(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年9月20日(20.09.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/168385 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 6/40 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/006526

(22) 国際出願日： 2018年2月22日(22.02.2018)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2017-053413 2017年3月17日(17.03.2017) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社 (**SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.**) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 森島 哲 (**MORISHIMA Tetsu**); 〒2448588 神奈川県横浜市栄区田谷町１番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内 Kanagawa (JP). 伊藤 淳 (**ITO Jun**); 〒2448588 神奈川県横浜市栄区田谷町１番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内 Kanagawa (JP).

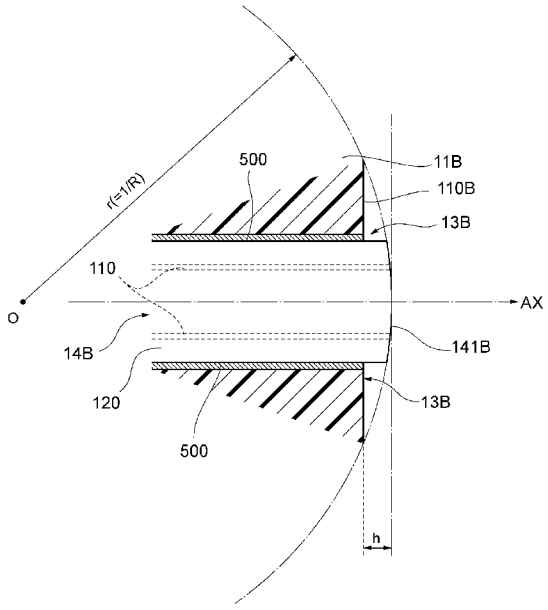
(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (**HASEGAWA Yoshiki** et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ（明治安田生命ビル） ９階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) **Title:** OPTICAL CONNECTOR

(54) 発明の名称： 光コネクタ

[図6]



(57) **Abstract:** The present embodiment relates to an optical connector capable of minimizing the pressure applied to each of a plurality of optical fibers simultaneously held in a ferrule while effectively reducing fiber damage. The optical connector includes a ferrule having a plurality of through-holes, and a plurality of optical fibers held by the ferrule with the end surfaces projecting therefrom. The optical connector enables excellent many-to-many PC connection by adjusting the maximum curvature of each end surface of the plurality of optical fibers, and the variation in the respective amounts of projection of the plurality of the optical fibers.

(57) 要約：本実施形態は、フェルールに同時に保持される複数の光ファイバにそれぞれ加えられる押圧力を低く抑えるとともに、ファイバ破損を効果的に抑制可能な光コネクタに関する。当該光コネクタは、複数の貫通孔を有するフェルールと、端面が突き出た状態でフェルールに保持された複数の光ファイバで構成され、複数の光ファイバそれぞれの端面における最大曲率と、複数の光ファイバそれぞれの突き出し量のバラツキ量と、が調整されることで、多対多の良好なＰＣ接続が可能になる。

WO 2018/168385 A1

［続葉有］

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

明　細　書

発明の名称 ： 光コネクタ

技術分野

[0001] 本発明は、光コネクタに関するものである。

背景技術

[0002] ＩＥＣのＭＰＯ（Multi-fiber Push On）コネクタの規格では、１２本のシングルコア光ファイバ（以下、「ＳＣＦ」と記す）を保持するＭＴ（Mechanically Transferable）フェルールに関し、該ＭＴフェルールからの各光ファイバの突き出し量は、１μｍ～３．５μｍ、１２本の光ファイバ間における突き出し量のバラツキ（最大突き出し量と最小突き出し量の差）は、０．３μｍ以下、各光ファイバの端面（以下、「ファイバ端面」と記す）の曲率半径は、１ｍｍ以上である点が規定されている。

[0003] 通常、それぞれが複数の光ファイバを保持する一対のＭＴフェルール同士を光学的に接続させるＭＰＯコネクタなどでは、ファイバ端面が対向配置された光ファイバ同士（クラッドの中央に位置するコア同士）を、低い押圧力でＰＣ（Physical Contact）接続させるため、ＭＴフェルールに保持される光ファイバの先端部分（以下、「ファイバ先端部分」と記す）を、該ＭＴフェルールから突き出させ、コア同士を接触し易くしている。

[0004] 一方、非特許文献１には、それぞれが複数本のマルチコア光ファイバ（以下、「ＭＣＦ」と記す）を保持したＭＴフェルール同士を突き合わせ、一方側に位置するＭＣＦと他方側に位置するＭＣＦ同士を同時にＰＣ接続「多対多のＰＣ接続」と記す）させるＭＰＯコネクタが開示されている。

[0005] 一般に、ＭＣＦは、コアがファイバの中央部分以外にも存在するため、互いに対向配置された２本のＭＣＦ同士をＰＣ接続する場合、通常のＳＣＦよりも広い範囲を面接触させる必要がある。したがって、ＭＣＦ同士のＰＣ接続では、ファイバ端面の広い範囲を弾性変形させる必要があり、対向配置された２本のＭＣＦそれぞれのファイバ端面に加えられる押圧力は、通常のＳ

ＣＦに比べて増大する傾向がある。なお、上記非特許文献１では、ファイバ先端部分はＭＴフェルールの孔に固定されておらず、ＭＴフェリールの前方端面からのＭＣＦの突き出し量は、一般的な突き出し量よりも大きい４μｍ以上に設定されている。更に、ＭＣＦの中心軸上に配置された中央コアと、該中心軸を取り囲むように配置された周辺コアとの中心間間隔は、５０μｍに設定されている。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1：Kengo Watanabe, et al., “MPO Type 8-Multicore Fiber Connector With Physical Contact Connection”, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 34, NO. 2, JANUARY 15, 2016

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 発明者らは、従来の光コネクタについて検討した結果、以下のような課題を発見した。すなわち、互いに対向する２本のＭＣＦのＰＣ接続において、該２本のＭＣＦのファイバ端面に高い押圧力を加えなければ各ＭＣＦの中心コア以外の周辺コアがＰＣ接続しない場合がある。したがって、各ＭＣＦの周辺コアについても良好にＰＣ接続させるためには、各ＭＣＦのファイバ端面における広い範囲に亘って弾性変形させる必要がある（高い押圧力が必要になる）。

[0008] また、上記非特許文献１のＭＰＯコネクタには、ＭＴフェルールの前方端面から突き出したＭＣＦ（ファイバ先端部分）が欠けるなど、信頼性に問題がある。具体的には、ＭＴフェルールに設けられたＭＣＦ保持用の複数の孔それぞれには、挿入されたＭＣＦが接着されておらず、更に、ＭＣＦの突き出し量も大きく設定されている。このようなＭＰＯコネクタでは、対向するＭＣＦのＰＣ接続や、ファイバ端面の清掃の際などで、ＭＣＦに割れや欠けが発生する可能性があった（使用不能になる可能性がある）。また、ファイ

バ端面に傷が発生し易く、ＭＣＦ反射特性の劣化の懸念もある。

[0009] 更に、上記非特許文献１のＭＰＯコネクタでは、ＭＴフェルールの前方端面からのＭＣＦの突き出し量の制御が難しいという課題もある。ＭＣＦの突き出し量のバラツキが大きいと、ＰＣ接続されていないＭＣＦが現れる可能性もある。

[0010] 本発明は、上述のような課題を解決するためになされたものであり、フェルールに同時に保持される複数の光ファイバにそれぞれ加えられる押圧力を低く抑えるとともに、該複数の光ファイバの破損の可能性を低減する構造を備えた光コネクタを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0011] 本実施形態に係る光コネクタは、それぞれがフェルールに一体化された状態での光ファイバ同士のＰＣ接続を安全かつ容易に可能にするための構造を備える。具体的に、本実施形態に係る光コネクタの一態様は、複数の第１光ファイバと、第１フェルールと、を備える。第１フェルールは、一端面（前方端面）と、該前方端面上に開口を有する複数の貫通孔（以下、「フェルール孔」と記す）と、を有し、これら複数のフェルール孔によって、ファイバ端面を突き出させた状態で複数の第１光ファイバが保持される。特に、各ファイバ先端部分は、以下の式（１）を満たすように、第１フェルールに保持されている。

$$(\Delta h / 3.5)^2 + (R / 0.2)^2 < 1 \quad \cdots (1)$$

ここで、Δｈ［μｍ］は、複数のフェルール孔それぞれの一方の開口部が配置された、第１フェルールの前方端面からファイバ端面までの、各光ファイバの中心軸に沿って定義される突き出し量ｈ［μｍ］のバラツキ量であり、Ｒは、各ファイバ端面の最大曲率［１／ｍｍ］である。

発明の効果

[0012] 本発明に係る光コネクタによれば、フェルールに同時に保持される複数の光ファイバのファイバ端面の曲率Ｒが小さく設定されるため（ファイバ端面の平坦性増大）、複数の光ファイバそれぞれに加えられる押圧力を低く抑え

ることが可能になる。また、フェルールの前方端面からの光ファイバの突き出し量のバラツキが小さいため、該複数の光ファイバの破損の可能性を低減することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]は、本実施形態に係る光コネクタとして、ＭＴコネクタ１とＭＰＯコネクタ１’の構造を示す図である。

[図2]は、本実施形態に係る光コネクタとして、ＳＣ（Single Coupling）型コネクタ２およびＳＣフェルールの断面構造を示す図である。

[図3]は、ＳＣＦおよびＭＣＦそれぞれの断面構造を示す図である。

[図4]は、第１実施形態および比較例におけるＭＣＦの突き出し状態を説明するための、ＭＴフェルールの断面図である。

[図5]は、第１実施形態および比較例それぞれにおけるＰＣ接続を説明するための図である。

[図6]は、第１実施形態におけるＭＣＦのファイバ端面の曲率半径Ｒと突き出し量ｈとの関係を説明するための図である。

[図7]は、第１実施形態におけるＭＣＦのファイバ先端部分の状態を説明するための図である。

[図8]は、ＰＣ接続される光ファバのファイバ端面それぞれに加えられる押圧力ごとの、突き出し量ｈ（または引き込み量ｄ）のバラツキ量Δｈと最大曲率Ｒとの関係を示すグラフである。

[図9]は、第２実施形態および比較例それぞれにおけるＰＣ接続を説明するための図である。

[図10]は、第２実施形態におけるＭＣＦのファイバ端面の曲率半径Ｒと引き込み量ｄとの関係を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0014] [本願発明の実施形態の説明]

最初に本願発明の実施形態の内容をそれぞれ個別に列挙して説明する。

[0015] （１）本実施形態に係る光コネクタは、その一態様として、複数の第１光

ファイバと、第１フェルールと、を備える。第１フェルールは、一端面（前方端面）と、該前方端面上に開口を有する複数のフェルール孔と、を有する。特に、各ファイバ先端部分は、以下の式（２）を満たすように、第１フェルールに保持されている。

$$(\Delta h / 3.5)^2 + (R / 0.2)^2 < 1 \quad \cdots (2)$$

ここで、Δｈは、複数のフェルール孔それぞれの一方の開口が配置された、第１フェルールの前方端面からファイバ端面までの、各光ファイバの中心軸に沿って規定される突き出し量ｈのバラツキ量であり、Ｒは、各ファイバ端面の最大曲率である。

[0016] （２）本実施形態に係る光コネクタは、それぞれがフェルールに一体化された状態での光ファイバ同士のＰＣ接続を安全かつ容易に可能にするための構造を備える。そのため、本実施形態の一態様として、当該光コネクタでは、ＰＣ接続前の状態で、複数の第１光ファイバそれぞれの先端部分の側面と、第１フェルールの複数のフェルール孔それぞれの内壁面とが、接着固定されている。

