(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
2003 年11 月6 日 (06.11.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/091777 A1

(51) 国際特許分類[7]: G02B 6/24

(21) 国際出願番号: PCT/JP02/12040

(22) 国際出願日: 2002 年11 月19 日 (19.11.2002)

(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2002-127262 2002 年4 月26 日 (26.04.2002) JP
特願2002-260519 2002 年9 月5 日 (05.09.2002) JP
特願2002-324386 2002 年11 月7 日 (07.11.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): イビデン株式会社 (IBIDEN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒503-0917 岐阜県 大垣市 神田町２丁目１番地 Gifu (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 広瀬 直宏 (HIROSE,Naohiro) [JP/JP]; 〒501-0695 岐阜県 揖斐郡 揖斐川町北方１－１ イビデン株式会社内 Gifu (JP).

(74) 代理人: 安富 康男 (YASUTOMI,Yasuo); 〒532-0011 大阪府 大阪市 淀川区西中島５丁目４番２０号 中央ビル Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: OPTICAL TRANSMISSION STRUCTURE, OPTICAL GUIDE, METHOD FOR FABRICATING OPTICAL WAVEGUIDE, AND OPTICAL INTERCONNECTION COUPLER

(54) 発明の名称: 光伝送構造体、光導波路、光導波路の形成方法、および、光配線接続体

(57) Abstract: An optical transmission structure for preferably transmitting an optical signal between an optical interconnection and an optical waveguide whatever shape the portion of the optical interconnection to which the core portion of the optical waveguide is coupled has. The optical transmission structure is constituted at least by coupling an optical interconnection to an optical waveguide so as to transmit an optical signal between the core of the optical interconnection and the core portion of the optical waveguide. The optical transmission structure is characterized in that the portion of the optical interconnection coupled to the core portion of the optical waveguide is not subjected to planarization or the surface roughness Ra conforming to JIS B 0601 is 0.1 μm or more.

(57) 要約:

本発明は、光配線の、光導波路のコア部が結合した部分の形状がどのような形状であれ、光配線と光導波路との間で好適に光信号の伝送を行うことができる光伝送構造体を提供することを目的とする。

本発明の光伝送構造体は、少なくとも光配線と光導波路とが結合してなり、上記光配線のコアと上記光導波路のコア部との間で光信号を伝送することができるように構成された光伝送構造体であって、上記光配線の上記光導波路のコア部と結合した部分は、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ Ｂ ０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上であることを特徴とする。

WO 03/091777 A1

明細書

光伝送構造体、光導波路、光導波路の形成方法、および、光配線接続体

技術分野

本発明は、光伝送構造体、光導波路、光導波路の形成方法、および、光配線接続体に関する。

背景技術

近年、光技術を利用した光通信や光情報処理、あるいは電子機器、光学機器等の分野が急速に進展しつつあり、各種光デバイスを接続するための技術の開発が大きな課題となっている。従来各種光デバイス間は、光ファイバ等の光配線等を介して接続されているが、その接続には極めて高い位置精度が要求され、このような接続作業は手作業もしくは高精度な調芯設備により行われているため、接続コストが上昇する一因となるという問題があった。

そこで、このような問題を解決するために、自己形成光導波路の技術が開発されている。これは、光配線等の接続すべき端部を感光性組成物に浸漬し、この光配線等を介して感光性材料に光を照射することにより当材料を徐々に感光させて、接続端部の先端に光導波路のコア部を形成するものである。これにより、特に高価な調芯設備等を用いなくても、光配線との間で光信号を伝送することができるように構成された光導波路を形成することができ、これにより接続コスト上昇の一因となる問題を解決することができる。

以下、このような自己形成光導波路の技術について、簡単に説明しておく。図面を参照しながら説明する。図６７（ａ）～（ｄ）は、このような自己形成光導波路の技術を用いて、異なる光ファイバ間を接続するコア部を形成する方法の一例を説明するための模式図である。

まず、光ファイバ１１２、１１２′を、それぞれの一端が向き合うように配置し、この光ファイバ１１２、１１２′の端部間を包囲するように感光性組成物１１１を塗布する等により、光ファイバ１１２、１１２′の端部をともに、感光性組成物１１１に浸漬する（図６７（ａ）参照）。なお、図中、１１３、１１３′

は、それぞれ光ファイバ１１２、１１２′のコアである。

次に、一方の光ファイバ１１２の向き合っていない端部側に、高圧水銀ランプ等の光を照射するための手段（図示せず）を設け、感光性組成物１１１を硬化させるための光を、上記手段を用いて一方の光ファイバ１１２の一端から、向き合うように配置された光ファイバ１１２′の一端に向けて照射する（図６７（ｂ）参照）。

このように、一方の光ファイバ１１２の一端から他方の光ファイバ１１２′の一端に向けて光を照射することにより、感光性組成物１１１が、光の経路に応じて、光ファイバ１１２側から除々に硬化し、光ファイバ１１２と光ファイバ１１２′とを接続する光導波路のコア部１１４が形成されることとなる（図６７（ｃ）～（ｄ）参照）。

また、光通信や光情報処理等の光技術を利用した分野の進展に伴い、通信技術の中心として光ファイバに注目が集まっている。特にＩＴ（情報技術）分野においては、高速インターネット網の整備に、光ファイバを用いた光通信技術が必要となる。

光ファイバは、①低損失、②高帯域、③細径・軽量、④無誘導、⑤省資源等の特徴を有しており、この特徴を有する光ファイバを用いた通信システムでは、従来のメタリックケーブルを用いた通信システムに比べ、中継器数を大幅に削減することができ、建設、保守が容易になり、通信システムの経済化、高信頼性化を図ることができる。

また、光ファイバは、一つの波長の光だけでなく、多くの異なる波長の光を１本の光ファイバで同時に多重伝送することができるため、多様な用途に対応可能な大容量の伝送路を実現することができ、映像サービス等にも対応することができる。

このような光ファイバには、半導体レーザ等の光学部品からの出射光を入射させるのであるが、このとき、如何に効率よく出射光を光ファイバに入射させるかは、光通信における重要な要素となります。特に長距離伝送を行う場合、高効率で出射光を光ファイバに入射させることが要求される。

ところが、光ファイバと光学部品との間には、光ファイバの熱膨張に起因する

光学部品の破損の防止等を目的として、空隙を設けておく必要があり、出射光を光ファイバに効率よく入射させることの障害となっている。

そこで、光学部品と光ファイバとの間にコリメートレンズや集光レンズ等のレンズを設け、光学部品からの出射光を光ファイバに入射させる方法が用いられている。この方法によれば、光学部品と光ファイバとの間に空隙を設けている場合であっても、効率よく光学部品からの出射光を光ファイバに入射させることができる。

また、この方法は、光学部品から光ファイバへ光を伝達させる場合に限らず、光ファイバから光学部品へ光を伝達させる場合や、一の光ファイバから他の光ファイバへ光の伝達させる場合等にも用いられている。この方法によれば、いずれの場合であっても、効率よく光を伝達させることができる。

さらに、光通信や光情報処理等の光技術を利用した分野の進展とともに、各種光通信用デバイスが高性能化し、これに伴い、光通信用デバイス間の接続が複雑になってきている。

発明の要約

光配線と光導波路との接続等を達成する際には、上述したコストの問題とは別に、他の大きな問題点も存在していた。すなわち、光配線と光導波路とを接続する際には、低接続損失を達成するために、接続端部を平坦にする必要があり、そのため高精度な端面処理を施す必要があるとされていた。

