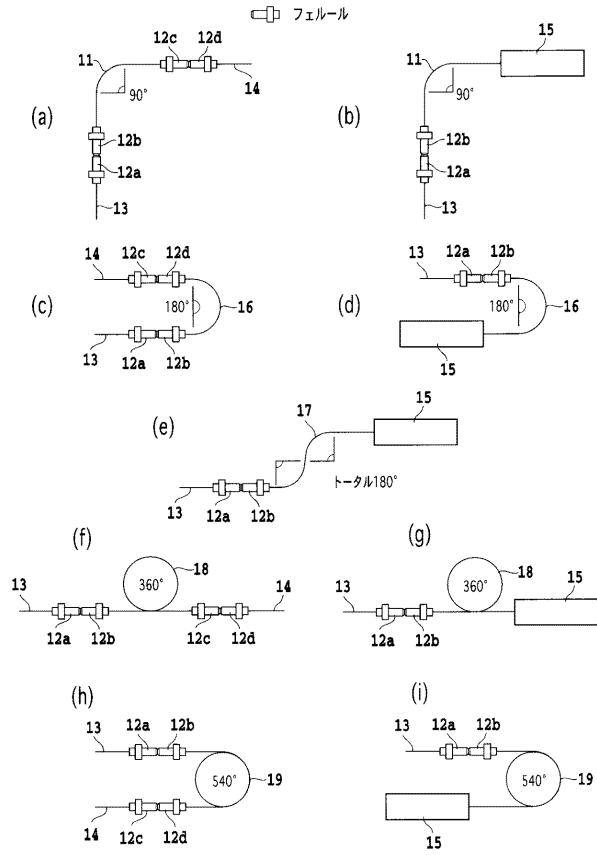
【 図 7 】



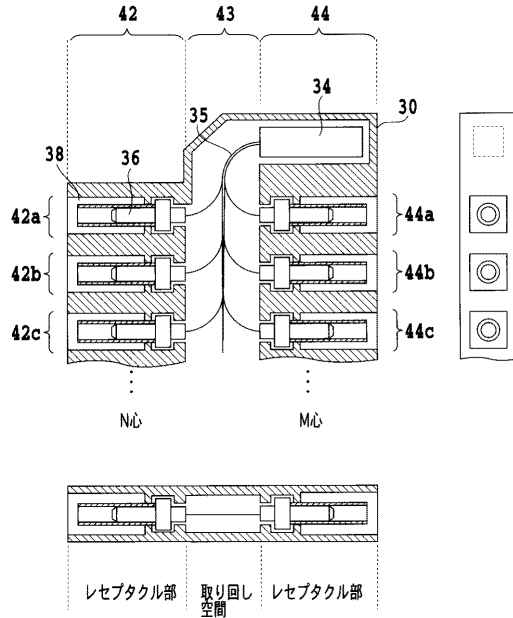
【 図 8 】



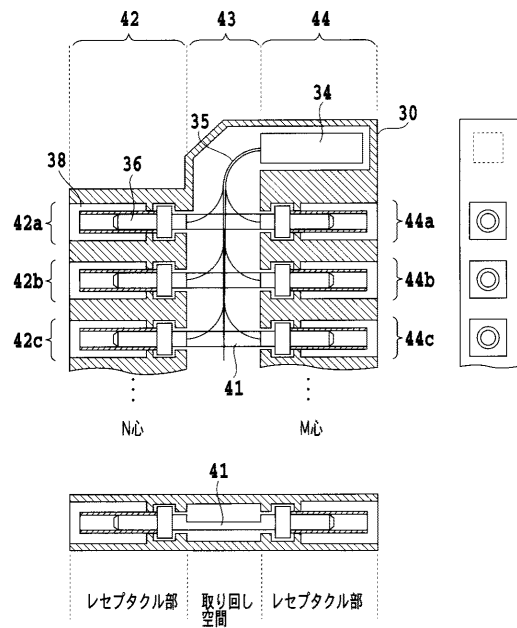
【 図 9 】



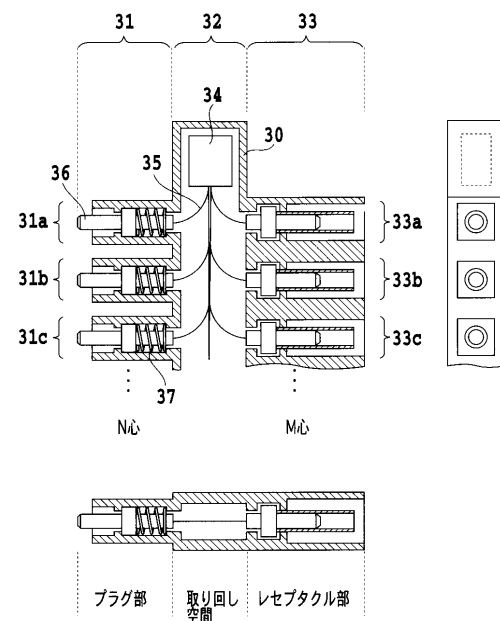
【 図 10 】



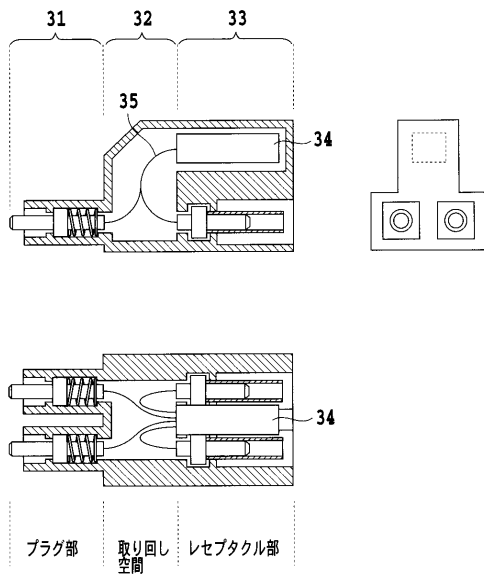
【 図 11 】



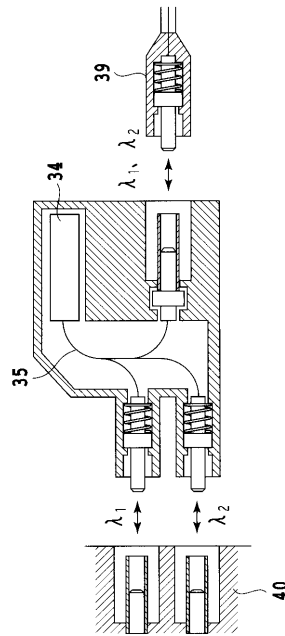
【 図 12 】



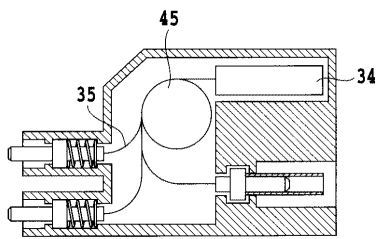
【図 13】



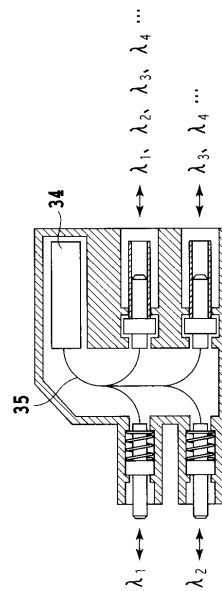
【図 14】



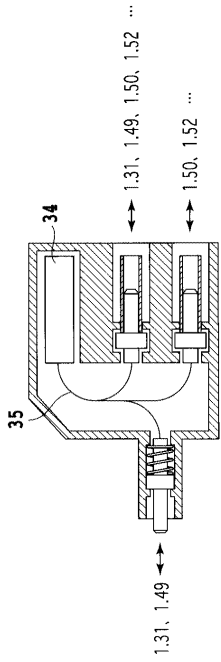
【図 15】



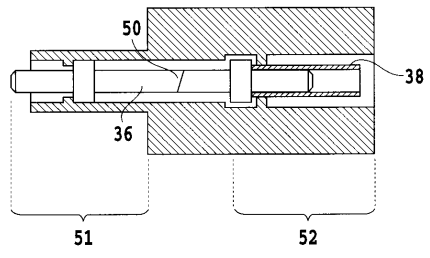
【図 16】



【 図 17 】



【 図 18 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 長瀬 亮  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 浅川 修一郎  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 大庭 直樹  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 今井 健之  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 有島 功一  
東京都渋谷区道玄坂一丁目12番1号 エヌティティエレクトロニクス株式会社内
- Fターム(参考) 2H036 QA03 QA44 QA46 QA59  
2H137 AB01 AB09 BA03 BA04 BA46 BA49 BC07 BC31 BC32 BC33  
BC51 BC55 CA35 DA07