[0017] （３）本実施形態の一態様として、上述のような構造において、ファイバ端面の曲率半径ｒ（＝１／Ｒ）は、２５ｍｍ以上、好ましくは６０ｍｍ以上、より好ましくは１００ｍｍ以上に設定される。また、突き出し量ｈの最大値は、３．５μｍ以下、好ましくは１．０μｍ以下、より好ましくは０．５μｍ以下の正の値で規定される。なお、本明細書において、「突き出し量」は、フェルールの前方端面と、該前方端面から突き出でたファイバ端面との間の、当該光ファイバの中心軸長で規定され、「光ファイバの中心軸長」は、光ファイバの長手方向に直交する該光ファイバの断面の中心を通過する軸の長さを意味する。一般的に、１２本の光ファイバを保持するＭＴ（Mechanically Transferable）フェルールの場合、ファイバ端面の曲率半径ｒは、３ｍｍ～１０ｍｍであるのに対し、本実施形態では、ファイバ端面がより平坦化されている。また、ＭＴフェルールの標準規格では、突き出し量ｈは１μｍ～３．５μｍであり、光ファイバ同士の多対多のＰＣ接続場合、突き出し

量ｈのバラツキ量Δｈと曲率Ｒ（あるいは曲率半径ｒ）はトレードオフの関係にある。

[0018] （４）上記非特許文献１に開示されているように、光ファイバの端面が突き出し研磨されている場合、光ファイバ端面の弾性変形を利用してファイバ端面同士をより広い面積に亘って突き合わさせるため（ＰＣ接続）、より大きな押圧力が必要になる。しかしながら、ファイバ先端部がフェルール孔に固定されていないため、フェルールにより保護されないファイバ先端部分が長くなるほど、ＰＣ接続の作業時の他、ファイバ端面の清掃時などにおいて光ファイバの破損（ガラス部分の割れや欠け）の可能性の他、ファイバ端面における傷の発生は、反射特性の劣化を引き起こす可能性も高くなる。加えて、光ファイバ間における突き出し量のバラツキも大きく、ファイバ端面に加えられる押圧力にも大きなバラツキが生じするだけでなく、ＰＣ接続できない光ファイバが出現する可能性もある。これに対し、本実施形態では、突き出し量ｈのバラツキ量Δｈおよび最大曲率Ｒが、上記式（２）を満たすことにより、光ファイバ間に突き出し量ｈのバラツキが生じている場合でも、ＭＴフェルールに同時に保持される複数の光ファイバの何れについても、光ファイバ同士の良好なＰＣ接続が維持され得る。

[0019] （５）本実施形態の一態様として、複数の第１光ファイバそれぞれは、ＭＣＦ（マルチコア光ファイバ）であるのが好ましい。ＭＣＦは、複数のコアと、該複数のコアそれぞれを取り囲む単一のクラッドと、を備える。特に、複数のコアを有するＭＣＦの場合、ファイバ端面同士が対向する２本のＭＣＦのＰＣ接続を実現するためには、ファイバ端面の平坦化がより有効である。また、ＭＣＦの長手方向に直交する当該ＭＣＦの断面において、複数のコアは、該断面の中心から複数のコアそれぞれの中心までの最短距離が５μｍ以上離れた状態で、該断面の中心を取り囲むように配置されている。このように、コアの偏心量以上にクラッドの中心（ＭＣＦの断面中心に一致）から離れた位置にコアが存在するＭＣＦ同士のＰＣ接続では、ファイバ端面の平坦化がより有効である。

[0020] （６）本実施形態の一態様として、複数の第１光ファイバそれぞれの突き出し量ｈのバラツキ量Δｈは、０．１μｍ以下、好ましくは０．０５μｍ以下である。この場合、光ファイバごとに加えられる押圧力の均一化が可能になる。

[0021] （７）本実施形態の一態様として、フェルール同士の突き合わせを可能にするため、第１フェルールは、複数のフェルール孔を挟むように配置された一対のガイド孔を有してもよい。この場合、当該光コネクタは、複数の第１光ファイバと、該第１光ファイバを保持する、上述のような構造を有する第１フェルールと、複数の第２光ファイバと、該第２光ファイバを保持する第２フェルールと、一対のガイドピンと、第１フェルールに保持された第１光ファイバそれぞれと第２フェルールに保持された第２光ファイバとの多対多のＰＣ接続するための押圧付与構造を備えてもよい。なお、第１光ファイバの何れかとＰＣ接続される第２光ファイバそれぞれは、該第１光ファイバと同じ構造を有する。第２フェルールも、第１フェルールと同じ構造を有する。一対のガイドピンそれぞれは、第１フェルールの対応するガイド孔に挿入される一方の端部と、第２フェルールの対応するガイド孔に挿入される他方の端部と、を備える。押圧付与構造は、一対のガイドピンを介して第１および第２フェルールを対向配置させた状態で、第１光ファイバの端面それぞれと第２光ファイバの端面それぞれとを、１０Ｎ以上、好ましくは２０Ｎ以上の押圧力を加えながら突き合わせる。本実施形態は、このような押圧力により、第１光ファイバおよび第２光ファイバの各端面に所望の弾性変形を加え、対応する第１および第２光ファイバ間において、ファイバ端面同士のＰＣ接続を可能にする。

[0022] （８）本実施形態の一態様として、当該光コネクタは、押圧によるフェルール自体の変形を利用する単一の光ファイバ同士のＰＣ接続を可能にするＳＣ構造を備えてもよい。この場合、ＳＣ構造を有する当該光コネクタは、単一の第１光ファイバと、ジルコニアからなる第１フェルールであって、一端面（前方端面）と、該前方端面上に開口を有する単一のフェルール孔を有す

る。この第１フェルールのフェルール孔は、第１光ファイバのファイバ先端部分（ファイバ端面を含む）を貫通させた状態で、該ファイバ先端部分を保持する。特に、ファイバ端面の最大曲率Ｒで規定される、ファイバ端面の曲率半径ｒ（＝１／Ｒ）は、一般的な単一の光ファイバを保持するフェルールの規格（１０ｍｍ～２５ｍｍ）を満たすよう、１０ｍｍ以上、好ましくは２５ｍｍ以上に設定され、フェルール孔の一方の開口が配置された、第１フェルールの前方端面から第１光ファイバの端面までの、光ファイバの中心軸に沿って規定される引き込み量ｄは、－０．０５μｍ以上かつ＋０．１μｍ以下に設定される（推奨規格：ＪＩＳ５９６５－３－２、ＩＥＣ　６１７５５－３－２）。なお、本明細書において、「引き込み量」は、フェルールの前方端面と、該前方端面からファイバ端面との間の、当該光ファイバの中心軸長で規定される。引き込み量が正の数値範囲に収まる場合、該引き込み量は、ファイバ端面がフェルール孔の内部に位置する状態を意味する。また、引き込み量が負の数値範囲に収まる場合、該引き込み量は、ファイバ端面がフェルールの外部（前方端面から突き出した状態）に位置することを意味する。

[0023] （９）本実施形態の一態様として、ＳＣ構造を有する光コネクタは、単一の第１光ファイバと、該第１光ファイバを保持する、上述のような構造を有する第１フェルールと、単一の第２光ファイバと、該第２光ファイバを保持する第２フェルールと、第１および第２フェルールを対向配置させるためのガイド構造と、これら第１および第２フェルールを付き合わせることにより、第１光ファイバと第２光ファイバとの一対一のＰＣ接続を可能にする押圧付与構造と、を備えてもよい。なお、第１光ファイバとＰＣ接続される第２光ファイバは、該第１光ファイバと同じ構造を有する。第２フェルールも、第１フェルールと同じ構造を有する。押圧付与構造は、第１フェルールの前方端面と第２フェルールの前方端面とを、５Ｎ以上、好ましくは１０Ｎ以上、より好ましくは２０Ｎ以上の押圧力を加えながら突き合わせる。本実施形態は、このような押圧力により、第１および第２フェルールが変形し、第１

光ファイバのファイバ端面と第２光ファイバのファイバ端面とのＰＣ接続が可能になる。また、上述のようなＳＣ構造を有する光コネクタは、第１および第２フェルールを対向配置させるためのガイド構造を、更に備えてもよい。

[0024] 以上、この[本願発明の実施形態の説明]の欄に列挙された各態様は、残りの全ての態様のそれぞれに対して、または、これら残りの態様の全ての組み合わせに対して適用可能である。

[0025] ［本願発明の実施形態の詳細］

本願発明に係る光コネクタの具体例を、以下に添付の図面を参照しながら詳細に説明する。なお、本発明は、これら例示に限定されるものではなく、特許請求の範囲によって示され、また、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内での全ての変更が含まれることが意図されている。また、同一部位、同一要素については同一符号を付し、重複する説明を省略する。

[0026] 図１は、本実施形態に係る光コネクタとして、ＭＴコネクタ１とＭＰＯコネクタ１’の構造を示す図である。また、図２は、本実施形態に係る光コネクタとして、ＳＣ型コネクタ２および該ＳＣ型コネクタ２に適用可能なＳＣフェルールの断面構造を示す図である。図１中に示されたタイプＡおよびタイプＢは、何れも光ファイバ間のＰＣ接続を同時に実現することにより多対多の光接続を可能にする光コネクタであり、タイプＡは、ＭＴコネクタ１の一例を示し、タイプＢは、ＭＰＯコネクタ１’の一例を示す。また、図２中に示されたタイプＣの光コネクタは、光ファイバ間のＰＣ接続により一対一の光接続を可能にするＳＣ型コネクタ２の一例である。タイプＤは、上述のタイプＣのＳＣ型コネクタ２に適用されるＳＣフェルールの断面構造（III-III線で示された断面構造）の一例である。

[0027] 図１中に示されたタイプＡのＭＴコネクタ１は、ＭＴフェルール１１Ａを含むプラグ１０Ａと、ＭＴフェルール１１Ｂを含むプラグ１０Ｂと、プラグ１０Ａとプラグ１０Ｂを搭載した状態でこれらプラグ１０Ａ、１０Ｂそれぞれに押圧を加える、押圧付与構造としてのクリップ１６と、を備える。クリ

ップ１６には、ガイドピン１５を介してこれらプラグ１０Ａ、１０Ｂが当接された状態で搭載される。なお、クリップ１６には、プラグ１０Ａに図中の矢印Ｓ１で示された方向に押圧を加える支持片１６Ａと、プラグ１０Ｂに図中の矢印Ｓ２で示された方向に押圧を加える支持片１６Ｂが設けられている。互いに当接した状態でプラグ１０Ａおよびプラグ１０Ｂがクリップ１６に搭載されると、光ファイバ１４Ａと光ファイバ１４ＢとがそれぞれＰＣ接続され、多対多の光接続が実現する。

[0028] プラグ１０Ａは、ＭＴフェルール１１Ａと、光ケーブル１４０Ａ（テープファイバでもよい）内に束ねられた複数の光ファイバ１４Ａと、により構成されている。光ケーブル１４０Ａは、ブーツを介してＭＴフェルール１１Ａに取り付けられている。ＭＴフェルール１１Ａには、光ファイバ１４Ａの先端部分（後述するファイバ端面１４１Ａを含む）をそれぞれ貫通させた状態で保持する複数のフェルール孔１３Ａが設けられており、光ファイバ１４Ａのファイバ端面１４１ＡがＭＴフェルール１１Ａの前方端面１１０Ａから突き出ている。また、ＭＴフェルール１１Ａの前方端面１１０Ａには、複数のフェルール孔１３Ａを挟むように、ガイド孔１２Ａが設けられており、一対のガイドピン１５の一方の端部がそれぞれ挿入される。