一般的な光ファイバの接続を例に取ると、光配線等の接続端部の端面が平滑でない場合には、融着技術で接続する際に気泡、ファイバコアの乱れなどが生じて接続損失等が発生したり、ファイバ端面同士を単に付け合わせる物理的な接続（メカニカルスプライス）の場合には、光配線等との接続部分で、伝送光の乱反射等に起因した接続損失等が発生してしまうとされていた。さらに、上述の自己形成光導波路の技術を用いても、形成した光導波路と光配線等との接続部分で、伝送光の乱反射等に起因した接続損失等が発生するとされていた。

このため、被覆部材等が除去された光ファイバ等を単純に接続する際においてはファイバカッタ等を用いて切断することにより比較的平滑な端面を形成するこ

とができるが、光ファイバ等が単数本または複数本組み込まれたファイバアレイやコネクタ等においては、接続端面を揃える必要がある等の理由から、切断の後、微細砥粒を用いて長時間研磨処理を行っており、また、研磨処理方法も平面研磨のみでなく、ＰＣ研磨等の球面研磨、斜め研磨等を行う必要がある場合もあり、工程が煩雑化する、コストが嵩むといった問題は避けることができないとされていた。具体的には、シリカを含む研磨剤を用いた光ファイバ端面の研磨方法等が提案されている。

しかしながら、本発明者は、光配線と光導波路とが結合してなる光伝送構造体について詳細に検討した結果、光配線の上記コア部が結合した部分の形状がどのような形状であれ、光配線と光導波路との間で好適に光信号の伝送を行うことができることを見出し、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体を完成させた。

また、自己形成光導波路の技術を用いた光導波路の形成方法について詳細に検討した結果、光導波路のコア部を形成する場合には、高精度な端面処理を施さなくても、光配線との結合性に優れたコア部を形成することができ、この場合には、上述した工程が煩雑化する等の問題を解消することができることを見出し、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法を完成させた。

第一群の本発明は、第一の発明が光伝送構造体に関する発明であり、第二の発明が光導波路の形成方法に関する発明である。

第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体は、少なくとも光配線と光導波路とが結合してなり、上記光配線のコアと上記光導波路のコア部との間で光信号を伝送することができるように構成された光伝送構造体であって、

上記光配線の上記光導波路のコア部と結合した部分は、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上であることを特徴とする。

第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体では、上記光配線のコアと上記光導波路のコア部とが結合しており、少なくとも、上記光配線の上記光導波路のコア部と結合した側の端部の外周に被覆層が形成されていてもよい。

第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体において、上記光導波路のコア部

の光屈折率は、上記光配線の上記光導波路のコア部と結合した部分の光屈折率の９０～１１０％であることが望ましく、９５～１０５％であることがより望ましい。

また、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体において、上記光導波路のコア部は、上記光配線に結合した側と反対側の端面に光路変換ミラーが形成されていてもよく、また、上記光導波路のコア部は、少なくとも一の屈曲部を有していてもよい。

また、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体においては、上記光配線の表面であって、光導波路のコア部と結合した部分以外の部分の一部または全部に粗化面が形成されていることが望ましい。

第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法は、感光性組成物中に光配線の一部を浸漬し、上記光配線を介して上記感光性組成物中に光を照射することにより、上記感光性組成物中の光の経路に応じたコア部を形成する光導波路の形成方法であって、

上記光配線の上記コア部と結合する部分は、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上であることを特徴とする。

第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法において、上記感光性組成物中に浸漬する光配線の一部は上記光配線の端部であり、この光配線の端部の外周には被覆層が形成されていることが望ましい。

また、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法において、上記コア部の光屈折率は、上記光配線の上記コア部と結合する部分の光屈折率の９０～１１０％であることが望ましく、９５～１０５％であることがより望ましい。

また、自己形成光導波路の技術により光導波路を形成する場合には、光ファイバ等の光配線の一の端面から感光性組成物へ光を照射する必要がある。そのような方法としては、光ファイバの他の端面側に光源を設けた後、その光源を用いて、光ファイバの他の端面から光を入射させる方法が用いられている。その方法によれば、入射させた光は、光ファイバ中を導波して光ファイバの一の端面から出射することになり、感光性組成物中の光の経路に応じたコア部を形成することがで

きる。

しかしながら、光ファイバの他の端面側に受光素子や発光素子等の光学部品が設けられている場合には、光ファイバの他の端面側に光源を設けることができないため、光ファイバの他の端面から光を入射させることができず、光ファイバの一の端面から感光性組成物へ光を照射することができなかった。すなわち、光ファイバ等を含む光デバイスの構成等によっては、自己形成光導波路の技術を用いることができなかった。

このように自己形成光導波路の技術を用いることができない場合には、上述したような極めて高い位置精度が要求される煩雑な接続作業を行わなければならないため、工程が煩雑化する、コストが嵩むといった問題を避けることができなかった。

そこで、本発明者はこの問題について鋭意検討を重ね、その結果、光配線の側面を介して光を入射させることにより、光配線の他の端面側に光源を設けることができず、光配線の他の端面から光を入射させることができない場合であっても、光配線の一の端面から感光性組成物へ光を照射することができ、自己形成光導波路の技術を用いて光導波路を形成することが可能となることを見出し、第二群の本発明の光導波路の形成方法を完成した。第二群の本発明は、光導波路の形成方法に関する発明である。

第二群の本発明の光導波路の形成方法は、感光性組成物中に光配線の一の端面を浸漬した後、上記光配線の一の端面から光を照射することにより、上記感光性組成物中の光の経路に応じたコア部を形成する光導波路の形成方法であって、

上記光配線の一の端面から照射する光は、上記光配線の側面を介して入射させた光であることを特徴とする。

第二群の本発明の光導波路の形成方法においては、上記光を入射させる光配線の側面を、上記光を入射させる前に、湾曲させておくことが望ましい。また、上記光配線の側面を介して入射させる光は、レンズにより集光した光であることが望ましい。

また、自己形成光導波路の技術を用いて、異なる光ファイバ間を接続する光導波路を形成する場合には、図６７に示したように、一方の光ファイバの一端から

他方の光ファイバの一端へ向けて光を照射して光導波路を形成する方法だけではなく、異なる光ファイバのそれぞれの一端から他方の光ファイバの一端へ向けて光を照射して光導波路を形成する方法を用いることもできる。

図６８（ａ）～（ｃ）は、自己形成光導波路の技術を用いて、異なる光ファイバ間を接続する光導波路を形成する方法の他の一例を説明するための模式図である。

具体的には、まず、光学的に接続する２本の光ファイバ１２２、１２２′の一端を感光性組成物１２１に浸漬するとともに、その一端同士が略対向するように光ファイバを配置する。ここで、光ファイバ同士の光軸は完全には合致していない（図６８（ａ）参照）。なお、図中、１２３、１２３′は、それぞれ光ファイバ１２２、１２２′のコアである。

次に、２本の光ファイバ１２２、１２２′の向き合っていない端部側に、それぞれ光を照射するための手段（図示せず）を設け、上記手段を用いて、それぞれ２本の光ファイバ１２２、１２２′の一端から、感光性組成物１２１を硬化させるための光を、相手側の光ファイバ１２２′、１２２の一端に向けて照射する（図６８（ｂ）参照）。

この場合、光ファイバ１２２、１２２′の一端から出射される互いの出射光Ｘ、Ｙが重なり合う部分Ｚにおいて光の強度が高くなる。そこで、光の強度は、その重畳部分Ｚの光の強度のみが感光性組成物を重合させることができる強度となるように設定すれば、互いの出射光が重なり合う部分Ｚにコア部１２４が形成されることになる（図６８（ｃ）参照）。

この方法では、一対の光ファイバ１２２、１２２′の光軸が完全に合致しておらず、ズレていたとしても、光ファイバ１２２、１２２′の端部同士を結ぶ光の経路に、光導波路のコア部１２４を形成し、高い確率で両者を光学的に結合させることが可能である。

また、この方法は、異なる光ファイバの向き合ったそれぞれの一端からコア部を形成する方法であるため、図６７に示した方法と比べると、異なる光ファイバの向き合った一端が著しく離れている場合であっても、より確実に異なる光ファイバ間を接続するコア部を形成することが可能である。

さらに、この方法は、異なる光ファイバの向き合ったそれぞれの一端からコア部を形成する方法であるため、図６７に示す方法に比べると、短時間で異なる光ファイバ間を接続するコア部を形成することができる。

このような技術を用いて光導波路を形成する場合、上述したように液体の感光性組成物の一部を硬化させることによりコア部を形成することとなるため、コア部は形成時に流動しやすかった。しかしながら、上述したように、異なる光ファイバ間を接続するコア部を短時間で形成することにより、該コア部が流動の影響を受けにくく、安定化した形状のコア部を形成することができる。

このように、異なる光ファイバのそれぞれの一端から他方の光ファイバの一端へ向けて光を照射してコア部を形成する方法（以下、双方向照射によりコア部を形成する方法ともいう）は、異なる光ファイバの光軸がズレている場合や、異なる光ファイバの一端が著しく離れている場合であっても、より確実に異なる光ファイバ間を接続する光導波路を形成することが可能であり、安定化した形状のコア部を形成することができるという点において、一方の光ファイバの一端から他方の光ファイバの一端へ向けて光を照射してコア部を形成する方法（以下、一方向照射によりコア部を形成する方法ともいう）より望ましい方法であるといえる。

しかしながら、双方向照射によりコア部を形成する方法は、異なる光ファイバのそれぞれの一端から他方の光ファイバの一端へ向けて光を照射することができる場合にのみ用いることができる方法であり、この双方向照射によりコア部を形成する方法は、光ファイバや光デバイスの構成等によっては用いることができない場合があった。異なる光ファイバの向き合っていない端部のうち、一の光ファイバの端部側に光学部品が設けられているため、光を照射するための手段を設けることができない場合、具体的には、異なる光ファイバの向き合っていない端部のうち、一の光ファイバの端部側に受光素子が設けられている場合や、感光性組成物を硬化させることが可能な波長の光を照射することができない発光素子が設けられている場合等には、双方向照射によりコア部を形成する方法は用いることができなかった。

このような場合、安定化した形状の光導波路を確実に形成するためには、一方向照射によりコア部を形成する方法を用いて異なる光ファイバを接続する光導波

路を形成することが可能な範囲まで、異なる光ファイバの向き合った端部を近づける必要があり、異なる光ファイバの光軸を完全に合致させる必要があった。そのため、高精度な位置合わせの作業を要求されることになり、光導波路の形成工程が煩雑になることがあった。また、光導波路の形成工程が煩雑になった場合、自己形成光導波路の技術を用いて光ファイバの接続コスト上昇の一因となる問題を解決することが困難であった。

そこで、本発明者は鋭意検討を重ね、第三群の本発明を完成した。第三群の本発明の目的は、異なる光配線の向き合っていない端部のうち、一の光配線の端部側に光を照射するための手段を設けることができない場合であっても、異なる光配線の向き合ったそれぞれの一端からコア部を形成することができるようにすることにより、高精度な位置合わせの作業を行うことなく、異なる光配線間を接続する安定化した形状の光導波路を確実に形成することができる光導波路の形成方法を提供することにある。第三群の本発明は、光導波路の形成方法に関する発明である。

第三群の本発明の光導波路の形成方法は、異なる光配線のそれぞれの一端が略向き合い、かつ、少なくとも向き合った一端がともに感光性組成物中に浸漬されるように、上記光配線を配置し、上記光配線を介して光を照射することにより、上記光配線同士を接続するコア部を形成する光導波路の形成方法であって、

一の光配線側に、上記一の光配線の一端から他の光配線の一端へ向けて光を照射するための光照射手段を設けるとともに、上記他の光配線側に、上記光照射手段を用いて照射した光を反射するための光反射手段を設け、

上記光照射手段を用いて上記一の光配線の一端から光を照射し、照射した光を上記光反射手段で反射させることにより、上記異なる光配線の向き合ったそれぞれの一端からコア部を形成することを特徴とする。

第三群の本発明の光導波路の形成方法において、上記光反射手段は、ミラーであるか、または、光フィルタであることが望ましい。

また、既に説明したように、光接続を達成する際に、光ファイバ等を介して各種光デバイス間を接続する方法としては、コネクタを用いる方法や、光ファイバ等を各種光デバイスに融着させる方法や、光ファイバ等と各種光デバイスとを光

学接着剤により接着させる方法等が用いられていた。ところが、これらの方法はいずれも、光ファイバ等と各種光デバイスとを押し付けて固定することにより接続する方法であります。そのため、接続時に、光ファイバや各種光デバイスの端面が傷付いたり、接続部分が変形したりしてしまい、光ファイバと各種光デバイスとの接続部分で伝送光の乱反射等に起因した接続損失が発生するおそれがあった。

さらに、光ファイバ等と各種光デバイスとを光学接着剤により接着させる方法を用いる場合、低損失接続を達成するには、接続端部を平坦にしたり、球面にしたりの高精度な端面処理を施す必要があるため、工程が煩雑化したり、コストが嵩んだりするといった問題は避けることができないとされていた。

また、上述した自己形成光導波路の技術を用いた場合、感光性組成物が液体であるため、光導波路を形成する際にコア部が流動してしまい、コア部の形状が不安定になる場合があった。そのようにコア部の形状が不安定な光導波路では、各種光デバイス間の低接続損失を達成することが困難であるという問題があった。

そこで、本発明者は、上記問題を解決するために鋭意検討を重ねた結果、異なる光配線同士を接続するコア部とクラッド部とからなる光導波路を形成した後、少なくともコア部の両端を引っ張ることにより、コア部が流動することがなく、その形状が安定化することを見出した。

また、光配線または光学部品と接続されたコア部とクラッド部とからなる光導波路であって、少なくともコア部の両端が引っ張られている光導波路によれば、コア部の形状が安定化しており、さらに、光導波路の端面や、該光導波路の両端に接続された光配線等の端面に傷や変形等が発生せず、異なる光配線等同士の低接続損失を達成することができることを見出し、第四群の本発明を完成させた。第四群の本発明は、第一の発明が光導波路に関する発明であり、第二の発明が光導波路の形成方法に関する発明である。