[0029] プラグ１０Ｂは、上述のプラグ１０Ａと同じ構造を有する。すなわち、プラグ１０Ｂは、ＭＴフェルール１１Ｂと、光ケーブル１４０Ｂ内に束ねられた複数の光ファイバ１４Ｂと、により構成されている。光ケーブル１４０Ｂは、ブーツを介してＭＴフェルール１１Ｂに取り付けられている。ＭＴフェルール１１Ｂには、光ファイバ１４Ｂの先端部分（後述するファイバ端面１４１Ｂを含む）をそれぞれ貫通させた状態で保持する複数のフェルール孔１３Ｂが設けられており、光ファイバ１４Ｂのファイバ端面１４１ＢがＭＴフェルール１１Ｂの前方端面１１０Ｂから突き出ている。また、ＭＴフェルール１１Ｂの前方端面１１０Ｂには、複数のフェルール孔１３Ｂを挟むように、ガイド孔１２Ｂが設けられており、一対のガイドピン１５の他方の端部がそれぞれ挿入される。

[0030] 図１中に示されたタイプＢのＭＰＯコネクタ１’も、上述のＭＴコネクタ１と同様に、ＭＴフェルール１１Ａを含むプラグ１０Ａと、ＭＴフェルール１１Ｂを含むプラグ１０Ｂと、を備えるが、更に、一対のガイドピン１５を介して対面配置されるＭＴフェルール１１Ａ、１１Ｂに押圧力を加えた状態で、プラグ１０Ａとプラグ１０Ｂを保持するアダプタ１０Ｃを備える点で、タイプＡのＭＴコネクタ１と異なる。更に、タイプＡのＭＴコネクタ１と異なる構造として、タイプＢのプラグ１０Ａおよびプラグ１０Ｂは、ＭＴフェルール１１Ａ、１１Ｂをそれぞれ収納するハウジング１１１Ａ、１１１Ｂを有する。ハウジング１１１Ａには、押圧付与構造の一部を構成する一対の係合溝１１２Ａが設けられ、ハウジング１１１Ｂには、押圧付与構造の一部を構成する一対の係合溝１１２Ｂが設けられている。一方、アダプタ１０Ｃは、ＭＴフェルール１１Ａを収納したプラグ１０Ａの先端部分が挿入された状態で該プラグ１０Ａを保持する開口部１２０Ａと、ＭＴフェルール１１Ｂを収納したプラグ１０Ｂの先端部分が挿入された状態で該プラグ１０Ｂを保持する開口部１２０Ｂと、を有する。開口部１２０Ｂ内には、プラグ１０Ｂの一対の係合溝１１２Ｂに嵌る係合ピン１２１Ｂが設けられており、開口部１２０Ａについても、一対の係合ピン１２１Ｂと同じ構造の一対の係合ピンが設けられている。なお、上述の構造を除く他の構造については、タイプＡのＭＴコネクタ１と同様である。

[0031] 図２中に示されたタイプＣのＳＣ型コネクタ２は、ＳＣフェルール２１Ａがハウジング内に収納されたプラグ２０Ａと、ＳＣフェルール２１Ａがハウジング内に収納されたプラグ２０Ｂと、これらプラグ２０Ａ、２０Ｂを対向配置した状態で保持するアダプタ２０Ｃとを備える。アダプタ２０Ｃは、プラグ２０Ａ収納する開口部２００Ａと、プラグ２０Ｂを収納する開口部２００Ｂを有する。また、アダプタ２０Ｃには、プラグ２０Ａに押圧を加えるための押圧付与構造の一部を構成する係合口２０２Ａと、プラグ２０Ａを開口部２００Ａ内の所定位置に導くためのガイド溝２０１Ａと、プラグ２０Ｂに押圧を加えるための押圧付与構造の一部を構成する係合口２０２Ｂと、プラ

グ２０Ｂを開口部２００Ｂ内の所定位置に導くためのガイド溝２０１Ｂと、が設けられている。プラグ２０Ａ、２０Ｂがアダプタ２０Ｃに挿入されると、光ファイバ１４Ａと光ファイバ１４ＢとがＰＣ接続され、これにより、一対一の光接続が実現する。

[0032] プラグ２０Ａは、ＳＣフェルール２１Ａと、光ケーブル２４０Ａに含まれる光ファイバ１４Ａと、を備え、これらＳＣフェルール２１Ａと光ファイバ１４Ａの先端部分はハウジング２２Ａ内に収納されている。ハウジング２２Ａには、アダプタ２０Ｃの係合口２０２Ａとともに、当該プラグ２０Ａに押圧を加えるための押圧付与構造の一部を構成する係合ピン２２１Ａと、アダプタ２０Ｃのガイド溝２０１Ａとともに、当該プラグ２０Ａを開口部２００Ａ内の所定位置に導くためのガイド片２２０Ａが設けられている。係合ピン２２１Ａは、図中の矢印Ｓ３で示された方向に動くことにより、係合口２０２Ａと係合する。

[0033] プラグ２０Ｂは、上述のプラグ２０Ａと同じ構造を有する。すなわち、プラグ２０Ｂは、ＳＣフェルール２１Ｂと、光ケーブル２４０Ｂに含まれる光ファイバ１４Ｂと、を備え、これらＳＣフェルール２１Ｂと光ファイバ１４Ｂの先端部分はハウジング２２Ｂ内に収納されている。ハウジング２２Ｂには、アダプタ２０Ｃの係合口２０２Ｂとともに、当該プラグ２０Ｂに押圧を加えるための押圧付与構造の一部を構成する係合ピン２２１Ｂと、アダプタ２０Ｃのガイド溝２０１Ｂとともに、当該プラグ２０Ｂを開口部２００Ｂ内の所定位置に導くためのガイド片２２０Ｂが設けられている。

[0034] 図２中に示されたタイプＤは、タイプＣのＳＣ型コネクタ２に適用されるＳＣフェルール２１Ａ（２１Ｂ）の断面である。一方のＳＣフェルール２１Ａは、ファイバ挿入孔２１１Ａと、フェルール孔２３Ａとを有する。フェルール孔２３Ａの内壁面には、当該フェルール孔２３Ａ内に挿入された光ファイバ１４Ａの先端部分の側面が、エポキシ樹脂等の接着剤５００により接着固定されている。なお、このＳＣフェルール２１Ａの場合、光ファイバ１４Ａのファイバ端面１４１Ａは、ＳＣフェルール２１Ａの前方端面２１０Ａか

ら突き出ない位置（具体的には、フェルール孔２３Ａの内部）に位置するのが好ましい。なお、他方のＳＣフェルールは図示されていないが、一方のＳＣフェルール２１Ａと同じ構造を有するため、参考のため、ＳＣフェルール２１Ａの各部の参照番号に記号「Ｂ」を付けて示した。

[0035] 上述のタイプＡのＭＴコネクタ１、タイプＢのＭＰＯコネクタ１’、およびタイプＣのＳＣ型コネクタ２に適用される光ファイバ１４Ａおよび光ファイバ１４Ｂは、例えば図３に示されたように、タイプＡのＳＣＦおよびタイプＢのＭＣＦの何れも適用可能である。なお、図３中、ＡＸは、光ファイバ１４Ａ、１４Ｂそれぞれの中心軸である。また、中心軸ＡＸは、光ファイバ１４Ａ、１４Ｂそれぞれの長手方向に直交する断面の中心を通る軸を意味する。

[0036] 具体的に、タイプＡのＳＣＦは、中心軸ＡＸに沿って延びた単一のコア１１０と、該コア１１０を取り囲む単一のクラッド１２０から構成されている。一方、タイプＢのＭＣＦは、当該ＭＣＦの断面において、中心軸ＡＸ上には存在しないが、該中心軸を取り囲むように配置された複数のコア１１０と、これら複数のコアを取り囲む単一のクラッド１２０から構成されている。なお、タイプＢのＭＣＦにおいて複数のコア１１０は、断面中心（中心軸ＡＸに一致）からこれら複数のコア１１０それぞれの中心までの最短距離が５μｍ以上離れた状態で、該断面中心を取り囲むように配置されている。

[0037] （第１実施形態）

第１実施形態は、図１中に示されたタイプＡのＭＴコネクタ１や、タイプＢのＭＰＯコネクタ１’に関する。図４には、上記非特許文献１に示されたＭＴフェルール６００の断面構造（タイプＡ）と、本実施形態のＭＴコネクタ１やＭＰＯコネクタ１’に適用可能なＭＴフェルール１１Ａの断面構造（タイプＢ）が示されている。なお、図４の断面構造は、図１中のタイプＡに示されたI-I線に沿った断面に一致している。また、図４中のタイプＢは、ＭＴフェルール１１Ａのみ示されているが、ＭＴフェルール１１Ｂの断面構造については、ＭＴフェルール１１Ａと同じ構造を有するため省略されている

。

[0038] すなわち、タイプＡのＭＴフェルール６００には、それぞれのファイバ端面６０４が突き出し研磨された複数の光ファイバ６０３が挿入される複数のフェルール孔６０２が設けられている。このタイプＡのＭＴフェルール６００において、光ファイバ６０３のファイバ端面６０４それぞれは、当該ＭＴフェルール６００の前方端面６０１から４μｍ以上突き出ている。また、光ファイバ６０３の側面は、フェルール孔６０２の内壁面には固定されていない。

[0039] 一方、タイプＢのＭＴフェルール１１Ａにも、それぞれのファイバ端面１４１Ａが所定の曲率Ｒに設定された複数の光ファイバ１４Ａが挿入される複数のフェルール孔１３Ａが設けられている。このタイプＢのＭＴフェルール１１Ａにおいて、光ファイバ１４Ａのファイバ端面１４１Ａそれぞれは、当該ＭＴフェルール１１Ａの前方端面１１０Ａから所定距離（突き出し量ｈ）だけ突き出ている。また、光ファイバ１４Ａの側面は、上述のタイプＡのＭＴフェルール６００とは異なり、接着剤５００により、ＰＣ接続前に予めフェルール孔１３Ａの内壁面に接着固定されている。特に、本実施形態では、ＰＣ接続前には光ファイバ１４ＡがＭＴフェルール１１Ａに固定されているため、光ファイバ１４Ａの突き出し量ｈのばらつきは、光ファイバ１４Ａのファイバ端面１４１Ａそれぞれに略均一に押圧力が加えられるよう、０．１μｍ以下であるのが好ましい。

[0040] 図５には、タイプＡ（比較例）として、図４中のタイプＡのＭＴフェルール６００を利用したＰＣ接続が示され、タイプＢ（第１実施形態）として、図４中のタイプＢのＭＴフェルール１１ＡとＭＴフェルール１１Ｂ（図１のタイプＡまたはタイプＢ）を利用したＰＣ接続が示されている。

[0041] 比較例に係るタイプＡのＰＣ接続の場合、それぞれの前方端面６０１が所定距離を保ったまま２個のＭＴフェルール６００が対向配置される。ＰＣ接続前、各ＭＴフェルール６００のフェルール孔６０２には、ファイバ端面６０４が突き出し研磨された光ファイバ６０３が挿入されている。ＰＣ接続で