第四群の本発明の第一の発明の光導波路は、コア部とクラッド部とからなり、その両端のそれぞれが光配線または光学部品と接続された光導波路であって、少なくとも上記コア部は、その両端が引っ張られていることを特徴とする。

第四群の本発明の第一の発明の光導波路において、上記コア部は、感光性組成

物からなることが望ましい。また、上記クラッド部は、樹脂組成物からなることが望ましい。

また、第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法は、異なる光配線のそれぞれの一端が略向き合い、かつ、少なくとも向き合った一端がともに感光性組成物中に浸漬されるように、上記光配線を配置した後、上記光配線の少なくとも一方から他方の光配線に光を照射することにより、上記光配線同士を接続するコア部を形成し、さらに、上記コア部の両端を引っ張ることを特徴とする。

第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法においては、上記コア部を引っ張った後、または、上記コア部を引っ張っている際、上記コア部の周囲に安定なクラッド部を形成することが望ましい。

また、上述したように、光伝達時に光学部品と光ファイバとの間にレンズを配置する場合、該レンズとしては、非常に小さなレンズを用いなければならない。また、効率よく光を伝達させるために、レンズの形状には精密さが要求される。そのようなレンズの製造は煩雑であり、コストが嵩むという問題があった。

また、光学部品や光ファイバ等とレンズとを配置する作業は、手作業または高精度な位置合わせを行うことができる設備により行われている。それらの配置には極めて高い位置精度が要求されるため、コストが上昇する一因となるという問題があった。

本発明者は、上記問題を解説するために鋭意検討を重ねた結果、コア部の形状がその一端に向かって徐々に細くなる形状の光導波路であれば、上記レンズに代えて用いることができること、および、このような形状の光導波路を所定の方法を用いることにより、簡便、かつ、安価に形成することができることを見出した。

また、上記した形状を有する光導波路は、光学部品や光ファイバ等の光配線に直接取り付けた状態で形成することも可能であり、この場合には、高い精度で位置合わせを行う工程を必要としないため、上述した問題を解消することができることを見出し、第五群の本発明を完成させた。

第五群の本発明は、第一の発明が光導波路に関する発明であり、第二の発明が光導波路の形成方法に関する発明である。

第五群の本発明の第一の発明の光導波路は、光配線と独立して形成された光導

波路であって、

コア部の形状が、その一端に向かって徐々に細くなる形状であることを特徴とする。

第五群の本発明の第一の発明の光導波路において、上記コア部の周囲には、クラッド部が形成されていることが望ましい。また、上記コア部は、感光性組成物からなることが望ましい。

また、第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法は、感光性組成物中に、光配線を介して光を照射することにより、上記光を集束させる形状を有する上記感光性組成物の硬化物を成長させ、その一端に向かって徐々に細くなる形状のコア部を形成することを特徴とする。

第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法においては、上記コア部を形成した後、その周囲に安定なクラッド部を形成することが望ましい。

また、光通信用デバイス間の接続が複雑になってきており、これに伴い、光通信用デバイス間を接続する光配線を曲げる必要が生じる。この際、光配線を大きな角度で折り曲げたり、半径の小さい円弧状に曲げたりした場合には、光伝送能が低下することとなる。従って、光配線を曲げる際に、単純に光導波路を折り曲げる場合には、その放射損失等を考慮して微小角度で折り曲げなければならず、光導波路の占有面積が大きくなってしまうこととなる。また、光配線の光伝送能を低下させることなく曲線状に曲げる場合、例えば、Ｓ字状に曲げる場合には、その曲率半径の算出に正弦関数を使用する必要がある等、複雑な設計が必要であり、設計の自由度が低かった。

また、光配線を曲げる場合に、光配線の曲げられた部分の外周部に反射手段を設けたり、光配線の一部にレンズ効果を有する高屈折領域を設けたりすることが提案されている。しかし、このような光配線においても、複雑な設計が必要であり、設計の自由度も低かった。

また、光配線自体を曲げるのではなく、光路のみを屈曲させるために、光配線の端部等に別部品としてミラー、プリズム等を配設する方法等が提案されている。このとき、ミラー等の付加的な光部品を用いると、その形成工程が煩雑になり、さらには、製造コストや製品価格が高くなるという点で不利であった。

さらに、他の光路を屈曲させる方法としては、斜めに研磨するなどして作製した光配線端に空気など、光屈折率の大幅に異なる物質を介在させ、その大きな光屈折率差を利用して光を全反射させる方法が提案されている。しかしながらこの方法では、導波路と空気との間での大きな光屈折率差による全反射を利用するため、大きな屈曲角（例えば、９０度）をなす光配線にしか適用できず、任意の屈曲角を形成するという要求に対する自由度が大幅に低かった。

そこで、本発明者は、上記問題点を解決するために鋭意検討を重ね、その結果、光屈折率が異なる光配線を複数接続し、このとき、少なくとも一の光配線の他の光配線と接続する側の端面を所定の形状とすることにより、任意の折れ曲がった形状の屈曲部を有する場合でも、光伝送能に優れる光配線接続体とすることができることを見出し、第六群の本発明を完成した。第六群の本発明は、光配線接続体に関する発明である。

第六群の本発明の光配線接続体は、複数の光配線が、光信号を伝送することができるように接続された光配線接続体であって、

上記光配線接続体は、屈曲部を有しており、

互いに接続された上記光配線は、その光屈折率が異なり、

上記光配線のうちの少なくとも一の光配線は、他の光配線と接続された側の端面が、光軸と垂直に交わらないことを特徴とする。

第六群の本発明の光配線接続体は、少なくとも光配線Ａと光配線Ｂとを有し、

上記光配線Ａの端面と上記光配線Ｂの端面とが接続され、

上記光配線Ａと上記光配線Ｂとの接続部で折れ曲がっていることが望ましい。

また、第六群の本発明の光配線接続体は、少なくとも光配線Ｃと光配線Ｄとを有し、

上記光配線Ｃの端部の側面と、上記光配線Ｄの端面とが接続され、

上記光配線Ｃと上記光配線Ｄとの接続部で折れ曲がっていることが望ましい。

また、第六群の本発明の光配線接続体は、少なくとも光配線Ｅと光配線Ｆと光配線Ｇとを有し、

上記光配線Ｅの端部の側面と、上記光配線Ｆの端面とが接続されるとともに、上記光配線Ｅの光配線Ｆが接続された側の端面と、上記光配線Ｇの端面とが接続

され、

上記光配線Ｅと上記光配線Ｆとの接続部、および、上記光配線Ｅと上記光配線Ｇとの接続部で折れ曲がっていることが望ましい。

また、上述したような自己形成光導波路の技術を利用した光導波路の形成では、通常、単一の照射領域を備えた光源に対して一本の光導波路しか形成することができないため、効率が悪かった。また、多芯の光導波路が必要な場合には、単芯で形成した複数本の光導波路を融着や接着剤により束ねなければならず、後処理が面倒であるという問題があった。

そこで、光源の数を増やし、それら光源から発せられた光をそれぞれレンズによって集光させて光ファイバを通し、複数本の光導波路を同時に形成することが考えられるが、そのようにすると設備が複雑になり、設備コストが高価になるという問題がある。

第七群の本発明は、上記事情を鑑みてなされたものであって、製造効率に優れ、多芯接続が容易である光導波路の形成方法を提供することを目的とするものである。第七群の本発明は、光導波路の形成方法に関する発明である。