は、光ファイバ６０３に押圧力Ｐ１が加えられ、ファイバ端面６０４が弾性変形する。これにより、対向配置された光ファイバ６０３のコア同士がＰＣ接続される。

[0042] 一方、本実施形態に係るタイプＢのＰＣ接続の場合、それぞれの前方端面１１０Ａ、１１０Ｂが所定距離を保ったまま２個のＭＴフェルール１１Ａ、１１Ｂが対向配置される。ＰＣ接続前、ＭＴフェルール１１Ａ、１１Ｂのフェルール孔１３Ａ、１３Ｂそれぞれには、ファイバ端面１４１Ａ、１４１Ｂが所定の曲率Ｒになるようそれぞれ研磨された光ファイバ１４Ａ、１４Ｂが挿入されている。このとき、光ファイバ１４Ａ、１４Ｂそれぞれは、接着剤５００により、ＭＴフェルール１１Ａ、１１Ｂのフェルール孔１３Ａ、１３Ｂの内壁面にそれぞれ固定されている。ＰＣ接続では、光ファイバ１４Ａ、１４Ｂが固定されたＭＴフェルール１１Ａ、１１Ｂに押圧力Ｐ２（１０Ｎ以上、好ましくは２０Ｎ以上）が加えられる。押圧力Ｐ２が加えられると、ＭＴフェルール１１Ａ、１１Ｂの前方端面１１０Ａ、１１０Ｂの間隔は狭まり、ＭＴフェルール１１Ａ、１１Ｂにそれぞれ固定された光ファイバ１４Ａ、１４Ｂのファイバ端面１４１Ａ、１４１Ｂが弾性変形する。これにより、対向配置された光ファイバ１４Ａ、１４Ｂのコア同士がＰＣ接続される。

[0043] 次に、本実施形態における光ファイバ１４Ａ、１４Ｂそれぞれの突き出し量ｈと曲率Ｒとの関係、特に突き出し量ｈのバラツキ量Δｈと曲率Ｒとの関係を、図６～図８を用いて詳細に説明する。なお、以下の説明で「曲率」は、ファイバ端面１４１Ａ、１４１Ｂにおける曲率変動を考慮し、最大曲率を意味するものとする。また、図６および図７には、説明の都合上、図１に示されたＭＴフェルール１１Ｂ側のみの構造が示されている。

[0044] 図６に示されたように、ＭＴフェルール１１Ｂのフェルール孔１３Ｂの内壁面には、接着剤５００により光ファイバ１４Ｂの先端部分が固定されている。光ファイバ１４Ｂのファイバ端面１４１Ｂは、所定の曲率Ｒ（曲率半径ｒは曲率Ｒの逆数）になるよう研磨されている。なお、図６中に示された曲率半径ｒは、ファイバ端面１４１Ｂの断面形状に近似される、任意の点Ｏを

原点とする円の半径である。ＭＴフェルール１１Ｂの前方端面１１０Ｂから光ファイバ１４Ｂのファイバ端面１４１Ｂの突き出し量ｈは、光ファイバ１４Ｂの中心軸ＡＸに沿った、前方端面１１０Ｂからファイバ端面１４１Ｂまでの間隔で規定される。すなわち、ファイバ端面１４１Ｂは所定の曲率Ｒに設定されているため、突き出し量ｈは、実質的には、前方端面１１０Ｂからファイバ端面１４１Ｂまでの最大間隔を意味する。また、突き出し量ｈのバラツキ量Δｈは、光ファイバ１４Ｂのうち最大突き出し量h_{max}と最小突き出し量h_{min}との差を意味する。

[0045] 本実施形態では、ＰＣ接続前に予め光ファイバ１４ＢとＭＴフェルール１１Ｂとが接着固定されているため、従来よりも低い押圧力によるＰＣ接続が必要になるため、上述の突き出し量ｈと曲率Ｒには特殊なトレードオフの関係が成立している。図７は、このような突き出し量ｈと曲率Ｒの関係を定性的に説明するための図である。

[0046] すなわち、所定の押圧力に対して光ファイバ１４Ｂの適切な突き出し量がｈ１に設定された場合、ファイバ端面１４１Ｂにおける適切な曲率としてＲ１が設定される（タイプＡ）。より小さい押圧力でのＰＣ接続を可能にする場合、光ファイバ１４Ｂの適切な突き出し量はｈ２（＜ｈ１）に設定され、同時に、ファイバ端面１４１Ｂにおける適切な曲率としてＲ２（＜Ｒ１）が設定される（タイプＢ）。更に小さい押圧力でのＰＣ接続を可能にする場合には、光ファイバ１４Ｂの適切な突き出し量はｈ３（＜ｈ２）に設定され、同時に、ファイバ端面１４１Ｂにおける適切な曲率としてＲ３（＜Ｒ２）が設定される（タイプＣ）。なお、タイプＡからタイプＣの順に、曲率半径ｒ（＝１／Ｒ）は大きくなる。

[0047] 一方、図８は、突き出し量ｈのバラツキ量Δｈと曲率Ｒの関係を定量的に説明するためのグラフである。本実施形態では、光ファイバの破損等を抑制するため、ＰＣ接続前に予め光ファイバとＭＴフェルールとが接着固定されており、また、より少ない押圧力でのＰＣ接続を可能にするため、トレードオフ条件を規定する。

[0048] すなわち、図８において、グラフＧ７１０は、押圧力１６Ｎにおいて良好な多対多のＰＣ接続が可能な臨界条件（Δｈ／３．５）^{2}＋（Ｒ／０．２）^{2}＝１を示す。この条件は、押圧力１６Ｎ以上での多対多のＰＣ接続を想定した場合、ＭＴフェルールによって保持される複数の光ファイバ間における突き出し量ｈのバラツキ量Δｈの許容値は３．５μｍ以下であり（ファイバ破損をさせるため）、曲率（最大曲率）Ｒの許容値は０．２以下であるのが好ましいとする経験則から得られる。したがって、少なくとも押圧力１６ＮによるＰＣ接続の場合、バラツキ量Δｈと曲率Ｒは、（Δｈ／３．５）^{2}＋（Ｒ／０．２）^{2}＜１なる関係を満たすのが好ましい。

[0049] また、図８において、グラフＧ７２０は、押圧力８Ｎにおいて良好な多対多のＰＣ接続が可能な臨界条件（Δｈ／２．０）^{2}＋（Ｒ／０．１）^{2}＝１を示す。この条件は、押圧力８Ｎ以上での多対多のＰＣ接続を想定した場合、突き出し量ｈのバラツキ量Δｈの許容値は２．０μｍ以下であり、曲率Ｒの許容値は０．１以下であるのが好ましいとする経験則から得られる。したがって、少なくとも押圧力８ＮによるＰＣ接続の場合、バラツキ量Δｈと曲率Ｒは、（Δｈ／２．０）^{2}＋（Ｒ／０．１）^{2}＜１なる関係を満たすのが好ましい。

[0050] グラフＧ７３０は、押圧力４Ｎにおいて良好な多対多のＰＣ接続が可能な臨界条件（Δｈ／１．５）^{2}＋（Ｒ／０．０５）^{2}＝１を示す。この条件は、押圧力４Ｎ以上での多対多のＰＣ接続を想定した場合、突き出し量ｈのバラツキ量Δｈの許容値は１．５μｍ以下であり、曲率Ｒの許容値は０．０５以下であるのが好ましいとする経験則から得られる。したがって、少なくとも押圧力４ＮによるＰＣ接続の場合、バラツキ量Δｈと曲率Ｒは、（Δｈ／１．５）^{2}＋（Ｒ／０．０５）^{2}＜１なる関係を満たすのが好ましい。

[0051] グラフＧ７４０は、押圧力２Ｎにおいて良好な多対多のＰＣ接続が可能な臨界条件（ｈ／１．０）^{2}＋（Ｒ／０．０２）^{2}＝１を示す。この条件は、押圧力２Ｎ以上での多対多のＰＣ接続を想定した場合、突き出し量ｈのバラツキ量Δｈの許容値は１．０μｍ以下であり、曲率Ｒの許容値は０．０２以下

であるのが好ましいとする経験則から得られる。したがって、少なくとも押圧力２ＮによるＰＣ接続の場合、バラツキ量Δｈと曲率Ｒは、（Δｈ／１．０）^{2}＋（Ｒ／０．０２）^{2}＜１なる関係を満たすのが好ましい。

[0052] なお、図８中にプロットされた点Ｐ１０は、本実施形態における突き出し量ｈのバラツキ量Δｈが０．１μｍ、曲率Ｒが０．０１／ｍｍ（曲率半径ｒ＝１００ｍｍ）の設定条件を示す。また、点Ｐ２０Ａは、上記非特許文献１に示されたSampleＡ（８本のＭＣＦ）における突き出し量ｈ（８．２～９．０μｍ）のバラツキ量が０．８μｍ、曲率Ｒが０．２３／ｍｍ（間隔５０μｍのコア間の突き出し量の最大差Δから算出される曲率）の設定条件を示す。更に、点Ｐ２０Ｂは、上記非特許文献１に示されたSampleＢ（８本のＭＣＦ）における突き出し量ｈ（１０．０～１２．９μｍ）のバラツキ量Δｈが２．９μｍ、曲率Ｒが０．１８／ｍｍ（間隔５０μｍコア間の突き出し量の最大差Δから算出される曲率）の設定条件を示す。

[0053] （第２実施形態）

第２実施形態に係る光コネクタは、図２中に示されたタイプＣのＳＣ型コネクタ２に関する。この第２実施形態に係る光コネクタには、図２中のタイプＣおよびタイプＤに示されたＳＣフェルール２１Ａ、２１Ｂを有する。なお、この第２実施形態において、ＳＣフェルール２１Ａ、２１Ｂはジルコニアからなる。また、光ファイバ１４Ａ、１４Ｂそれぞれのファイバ端面における曲率半径ｒ（曲率Ｒの逆数）は、１０ｍｍ以上、好ましくは２５ｍｍ以上に設定され、ＳＣフェルール２１Ａ、２１Ｂの前方端面２１０Ａ、２１０Ｂから光ファイバ１４Ａ、１４Ｂそれぞれのファイバ端面１４１Ａ、１４１Ｂまでの引き込み量ｄは、－０．０５μｍ以上かつ＋０．１μｍ以下に設定される。

[0054] 図９は、第２実施形態および比較例それぞれにおけるＰＣ接続を説明するための図である。すなわち、ＰＣ接続前、それぞれの前方端面２１０Ａ，２１０Ｂが所定距離を保ったままＳＣフェルール２１Ａ、２１Ｂが対向配置される。このとき、ＳＣフェルール２１Ａ、２１Ｂのフェルール孔２３Ａ、２

３Ｂそれぞれには、ファイバ端面１４１Ａ、１４１Ｂが所定の曲率Ｒになるようそれぞれ研磨された光ファイバ１４Ａ、１４Ｂが挿入されている。光ファイバ１４Ａ、１４Ｂそれぞれは、接着剤５００により、ＳＣフェルール２１Ａ、２１Ｂのフェルール孔２３Ａ、２３Ｂの内壁面にそれぞれ固定されている。ＰＣ接続では、光ファイバ１４Ａ、１４Ｂが固定されたＳＣフェルール２１Ａ、２１Ｂに押圧力Ｐ３（５Ｎ以上、好ましくは１０Ｎ以上、より好ましくは２０Ｎ以上）が加えられる。押圧力Ｐ３が加えられると、ＳＣフェルール２１Ａ、２１Ｂの前方端面２１０Ａ、２１０Ｂは変形し、ＳＣフェルール２１Ａ、２１Ｂにそれぞれ固定された光ファイバ１４Ａ、１４Ｂのファイバ端面１４１Ａ、１４１Ｂが弾性変形する。これにより、対向配置された光ファイバ１４Ａ、１４Ｂのコア同士がＰＣ接続される。

[0055] なお、図１０は、第２実施形態における光ファイバ１４Ｂ（光ファイバ１４Ａの図示は省略）のファイバ端面１４１Ｂの曲率Ｒと引き込み量ｄとの関係を説明するための図である。図１０に示されたように、ＳＣフェルール２１Ｂのフェルール孔２３Ｂの内壁面には、接着剤５００により光ファイバ１４Ｂの先端部分が固定されている。光ファイバ１４Ｂのファイバ端面１４１Ｂは、所定の曲率Ｒ（曲率半径ｒは曲率Ｒの逆数）になるよう研磨されている。なお、図９中に示された曲率半径ｒは、ファイバ端面１４１Ｂの断面形状に近似される、任意の点Ｏを原点とする円の半径である。また、ＳＣフェルール２１Ｂの前方端面２１０Ｂから光ファイバ１４Ｂのファイバ端面１４１Ｂの引き込み量ｄは、光ファイバ１４Ｂの中心軸ＡＸに沿った、前方端面２１０Ｂからファイバ端面１４１Ｂまでの間隔で規定される。すなわち、ファイバ端面１４１Ｂは所定の曲率Ｒに設定されているため、引き込み量ｄは、実質的には、前方端面２１０Ｂからファイバ端面１４１Ｂまでの最大間隔を意味する。なお、引き込み量ｄが負の数値範囲に収まる場合、該引き込み量ｄは、ファイバ端面１４１ＢがＳＣフェルール２１Ｂの外部（前方端面２１０Ｂから突き出した状態）に位置することを意味する。

[0056] 以上のように、本実施形態は、ファイバ端面を平坦な形状にし（ファイバ

端面の曲率を小さくし）、突き出し量ｈのファイバ間バラツキを小さくした構造を特徴としている。このようなファイバ端面の平坦化は、ＰＣ接続されるべき光ファイバそれぞれがＭＣＦの場合に時に有効である。ＭＣＦは、コアがクラッドの中央以外に存在する。そのため、フェルールの前方端面において従来のようにクラッドの中央が突き出した形状であると、中央以外に存在するコア同士の接触には大きな押圧力が必要になる。本実施形態では、ファイバ端面の曲率が小さいため（平坦な形状）、従来よりも小さい押圧力で全てのコア間のＰＣ接続が可能になる。また、突き出し量の低減は、１つのフェルールに保持される光ファイバ間の突き出し量のばらつきが生じにくく、全ての光ファイバについて良好な多対多のＰＣ接続を可能にするとともに、ファイバ破損の可能性を効果的に低減することを可能にする。

符号の説明

[0057] １…ＭＴコネクタ（光コネクタ）、１’…ＭＰＯコネクタ（光コネクタ）、２…ＳＣ型コネクタ（光コネクタ）、１０Ａ、１０Ｂ、２０Ａ、２０Ｂ…プラグ、１０Ｃ、２０Ｃ…アダプタ、１１Ａ、１１Ｂ…ＭＴフェルール、１４Ａ、１４Ｂ…光ファイバ（ＭＣＦ、ＳＣＦ）、１４１Ａ、１４１Ｂ…ファイバ端面、１３Ａ、１３Ｂ、２３Ａ、２３Ｂ…フェルール孔、１５…ガイドピン（ガイド構造）、１６…クリップ（押圧付与構造）、２１Ａ、２１Ｂ…ＳＣフェルール、１１０Ａ、１１０Ｂ、２１０Ａ、２１０Ｂ…前方端面、１４０Ａ、１４０Ｂ、２４０Ａ、２４０Ｂ…光ケーブル（テープファイバ）、１１０…コア、１１２Ａ、１１２Ｂ…係合溝（押圧付与構造）、１２０…クラッド、２０１Ａ、２０１Ｂ…ガイド溝（ガイド構造）、２２０Ａ、２２０Ｂ…ガイド片（ガイド構造）、１２１Ｂ、２２１Ａ、２２１Ｂ…係合ピン（押圧付与構造）、２０２Ａ、２０２Ｂ…係合口（押圧付与構造）、５００…接着剤（エポキシ樹脂）。

請求の範囲

[請求項1] 複数の第１光ファイバと、

一端面と、前記一端面上に開口を有する複数の貫通孔と、を有し、前記複数の第１光ファイバの端面を前記一端面から突き出させた状態で、前記複数の貫通孔によって前記複数の第１光ファイバの先端部分の一部をそれぞれ保持する第１フェルールと、

を備えた光コネクタであって、

前記複数の第１光ファイバそれぞれの前記端面における最大曲率Ｒ［１／ｍｍ］と、前記第１フェルールの前記一端面から突き出た前記複数の第１光ファイバの、前記複数の第１光ファイバの中心軸に沿って規定される突き出し量ｈのバラツキ量Δｈ［μｍ］と、が、

$(\Delta h / 3.5)^2 + (R / 0.2)^2 < 1$

なる関係を満たす光コネクタ。

[請求項2] 前記複数の第１光ファイバそれぞれの前記先端部分の側面と、前記第１フェルールの前記複数の貫通孔それぞれの内壁面とが、接着固定されていることを特徴とする請求項１に記載の光コネクタ。

[請求項3] 前記複数の第１光ファイバそれぞれの前記端面における最大曲率半径ｒ（＝１／Ｒ）は、２５ｍｍ以上に設定され、前記突き出し量ｈは、０μｍ～３．５μｍの範囲内に設定されていることを特徴とする請求項１または２に記載の光コネクタ。

[請求項4] 前記複数の第１光ファイバそれぞれは、複数のコアと、前記複数のコアそれぞれを取り囲む単一のクラッドと、を備えたマルチコア光ファイバを含み、

前記マルチコア光ファイバの長手方向に直交する当該マルチコア光ファイバの断面において、前記複数のコアは、前記断面の中心から前記複数のコアそれぞれの中心までの最短距離が５μｍ以上離れた状態で、前記断面の前記中心を取り囲むように配置されていることを特徴とする請求項１～３の何れか一項に記載の光コネクタ。

[請求項5] 前記複数の第１光ファイバの前記突き出し量のバラツキ量Δｈは、０．１μｍ以下であることを特徴とする請求項１～４の何れか一項に記載の光コネクタ。

[請求項6] 前記第１フェルールには、前記複数の貫通孔を挟むように配置された一対のガイド孔が設けられており、

前記複数の第１光ファイバとそれぞれが同じ構造を有する複数の第２光ファイバと、

前記第１フェルールと同じ構造を有し、前記複数の第２光ファイバの、端面を含む先端部分をそれぞれ保持する第２フェルールと、

前記第１フェルールの前記一対のガイド孔に一方の端部がそれぞれ挿入されるとともに、前記第２フェルールの一対のガイド孔に他方の端部がそれぞれ挿入される、一対のガイドピンと、

前記一対のガイドピンを介して前記第１および第２フェルールを対向配置させた状態で、前記複数の第１光ファイバの前記端面それぞれと前記複数の第２光ファイバの端面とを、１０Ｎ以上の押圧力を加えながら突き合わせるための押圧付与構造と、を更に備えたことを特徴とする請求項１～５の何れか一項に記載の光コネクタ。

[請求項7] 第１光ファイバと、

ジルコニアからなり、かつ、一端面と、前記一端面上に開口を有する貫通孔と、を有する第１フェルールであって、前記貫通孔によって前記第１光ファイバの、端面を含む先端部分を保持する第１フェルールと、

を備えた光コネクタであって、

前記第１光ファイバの前記端面における最大曲率Ｒで規定される最大曲率半径ｒ（＝１／Ｒ）が、１０ｍｍ以上に設定され、前記第１フェルールの前記一端面から前記第１光ファイバの前記端面までの、前記第１光ファイバの中心軸に沿って規定される引き込み量ｄが、－０．０５μｍ以上かつ＋０．１μｍ以下に設定された、光コネクタ。

[請求項8] 前記第１光ファイバの前記先端部分の側面と、前記第１フェルールの前記貫通孔の内壁面とが、接着固定されていることを特徴とする請求項７に記載の光コネクタ。

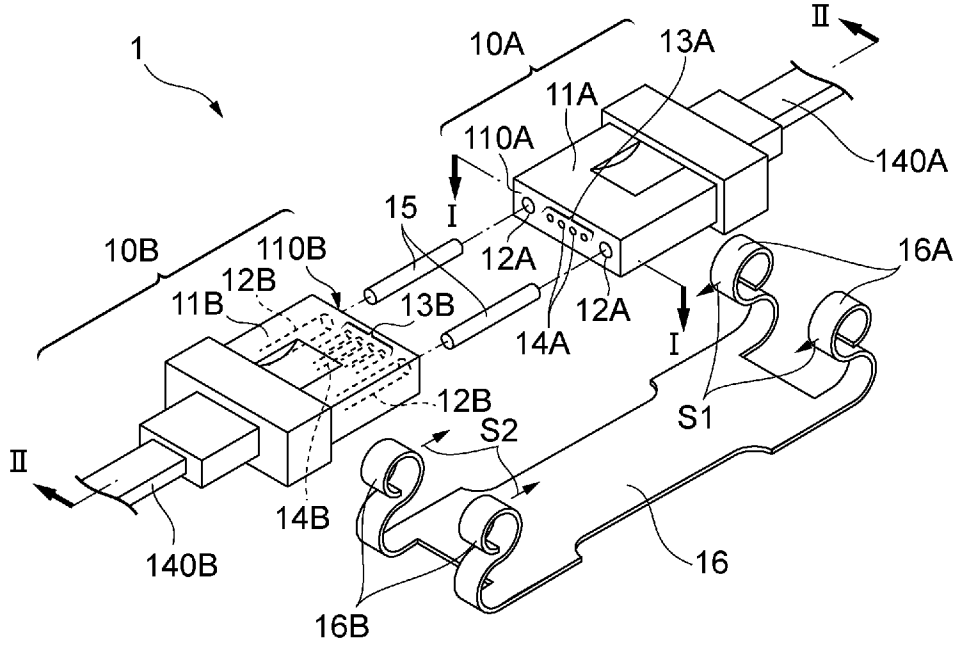
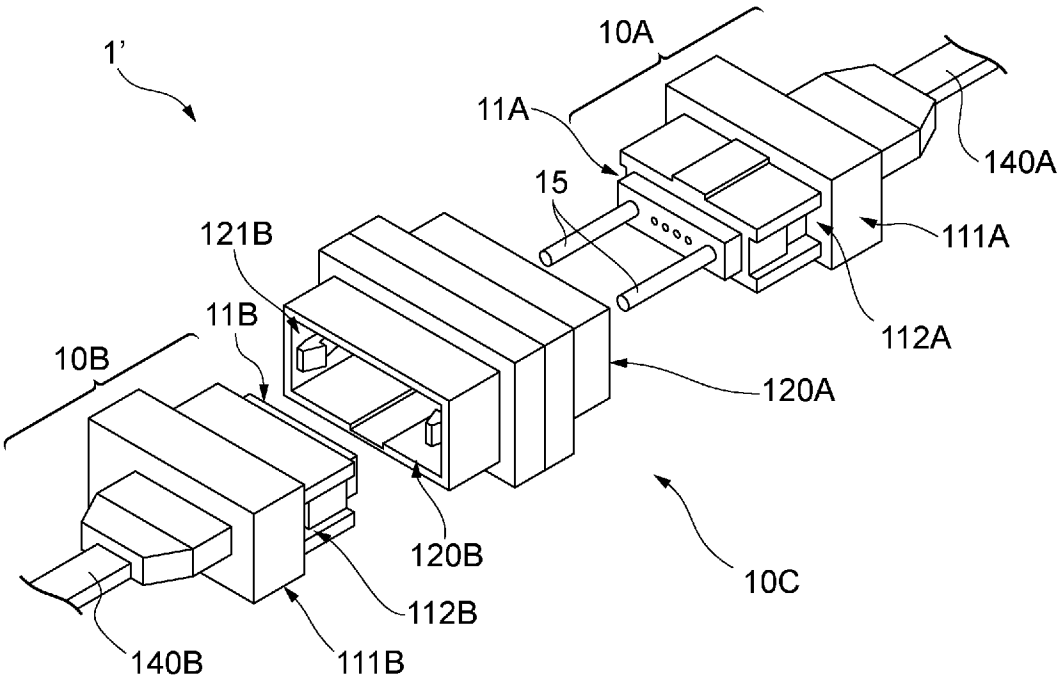
[請求項9] 前記第１光ファイバと同じ構造を有する第２光ファイバと、