第七群の本発明の光導波路の形成方法は、感光性組成物中に光を照射することによってその光の経路に応じた光導波路を形成する光導波路の形成方法であって、

単一の照射領域を備えた光源から出射された光を並列に載置された複数本の光配線を通過させて上記感光性組成物中に照射することにより、上記各光配線の先端に複数本の光導波路を形成することを特徴とする。

第七群の本発明の光導波路の形成方法において、上記光配線の入光端は、上記光源の出射端から所定の距離だけ離れて設けられていることが望ましい。

また、上記光源の出射端の面積は、上記光配線の入光端の面積よりも大きくされていることが望ましい。

また、上記感光性組成物中に照射される光は、光学的に結合すべき対をなす一方の光配線からそれぞれ相手側の光配線に向けて照射されることが望ましい。

また、上述した自己形成光導波路の技術を利用して光導波路を形成した場合、形成した光導波路の断面の直径が一定にならないことがあった。

特に、光導波路の長さが長くなった場合には、その先端側（光配線と接続され

た側と反対側）の直径が細くなってしまうことがあった。これは感光性組成物に照射される光の光路において、光配線側と先端側とでその強度が異なることがある（先端側で光の強度が弱くなる）ためと考えられる。

このように形成した光導波路の先端側が細くなると、太い光ファイバを細い光ファイバに接続する場合には好都合であるが、逆に、細い光ファイバを太い光ファイバに接続しようとする場合には、好ましいものではない。また、光ファイバをその直径に比べて大きな面積の発光部を有する光デバイスに接続しようとする場合には、光導波路の先端側の直径を充分に広げることができないため、結合損失が生じやすいこととなる。

このように、従来の光導波路の形成方法では、形成される光導波路の径を自由に調整することは難しかった。

第八群の本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、形成される光導波路の直径をある程度の範囲で自由に調整することができる光導波路の形成方法を提供することを目的とするものである。第八群の本発明は、光導波路の形成方法に関する発明である。

第八群の本発明の光導波路の形成方法は、樹脂収容部内に感光性組成物を収容し、上記感光性組成物内に光を照射することによって光の照射域を線状に硬化させる光導波路の形成方法であって、

上記樹脂収容部内は、上記光の照射域から周囲に散乱した後に回帰してくる光の回帰率が上記光導波路の形成方向に沿って異なるようにしたことを特徴とする。

第八群の本発明の光導波路において、上記光の回帰率は、上記樹脂収容部の内面における光の反射率を上記光導波路の形成方向に沿って変化させることで異ならせてあることが望ましい。

また、上記光の回帰率は、上記光の照射域と上記樹脂収容部の内面との距離を上記光導波路の形成方向に沿って変化させることで異ならせてあることも望ましい。

図面の簡単な説明

図１は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の一実施形態を模式的に

示す部分断面図である。

図２（ａ）～（ｃ）は、それぞれ第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図３は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図４（ａ）、（ｂ）は、それぞれ第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図５（ａ）、（ｂ）は、それぞれ第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図６は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図７は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図８（ａ）、（ｂ）は、それぞれ第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図９（ａ）、（ｂ）は、それぞれ第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図１０は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図１１は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の間で光信号を伝送する場合の実施態様を模式的に示す部分断面図である。

図１２は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体を配列させて使用する場合の実施態様を模式的に示す部分断面図である。

図１３は、従来の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図１４（ａ）～（ｄ）は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の一例を説明するための模式図である。

図１５は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の工程の一部を説明するための模式図である。

図１６は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の工程の一部を説明するための模式図である。

図１７は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の工程の一部を説明するための模式図である。

図１８（ａ）、（ｂ）は、それぞれ第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の工程の一部を説明するための模式図である。

図１９（ａ）は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の工程の一部を説明するための模式図であり、（ｂ）は、（ａ）の部分拡大断面図である。

図２０（ａ）～（ｄ）は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の別の一例を説明するための模式図である。

図２１（ａ）～（ｃ）は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の別の一実施形態を説明するための模式図である。

図２２は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の工程の一部を説明するための模式図である。

図２３は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の工程の一部を説明するための模式図である。

図２４は、実施例１で行った光導波路の形成方法を説明するための概略図である。

図２５は、実施例５で行った光導波路の形成方法を説明するための概略図である。

図２６（ａ）、（ｂ）は、第二群の本発明の光導波路の形成方法の一例を説明するための模式図である。

図２７（ａ）、（ｂ）は、第二群の本発明の光導波路の形成方法の他の一例を説明するための模式図である。

図２８は、実施例１３で行った光導波路の形成方法を説明するための概略図である。

図２９（ａ）、（ｂ）は、第三群の本発明の光導波路の形成方法の一例を説明するための概略図である。

図３０（ａ）～（ｄ）は、第三群の本発明の光導波路の形成方法により、異な

る光配線間を接続するコア部を形成する様子を説明するための模式図である。

図３１（ａ）、（ｂ）は、第三群の本発明の光導波路の形成方法の他の一例を説明するための概略図である。

図３２は、（ａ）～（ｃ）は、それぞれ第四群の本発明の第一の発明の光導波路の一例を模式的に示す断面図である。

図３３は、実施例１７で行った光導波路の形成方法を説明するための概略図である。

図３４は、（ａ）～（ｄ）は、光導波路を構成するコア部の形状の一例を示す模式図である。

図３５は、コア部がアレイ状に多数形成された光導波路を示す模式図である。

図３６（ａ）～（ｃ）は、第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の一実施形態を説明するための模式図である。

図３７（ａ）～（ｃ）は、第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の別の一実施形態を説明するための模式図である。

図３８（ａ）～（ｃ）は、第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法のさらに別の一実施形態を説明するための模式図である。

図３９は、実施例１９で行った光導波路の形成方法を説明するための概略図である。

図４０は、実施例２０で行った光導波路の形成方法を説明するための概略図である。

図４１は、第六群の本発明の光配線接続体の一例を模式的に示す断面図である。

図４２は、第六群の本発明の光配線接続体の一例を模式的に示す断面図である。

図４３は、第六群の本発明の光配線接続体の一例を模式的に示す断面図である。

図４４（ａ）～（ｃ）は、第六群の本発明の光配線接続体を製造する方法の一例を説明するための模式図である。

図４５（ａ）～（ｃ）は、第六群の本発明の光配線接続体を製造する方法の一例を説明するための模式図である。

図４６は、実施例２１～２３で行った光伝送構造体の形成方法を説明するための概略図である。

図４７は、第六群の本発明の光配線接続体の一例を模式的に示す断面図である。

図４８は、第六群の本発明の光配線接続体の一例を模式的に示す断面図である。

図４９は、第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体６１００における、光配線６１０２の光屈折率（n_{12}）と、光配線６１０１と光配線６１０２とのなす角θ_1との関係を示すグラフである。

図５０は、第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体６１００における、光配線６１０１の端面６１０１ａが光軸となす角α_1と、光配線６１０１と光配線６１０２とのなす角θ_1との関係を示すグラフである。