前記第１フェルールと同じ構造を有し、前記第２光ファイバの、端面を含む先端部分を保持する第２フェルールと、

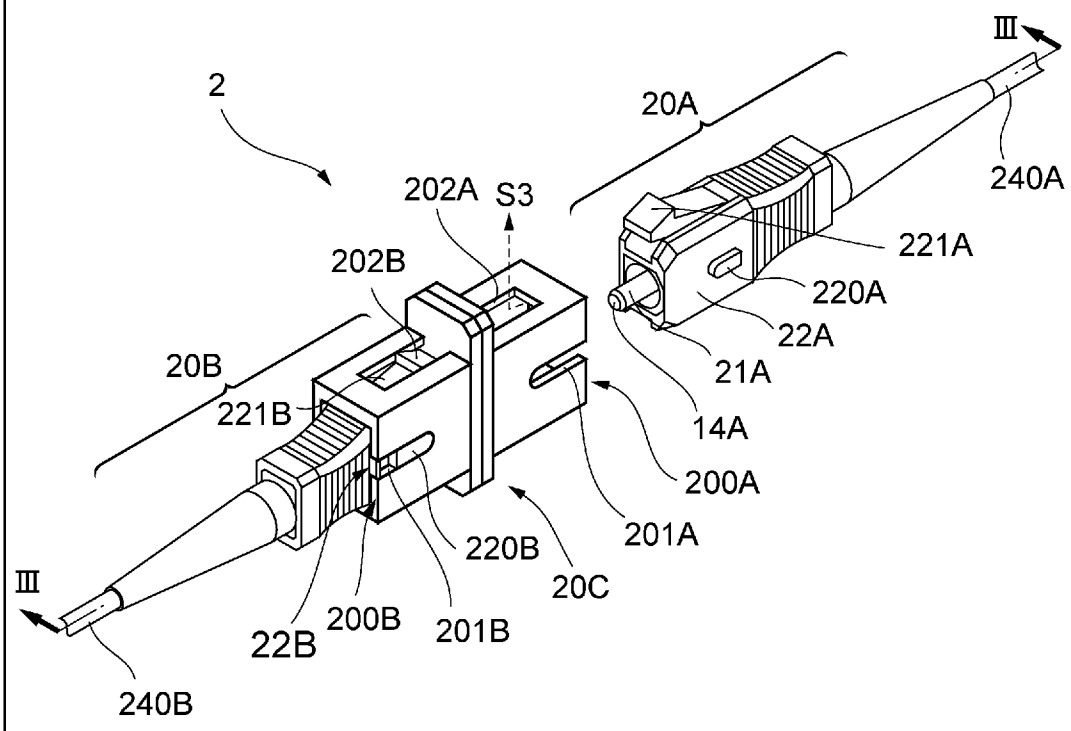
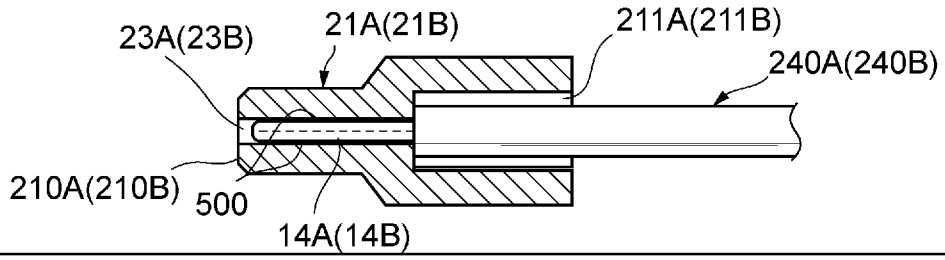
前記第１および第２フェルールを対向配置させるためのガイド構造と、

前記第１フェルールの前記一端面と前記第２フェルールの一端面とを、５Ｎ以上の押圧力を加えながら突き合わせるための押圧付与構造と、を更に備えたことを特徴とする請求項７または８に記載の光コネクタ。

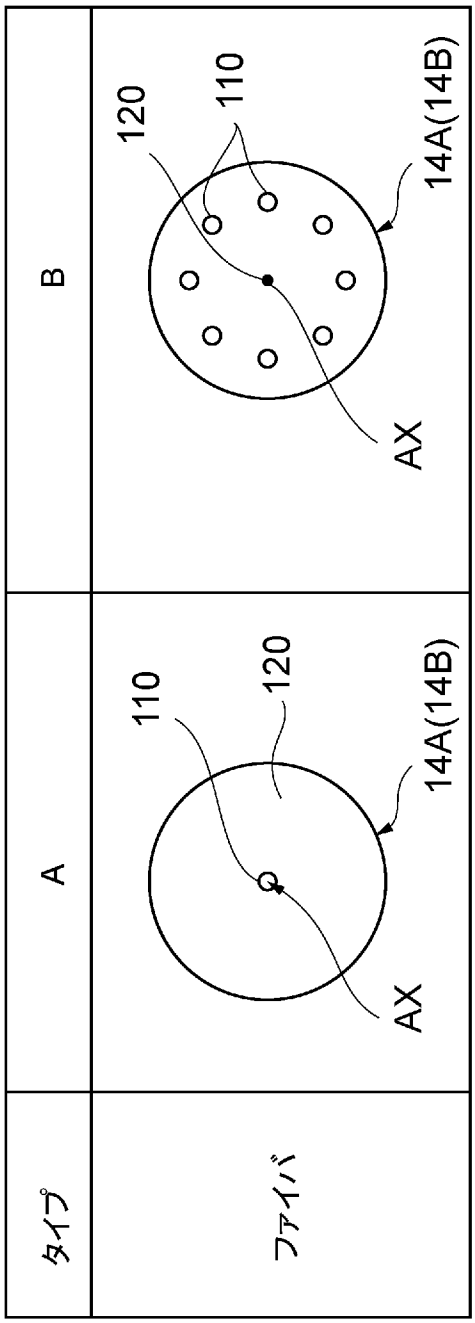
[図1]

タイプ	コネクタ構造
A	
B	

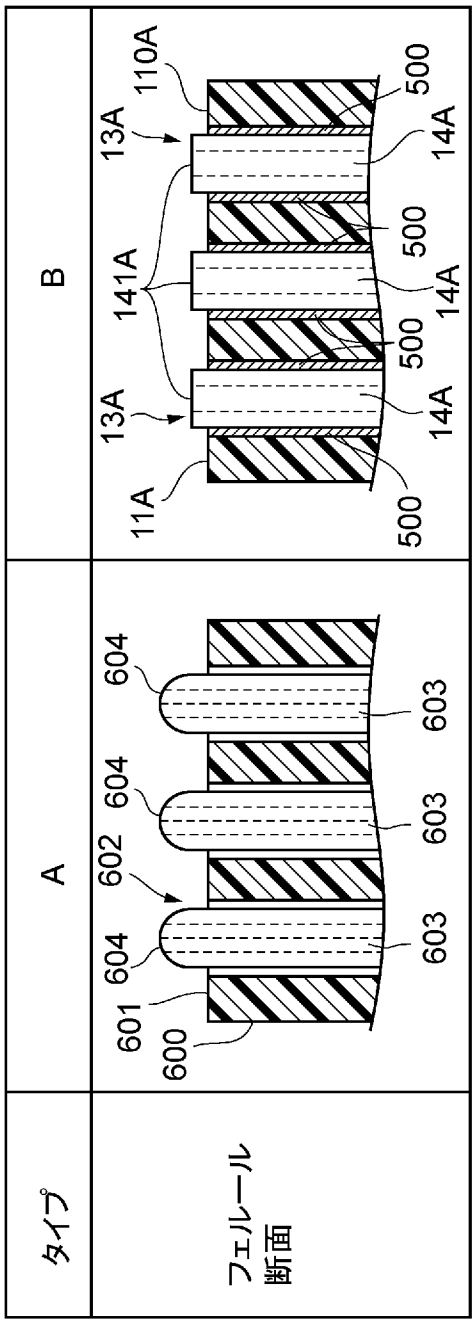
[図2]

<table>
<tr><th>タイプ</th><th>コネクタ構造</th></tr>
<tr><td>C</td><td>
</td></tr>
<tr><td>D</td><td>
</td></tr>
</table>

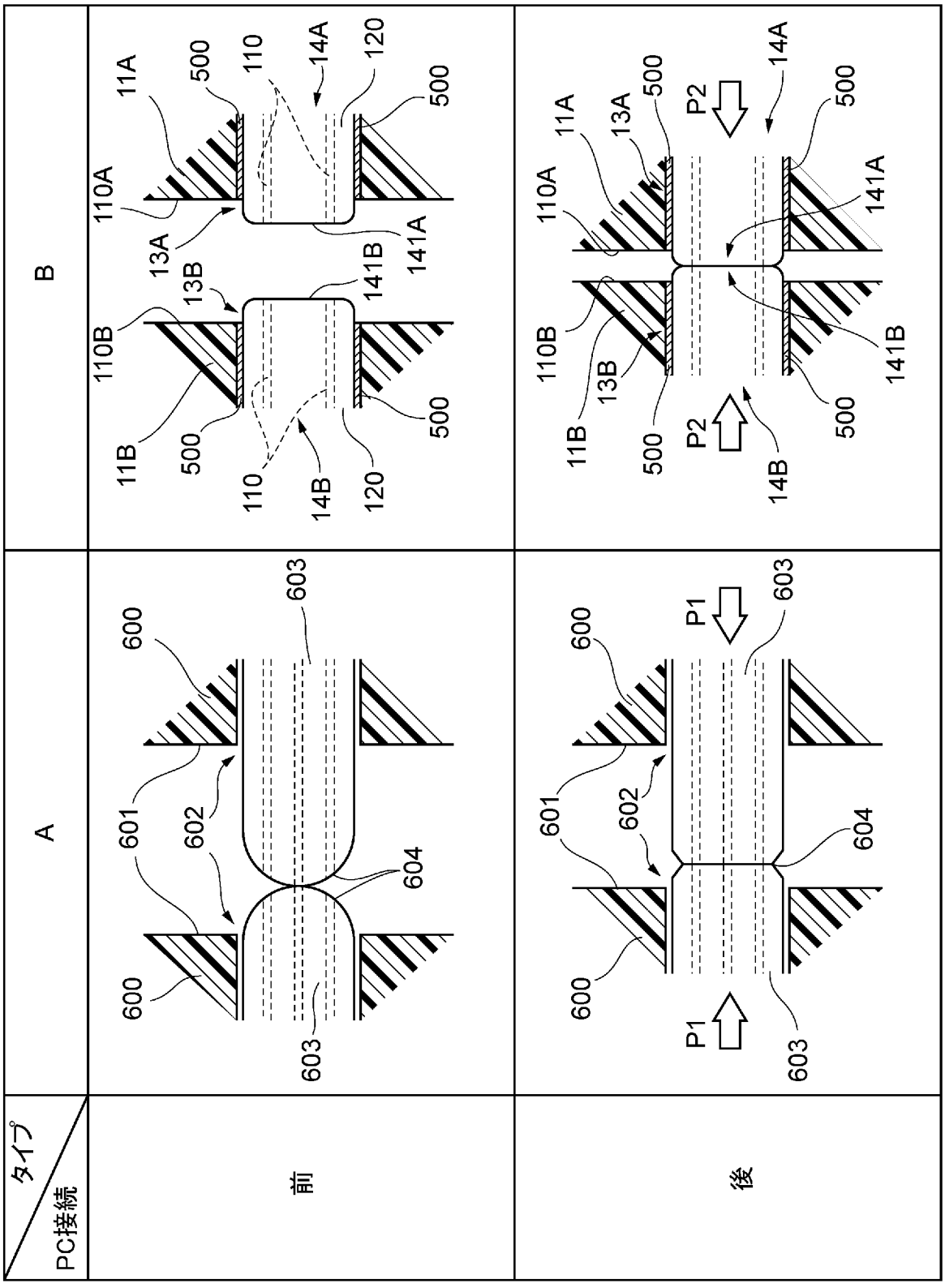
[図3]



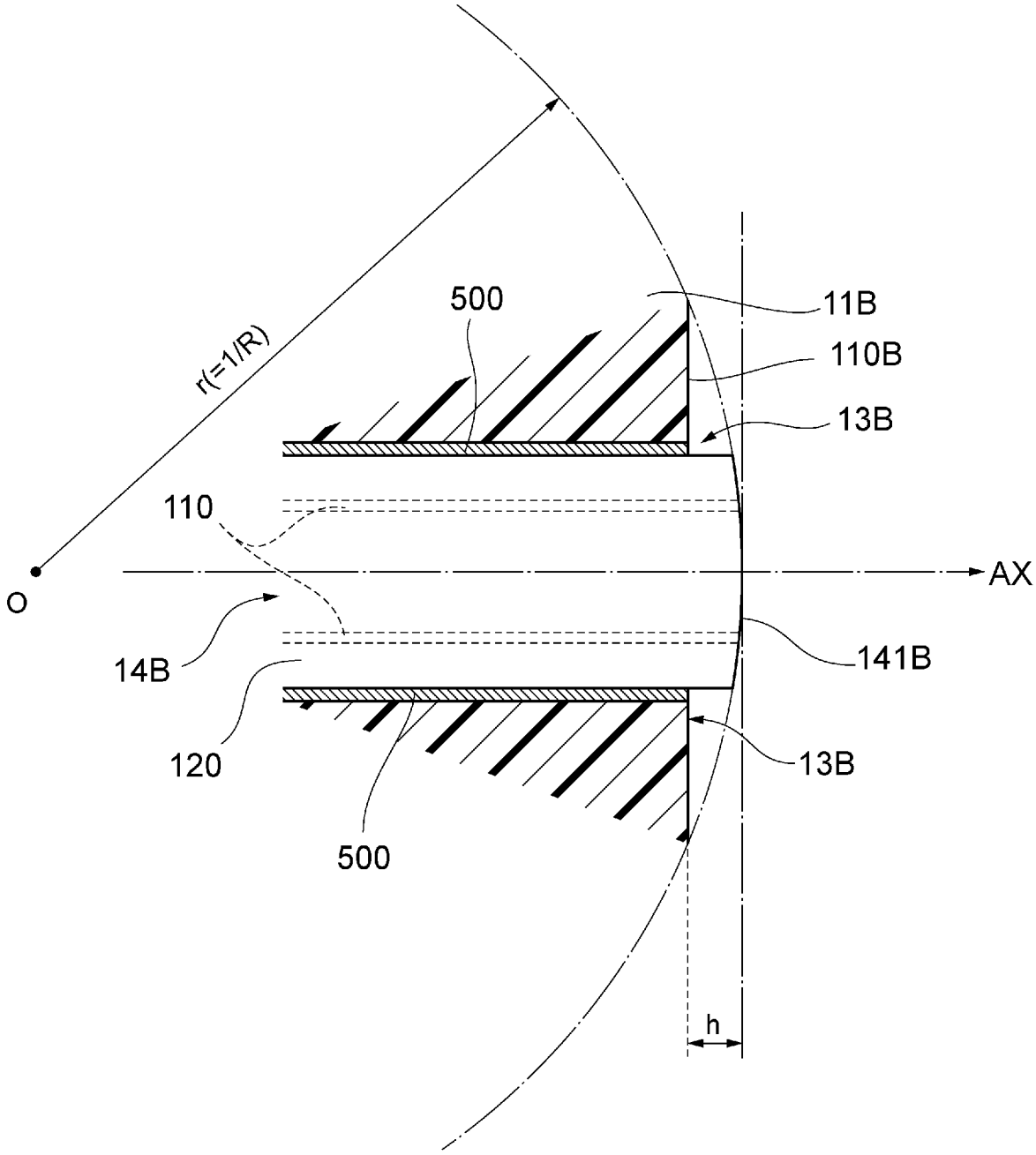
[図4]


タイプ
フェルール
断面
A
600
601
604
602
604
603
604
603
603
B
11A
13A
141A
13A
110A
14A
14A
14A
500
500
500
500
500

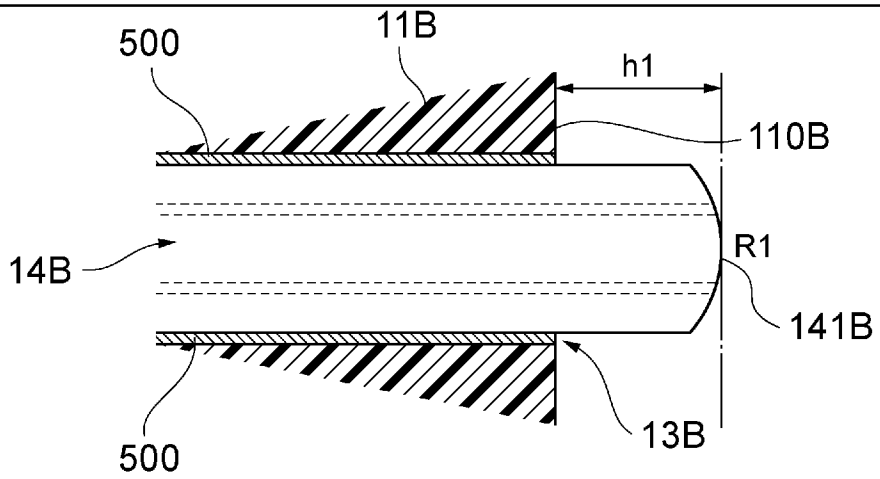
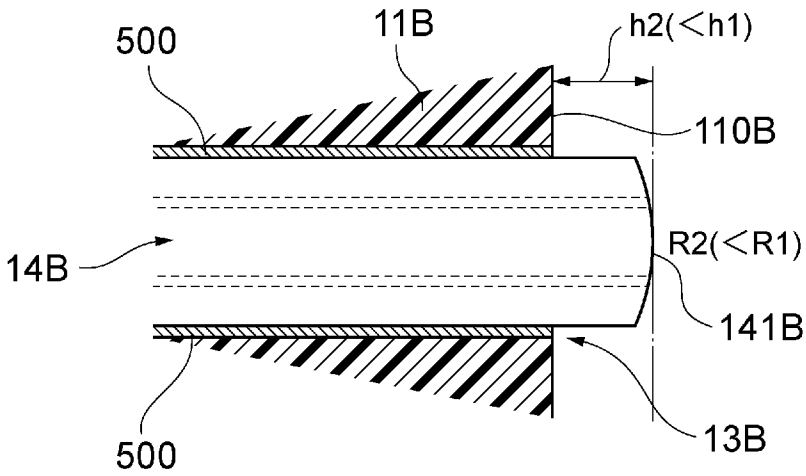
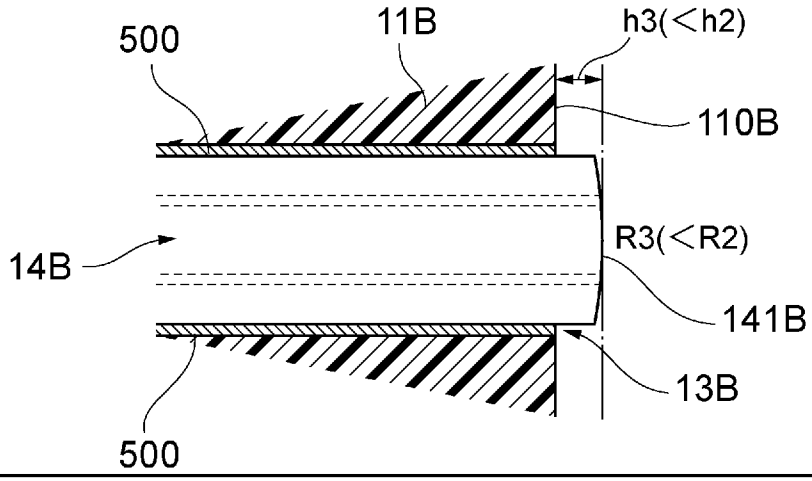
[図5]


タイプ
PC接続
A
B
前
後
600
601
602
603
604
P1
P2
500
110
110A
110B
11A
11B
13A
13B
14A
14B
120
141A
141B

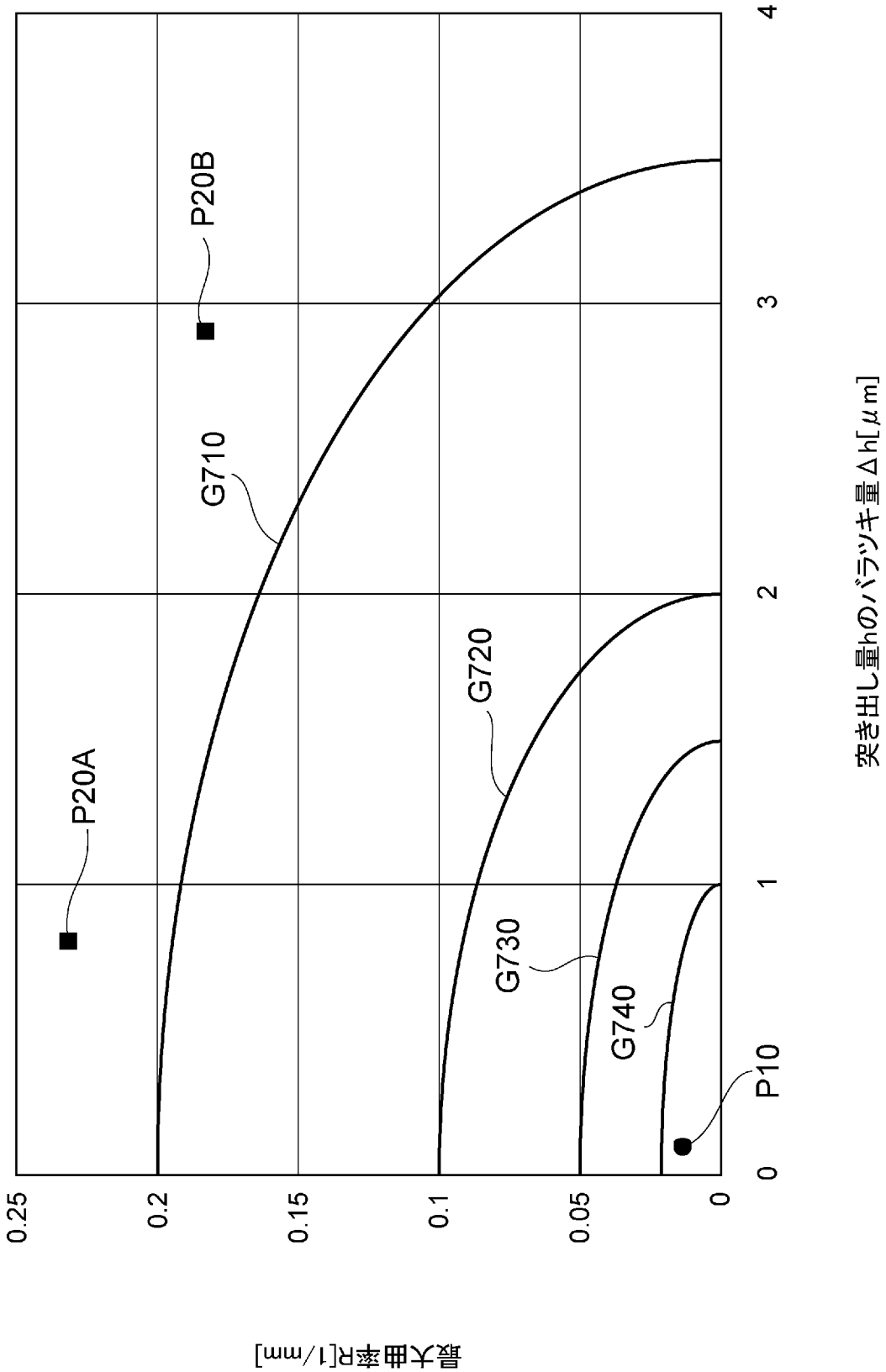
[図6]