図５１は、実施例１８の光導波路の形成方法を示す概略図である。

図５２は、実施例１８において、Ｖ溝基板に光ファイバを固定した状態の拡大平面図である。

図５３は、実施例１８において、Ｖ溝基板に光ファイバを固定した状態の拡大断面図である。

図５４は、実施例１８において、光導波路の形成状態を示す拡大断面図である。

図５５は、実施例２５の光導波路の形成方法を示す概略図である。

図５６は、実施例２５において、Ｖ溝基板に光ファイバを固定した状態の拡大平面図である。

図５７は、実施例２５において、光導波路の形成状態を示す拡大断面図である。

図５８は、実施例２６－１の光導波路の形成方法を示す概略図である。

図５９は、図５８のＡ－Ａ断面図である。

図６０は、図５８のＢ－Ｂ断面図である。

図６１は、図５８のＣ－Ｃ断面図である。

図６２は、図５８のＤ－Ｄ断面図である。

図６３は、実施例２６－２の光導波路の形成方法を示す概略図である。

図６４は、図６３のＥ－Ｅ断面図である。

図６５は、実施例２６－３の光導波路の形成方法を示す概略図である。

図６６は、図６５のＦ－Ｆ断面図である。

図６７（ａ）～（ｄ）は、自己形成光導波路の技術を用いて、異なる光配線間を接続するコア部を形成する方法の一例を説明するための模式図である。

図６８（ａ）～（ｃ）は、自己形成光導波路の技術を用いて、異なる光配線間を接続するコア部を形成する方法の他の一例を説明するための模式図である。

図６９は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図７０は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体を配列させて使用する場合の別の実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図７１は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法において、光配線の端面を介して感光性組成物に照射する光の光路を説明するための説明図である。

図７２は、実施例８で行った光配線の形成方法を説明するための概略図である。

図７３は、実施例８で行った光導波路の形成方法を説明するための概略図である。

図７４は、参考例２で行った光配線の形成方法を説明するための概略図である。

符号の説明

１００１、１０１１、１０２１、１０３１　感光性組成物

１００２、１０１２、１０１２′、１０２２、１０２２′、１０３２　光配線（光ファイバ）

１００３、１０１３、１０２３、１０３３　コア

１００４、１０１４、１０２４、１０３４　コア部

１００５、１０１５　紫外線照射装置

１１００　光伝送構造体

１１０２　光配線

１１０４　コア部

２００１、２０１１、２０２１、２０３１、２０４１　感光性組成物

２００２、２０１２、２０２２、２０３２、２０４２　光ファイバ

２００２ａ、２０１２ａ、２０２２ａ、２０３２ａ、２０４２ａ、２０４２ｂ（光ファイバの）端面

２００３、２０１３、２０２３、２０３３、２０４３　コア

２００４、２０１４、２０２４、２０３４、２０４４　コア部

２００７、２０１７　防護壁

２０４５　紫外線照射装置

２０４８　ライトガイド

３０１１、３０２１　感光性組成物

３０１２、３０２２　光ファイバ

３０１３、３０２３　コア

３０１４、３０２４　コア部

３０１５、３０２５　紫外線照射装置（光照射手段）

３０１７、３０２７　光学部品

３０１８、３０２８　受光素子

３０１９　ミラー（光反射手段）

３０２９　光フィルタ（光反射手段）

４１００、４１１０、４１２０　光導波路

４０１１、４０２１　感光性組成物

４０１２、４０２２　光ファイバ

４０１３、４０２３　コア

４０１４、４０２４　コア部

４１０５　クラッド部

５００１、５０２１、５０３１、５０４１　感光性組成物

５００２、５０２２、５０３２、５０４２　光ファイバ

５００３、５０２３　コア

５００４、５０２４、５０３４、５０４４　コア部

５００７　レンズ

６００１、６０１１　感光性組成物

６１００、６２００、６３００、６４００、６５００　光配線接続体

６１０１、６１０２、６２０１、６２０２、６３０１、６３０２、６３０３、６４０１、６４０２、６４０３、６５０１、６５０２、６５０３　光配線

７０１０　テープ状ファイバ（複数本の光配線）

７０１２　高圧水銀ランプ（光源）

７０１３、７０１８　光ファイバ用Ｖ溝基板

７０１４　紫外線硬化樹脂（感光性組成物）

７０１５、７０１９　Ｖ溝押さえ板

８０１０　ファイバ

８０１１　光ファイバ用Ｖ溝（樹脂収容部）

８０１２　樹脂貯留部（樹脂収容部）

８０１３　光ファイバ用基板

８０１４　押さえ板

８０１５　金属膜

発明の詳細な開示

まず、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体について説明する。

第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体は、少なくとも光配線と光導波路とが結合してなり、上記光配線のコアと上記光導波路のコア部との間で光信号を伝送することができるように構成された光伝送構造体であって、

上記光配線の上記光導波路のコア部と結合した部分は、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上であることを特徴とする。

第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体では、光配線の光導波路のコア部と結合した部分に、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上であるにもかかわらず、光配線と光導波路との間での接続損失が充分に小さく、光信号の伝送性に優れている。

また、上記光伝送構造体を製造する際には、光配線の光導波路のコア部と結合する部分は、高精度な端面処理を施さなくても、通常、電気配線等の切断に用いられる切断用治具を用いて切断するのみで形成することができるため、光導波路の形成工程を簡略化することができる。さらに、製造工程を簡略化することができるため、経済的にも有利である。

第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体は、少なくとも光配線と光導波路

とが結合してなる。

上記光配線とは、紫外線、可視光、赤外線等の光を通し、それにより情報を伝達するためのものであればよく、その具体例としては、光ファイバ等が挙げられる。

上記光配線の上記光導波路のコア部と結合した部分は、上述したように、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上である。

背景技術の欄においても既に説明したように、光配線の端面について、その面粗度Ｒａを０．１μｍ未満にする場合には、例えば、シリカ等の分散粒子を使用した研磨処理等の煩雑な処理が必要であった。

また、光ファイバを、ファイバクリーバ（ファイバカッタ）を用いて切断した場合には、その切断面は鏡面であるとされており、その面粗度Ｒａは、実質的に０である。そのため、ファイバクリーバを用いて光ファイバを切断することにより、煩雑な研磨処理なしに、その端面のＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ未満の光配線を得ることができる。しかしながら、このような光配線を用いて、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体を製造する場合には、光ファイバを切断する工程で、歩留まりが低下することとなる。特に光ファイバが配列されたアレイ状の光伝送構造体を製造する場合には、歩留まりの低下が大きくなり、作業自体にある程度の熟練を要していた。

これに対し、光配線として、その端面に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上の光配線を用いれば、光伝送構造体を製造する際に生じる、上述したような不都合を回避することができる。

上記光配線の材料としては、紫外線、可視光、赤外線等の光を通す材料であれば特に限定されず、無機材料であってもよいし、有機材料であってもよい。

無機材料としては、石英ガラスを主成分としているもの、ソーダ石灰ガラス、ホウ硅ガラス等を主成分とする多成分ガラス等が挙げられ、高分子材料（プラスチック）としては、シリコーン樹脂、ＰＭＭＡ（ポリメタクリル酸メチル）等のアクリル樹脂等が挙げられる。さらに、高分子材料（プラスチック）として、場

合により、下記する光導波路として用いられる材料も用いることができる。

上記光導波路のコア部の材料としては有機材料が挙げられ、その具体例としては、後述する第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法で使用する感光性組成物と同様のもの等が挙げられる。

また、上記コア部には、必要に応じて、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。上記光配線との間で熱膨張係数の整合を図ることができるからである。なお、上記粒子の具体例としては、後述する第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法で使用する感光性組成物に含まれるものと同様のもの等が挙げられる。また、後述する光導波路のクラッド部もまた、必要に応じて、粒子が含まれていてもよい。

また、上記光伝送構造体では、上記光導波路のコア部の光屈折率の値は特に限定されないが、実用上使用することができる光屈折率の範囲を考慮した場合、通常、上記光導波路は、空気、真空の光屈折率よりも大きい必要があるため、光屈折率の下限の値は１．０より大きい値であり、一方、ダイヤモンド等の鉱物を除いて、光導波路のコア部となり得る殆どの物質の光導波路を考慮した場合、光屈折率の上限の値は２．０以下の値であることが望ましい。

上記光導波路のコア部の光屈折率の下限は、上記光配線の上記光導波路のコア部と結合した部分の光屈折率の９０％であることが望ましく、一方、上記光導波路のコア部の光屈折率の上限は１１０％であることが望ましい。

上記光導波路のコア部の光屈折率が上記範囲にある場合には、反射減衰量は２５ｄＢ以上であり、光信号の伝送性により優れることとなる。

具体的には、石英ファイバ同士を付き合わせて接続する場合に、光ファイバ同士の間にわずかな間隙（例えば、空気層）が介在することとなり、この場合、光ファイバのコアの屈折率を１．４６、間隙（空気層）の屈折率を１．００とすると反射減衰量は１４．６ｄＢとなるが、光配線と光導波路とが結合してなり、光導波路のコア部が上記範囲の光屈折率を有する光伝送構造体では、反射減衰量は、２５ｄＢ以上であり、光ファイバ同士を付き合わせる場合に比べて、通信性に優れることとなる。

なお、上記反射減衰量ＬＲ（ｄＢ）は、下記式（Ａ）を用いて算出することが

できる。

$LR=-10\log R$・・・（A）

ただし、$R=\{(n_1-n_0)/(n_1+n_0)\}^2$であり、$n_1$は光ファイバのコアの屈折率、$n_0$は間隙（空気層）の屈折率である。

また、直接は比較することができないが、反射減衰量が２５ｄＢ以上であるとは、ＪＩＳ　Ｃ　５９６３（光ファイバコード付き光コネクタの通則）に従えば、その等級はＣである。

上記光導波路のコア部の光屈折率の下限は、上記光配線の上記光導波路のコア部と結合した部分の光屈折率の９５％であることがより望ましく、一方、上記光導波路のコア部の光屈折率の上限は１０５％であることがより望ましい。

上記光導波路のコア部の光屈折率が上記範囲にある場合には、反射減衰量は３０ｄＢ以上であり、光信号の伝送性により優れることとなる。

なお、直接は比較することができないが、反射減衰量が３０ｄＢ以上であるとは、ＪＩＳ　Ｃ　５９６３に従えば、その等級はＤである。

また、上記光導波路のコア部の光屈折率の下限は、上記光配線の上記光導波路のコア部と結合した部分の光屈折率の９８％であることがさらに望ましく、一方、上記光導波路のコア部の光屈折率の上限は１０２％であることがさらに望ましい。

上記光導波路のコア部の光屈折率が上記範囲にある場合には、反射減衰量は４０ｄＢ以上（正確には、３９．９ｄＢ以上）であり、光信号の伝送性に特に優れることとなる。

なお、直接は比較することができないが、反射減衰量が４０ｄＢ以上であるとは、ＪＩＳ　Ｃ　５９６３に従えば、その等級はＦである。

また、半導体レーザ等を用いて光伝送構造体に光信号を入射した際には、光配線と光導波路との界面での反射光の発生が雑音の発生原因となるが、反射減衰量が４０ｄＢ以上であると、反射光に起因した雑音の発生を抑制することができる。

また、反射光が半導体レーザに戻ると、レーザ光の発信が不安定になり、さらには、半導体レーザの故障の原因となる場合があるが、反射減衰量が４０ｄＢ以上とすることにより、このような不都合も回避することができる。

なお、石英ファイバ同士を付き合わせて接続する場合に、ファイバ同士の間の

間隙に上記と同等の光屈折率範囲を有する物質（例えば、シリコンオイル等）を満たし、反射減衰量を低下せしめる方法も一般的に用いられているが、第一群の本発明のように、その端面が特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上であるような光配線を用いる場合には、光配線同士を付き合わせた際に、必然的に不要な間隙が形成されてしまい、光結合損失の低下を招いてしまうことは実用上避け得ない欠点であった。

また、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体において、光導波路のコア部が感光性組成物を硬化させて形成したものである場合、コア部が上記範囲の光屈折率を有するとともに、硬化前のコア部の光屈折率、すなわち、上記感光性組成物自体の光屈折率は、その下限が、上記光配線のコアの光屈折率の９０％であることが望ましく、９５％であることがより望ましく、９８％であることがさらに望ましい。一方、その上限は、上記光配線のコアの光屈折率の１１０％であることが望ましく、１０５％であることがより望ましく、１０２％であることがさらに望ましい。

上記感光性組成物自体の光屈折率が上記範囲にある場合、光配線のコアと光導波路のコア部との間での光信号の伝送損失がより小さくなり、信頼性に優れることとなるからである。

「光配線の光導波路のコア部と結合した部分の光屈折率」とは、上記結合した部分が、ステップインデックス光ファイバ（ＳＩ型光ファイバ）のコア等のように単一の光屈折率を有するものである場合にはその光屈折率をいい、上記結合した部分が、グレーデッドインデックス光ファイバ（ＧＩ型光ファイバ）のようなコアである場合には、該光配線のコアがある範囲の光屈折率を有するものであるため、そのピーク光屈折率をいう。

なお、第一群の本発明の第一の発明で形成する光導波路のコア部の光屈折率も同様に、該コア部がある範囲の光屈折率を有する場合には、そのピーク光屈折率をコア部の光屈折率という。

以下、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

図１は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図１に示すように、光伝送構造体１１００は、コア１１０３とクラッド１１０５とからなる光配線１１０２とコア部１１０４からなる光導波路とが結合しており、光配線１１０２の光導波路のコア部１１０４と結合した部分１１０３ａには、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上である。なお、光伝送構造体１１００においては、クラッド１１０５の上記結合した部分１１０３ａと同一平面をなす部分１１０５ａもまた特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上である。

このような光伝送構造体１１００においては、光配線１１０２と光導波路のコア部１１０４との間で確実に光信号の伝送を行うことができる。

また、図１に示した光伝送構造体では、光導波路のコア部の光配線と結合した側と反対側の端面１１０４ａは、上記コア部の長手方向に垂直で、かつ、平坦な形状を有しているが、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体を構成する光導波路の端面の形状は、このような形状に限定されるわけではない。

具体的には、図２に示すように上記光導波路のコア部の光配線と結合した側と反対側の端面の形状は、傾斜面であってもよいし、球面であってもよい。

図２（ａ）～（ｃ）は、それぞれ第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面部である。

図２（ａ）に示すように、光伝送構造体１１１０では、光導波路のコア部１１１４の光配線１１１２に結合した側と反対側の端面に光路変換ミラー（傾斜面）１１１４ａが形成されている。このように、光路変換ミラー１１１４ａが形成されている場合には、光配線１１１２と光導波路のコア部１１１４とを介して伝送されてきた光信号の光路を所望の方向に変更することができる。