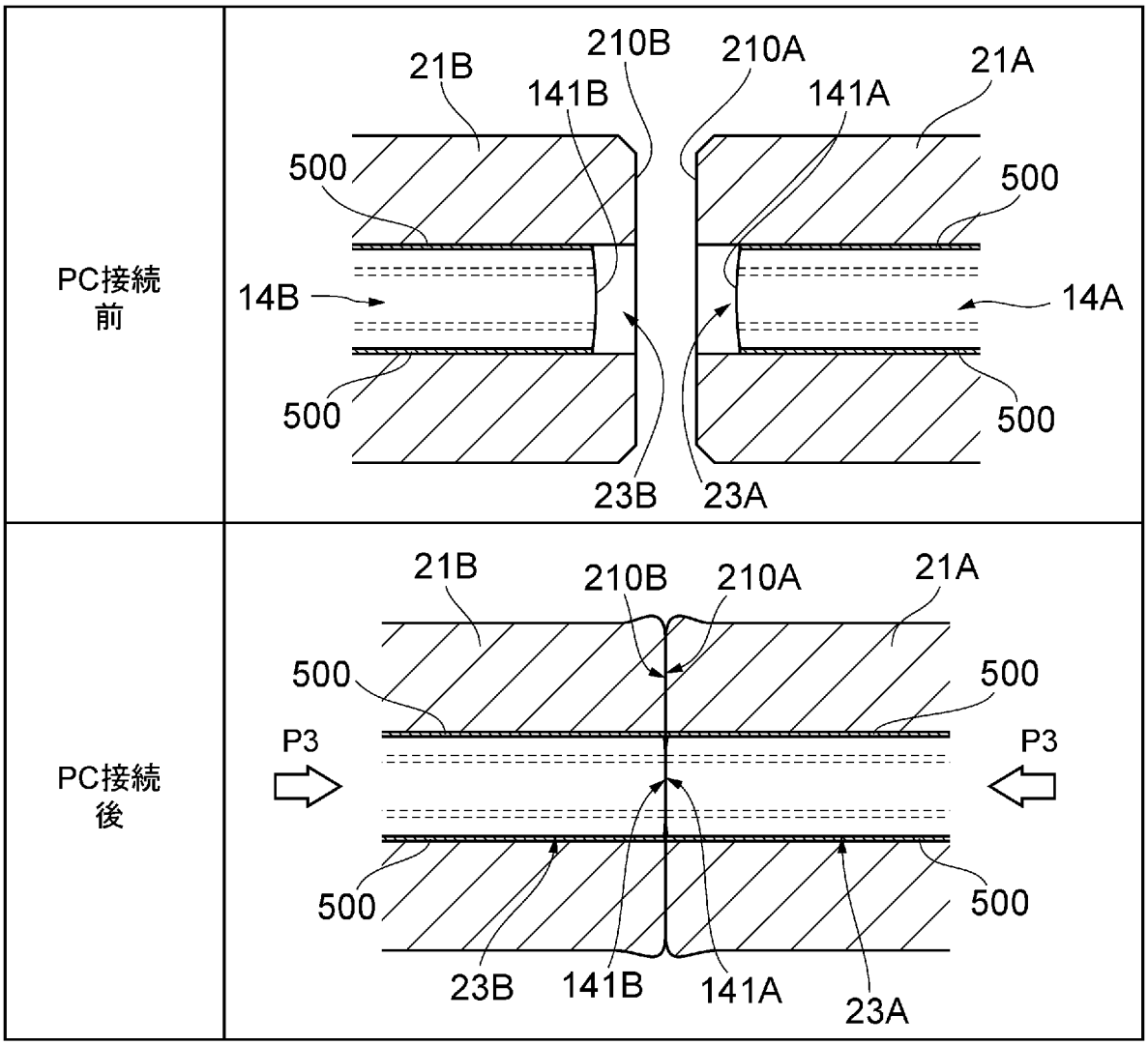
[図7]

タイプ	突き出し量hと曲率半径Rの関係
A	
B	
C	

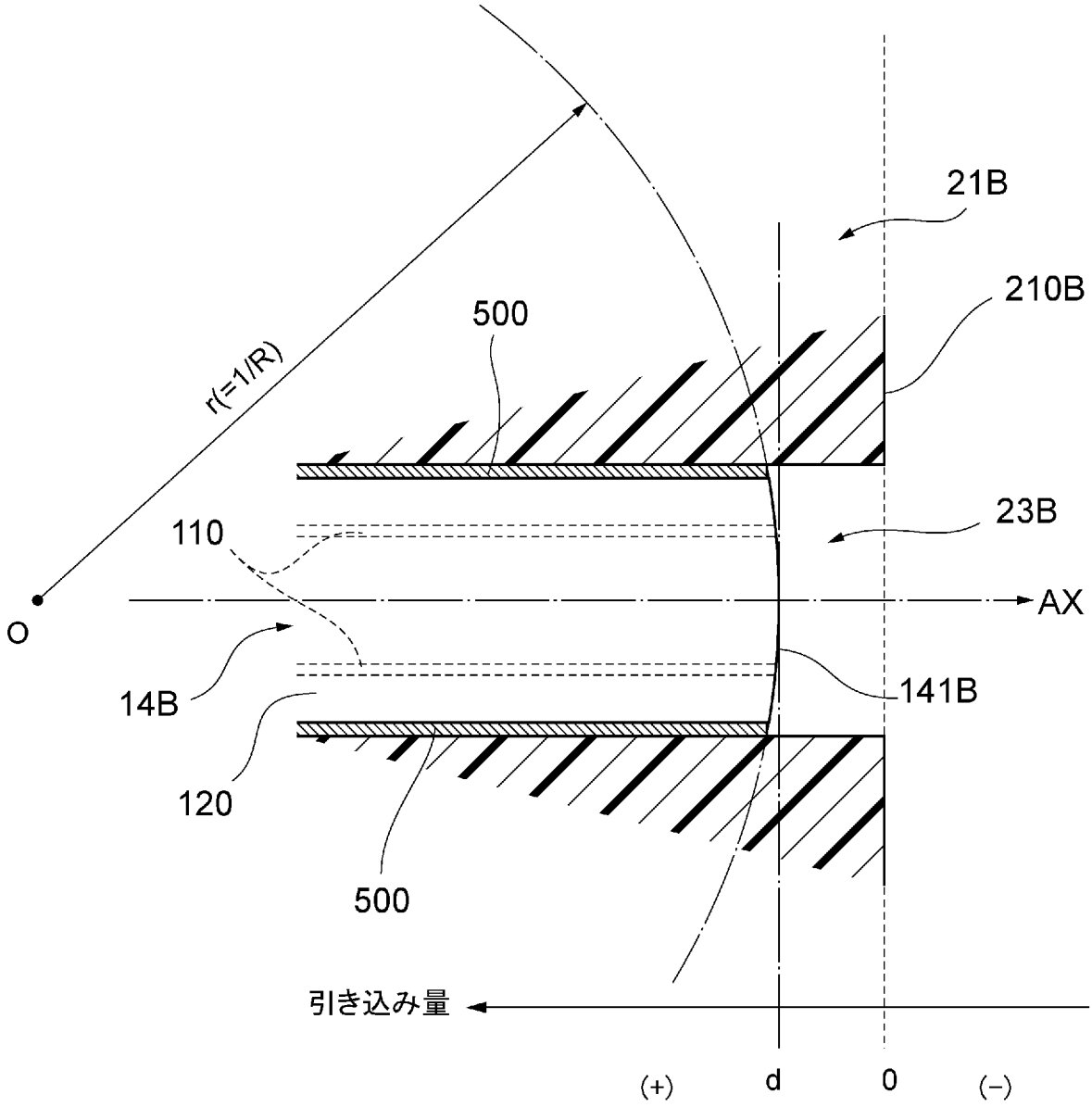
[図8]


P20A
P20B
P10
G710
G720
G730
G740
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
0
1
2
3
4
最大曲率R[1/mm]
突き出し量hのバラツキ量Δh[μm]

[図9]


PC接続前
21B
210B
210A
21A
141B
141A
500
500
14B
14A
500
500
23B
23A
PC接続後
21B
210B
210A
21A
500
500
P3
P3
500
500
23B
141B
141A
23A

[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/006526

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G02B6/40(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. G02B6/36-6/40

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus(JDreamIII), JST7580(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2004-219567 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 05 August 2004, paragraphs [0017]-[0037], fig. 1-3 (Family: none)	1-2, 4-6
X	WO 2015/064635 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 07 May 2015, paragraphs [0029]-[0094], fig. 1-16 & US 2016/0231511 A1, paragraphs [0037]-[0104]	1-6
X	JP 2015-152692 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE) 24 August 2015, paragraphs [0009]-[0025] & JP 5711832 B1	7-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
08.05.2018	22.05.2018

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/006526

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-536954 A (TYCO ELECTRONICS CORPORATION) 26 September 2013, paragraphs [0013]-[0027], fig. 1 & US 2012/0051706 A1, paragraphs [0017]-[0031], fig. 1 & WO 2012/030377 A2 & EP 2612186 A2 & AU 2011296557 A & CN 103080800 A	1-9
A	US 2015/0043872 A1 (TYCO ELECTRONICS CORPORATION) 12 February 2015, entire text, all drawings & WO 2012/030378 A1 & EP 2612187 A1 & AU 2011296558 A & CN 103080799 A & MX 2013002415 A	1-9
A	WATANABE, K. et al., MPO Type 8-Multicore fiber connector with physical contact connection, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, 15 January 2016, vol. 34, no. 2, pp. 351-357	1-9

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／００６５２６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B6/40(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B6/36-6/40

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus (JDreamIII), JST7580 (JDreamIII)

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2004-219567 A (住友電気工業株式会社) 2004.08.05, 段落 [0017] - [0037], 第 1-3 図 (ファミリーなし)	1-2, 4-6
X	WO 2015/064635 A1 (古河電気工業株式会社) 2015.05.07, 段落 [0029] - [0094], 第 1-16 図 & US 2016/0231511 A1, 段落 [0037] - [0104]	1-6
X	JP 2015-152692 A (日本電信電話株式会社) 2015.08.24, 段落 [0009] - [0025] & JP 5711832 B1	7-9

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０８．０５．２０１８	２２．０５．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｌ　３９１４
山本　元彦
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９５

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2013-536954 A (タイコ・エレクトロニクス・コーポレイション) 2013.09.26, 段落 [0013] - [0027], 第1図 & US 2012/0051706 A1, 段落 [0017] - [0031], 第1図 & WO 2012/030377 A2 & EP 2612186 A2 & AU 2011296557 A & CN 103080800 A	1-9
A	US 2015/0043872 A1 (TYCO ELECTRONICS CORPORATION) 2015.02.12, 全文, 全図 & WO 2012/030378 A1 & EP 2612187 A1 & AU 2011296558 A & CN 103080799 A & MX 2013002415 A	1-9
A	WATANABE, K. et al., MPO Type 8-Multicore Fiber Connector With Physical Contact Connection, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, 2016.01.15, Vol.34, No.2, pp.351-357	1-9