なお、光伝送構造体１１１０の構造は、光路変換ミラー１１１４ａが形成されている以外は、図１に示した光伝送構造体１１００と同一である。また、図中、１１１３はコア、１１１５はクラッドである。

図２（ｂ）に示すように、光伝送構造体１１２０では、光導波路のコア部１１

２４の光配線１１２２に結合した側と反対側の端面１１２４ａには、光反射防止処理が施されている。

すなわち、図１に示した光伝送構造体１１００では、光導波路の光配線と結合した側と反対側の端面１１０４ａは、光導波路のコア部の光軸に垂直に形成されているのに対し、図２（ｂ）に示した光伝送構造体１１２０の光導波路のコア部１１２４の端面１１２４ａは、図１に示したコア部１１０４の端面１１０４ａと比べて８°の傾斜を有する傾斜面となっている。

このように、光導波路の光配線と結合した側と反対側の端面が所定の角度の傾斜を有している場合には、光配線と光導波路とを介して光信号を伝送した際に、上記端面での光信号の反射を防止することができる。勿論、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体において、上記傾斜面の傾斜の角度は特に限定されるものではない。

なお、光伝送構造体１１２０の構造は、光路変換ミラー１１２４ａが形成されている以外は、図１に示した光伝送構造体１１００と同一である。また、図中、１１２３はコア、１１２５はクラッドである。また、（ｂ）に示した断面図は、第一群の本発明の第一の発明の実施形態を模式的に示したものであり、実施形態を理解しやすいように、図中のコア部の端面の傾斜の角度は、８°よりも大きく記載している。

図２（ｃ）に示すように、光伝送構造体１１３０では、光導波路のコア部１１３４の光配線１１３２に結合した側と反対側の端面にレンズ１１３４ａが形成されている。このように、レンズ１１３４ａが形成されている場合には、光配線１１３２と光導波路のコア部１１３４とを介して伝送されてきた光信号を出射する際に光が広がることがないため、レンズ１１３４ａが形成された端面に対向するように光学部品を配置した場合には、該光学部品との間で好適に光信号を伝送することができる。

なお、光伝送構造体１１３０の構造は、レンズ１１３４ａが形成されている以外は、図１に示した光伝送構造体１１００と同一である。また、図中、１１３３はコア、１１３５はクラッドである。

また、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体において、コア部の端面に

レンズが形成されている場合、該レンズの形状は特に限定されるものではない。

また、光伝送構造体において、光導波路のコア部の光配線に結合した側と反対側の端面の形状は、特にレンズとしての機能を持たず、わずかにカーブした曲面であってもよい。これは、後述するように、このような形状の端面を持つ光伝送構造体同士を物理的に接触させる際に利用することができる。

さらに、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体において、光導波路のコア部の形状は、光配線に結合した側の端部から、その反対側の端部に向かって除々に細くなるような形状であってもよいし、除々に太くなるような形状であってもよい。また、場合によっては、光配線に結合した側の端部からその反対側の端部に向かって除々に細くなった後、途中で一度太くなり、その後、再度細くなるような形状であってもよい。

すなわち、上記光導波路のコア部の形状は、その一端から他端に向かって、光軸に垂直な方向の断面の形状が同一である必要はない。

また、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体において、光導波路のコア部は、少なくとも一の屈曲部を有していてもよい。

図３は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面部である。

図３に示すように、光伝送構造体１１４０では、光導波路のコア部１１４４に屈曲部１１４４ａが形成されている。このように、屈曲部１１４４ａが形成されている場合には、コア部１１４４を介して光信号の伝送経路を所望の方向に変更することができる。なお、光伝送構造体１１４０の構造は、屈曲部１１４４ａが形成されている以外は、図１に示した光伝送構造体１１００と同一である。なお、図中、１１４３はコア、１１４５はクラッドである。

上記コア部に形成される屈曲部の数は、図３に示すように、１つに限定されるわけではなく、２つ以上であってもよい。

また、上記屈曲部の角度は、図３に示すような９０°に限定されるわけではなく、任意の角度であればよい。

また、図１～３に示した第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体においては、光導波路のコア部の光配線に結合した側と反対側の端面を介して出射、また

は、入射される光信号の方向は、一の方向であったが、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体において、上記端面を介して、出射または入射される光信号の方向は、二以上の異なる方向であってもよい。上記端面の形状をこのような形状とした場合には、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体は、例えば、光カップラ（光分岐結合器）として機能することができる。以下、その具体例について図面を参照しながら説明する。

図４（ａ）および（ｂ）は、それぞれ第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図４（ａ）に示すように、光伝送構造体１１５０においては、光導波路のコア部１１５４の光配線１１５２と結合した側と反対側の端面に光分岐結合用ミラー１１５４ａが形成されている。なお、光分岐結合用ミラー１１５４ａは、９０°の角度をなす２つの反射面から構成されている。そのため、光分岐結合用ミラー１１５４ａを介して、光信号を出射する場合には、該光信号が２つの反射面のそれぞれを介して異なる方向に出射されることとなる。

なお、光伝送構造体１１５０の構造は、光分岐結合用ミラー１１５４ａが形成されている以外は、図１に示した光伝送構造体１１００と同一である。また、図中、１１５３はコア、１１５５はクラッドである。

また、図４（ｂ）に示す光伝送構造体１１６０においても、（ａ）に示した光伝送構造体１１５０と同様、光導波路のコア部１１６４の光配線１１６２と結合した側と反対側の端面に光分岐結合用ミラー１１６４ａが形成されており、この光路変換ミラーにより、光導波路のコア部１１６４の光配線１１６２と結合した側と反対側の端面から出射する光信号を２つの光信号に分けることができる。

なお、（ｂ）に示す光伝送構造体１１６０は、（ａ）に示す光伝送構造体１１５０と比べて、光分岐結合用ミラーにおける各反射面の向きのみが異なる。すなわち、光伝送構造体１１５０では、光配線１１５２側に凹むように光分岐結合用ミラー１１５４ａが形成されているのに対し、光伝送構造体１１６０では、光配線１１６２と反対側に突出するように光分岐結合用ミラー１１６４ａが形成されている。なお、図中、１１６３はコア、１１６５はクラッドである。

図４（ａ）および（ｂ）に示したような光伝送構造体１１５０、１１６０は、

光カップラとして機能することができる。

図５（ａ）および（ｂ）は、それぞれ第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図５（ａ）に示すように、光伝送構造体１１７０においては、この光伝送構造体１１７０を構成する光導波路のコア部１１７４が、異なる位置に形成された２つの端面１１７４ａ、１１７４ｂを有している。また、端面１１７４ａは光路変換ミラーとなっている。

このような構成の光伝送構造体１１７０においては、光配線１１７２から光導波路のコア部１１７４に伝送されてきた光信号を、端面１１７４ａを介して伝送される光信号と、端面１１７４ｂを介して伝送される光信号とに分けることができ、また、端面１１７４ａと端面１１７４ｂとのそれぞれを介して別々に入射してきた光信号をともに光配線１１７２を介して伝送することができる。

なお、光伝送構造体１１７０の構成は、光導波路１１７４の構造が異なる以外は、図１に示した光伝送構造体１１００の構成と略同一である。また、図中、１１７３はコア、１１７５はクラッドある。

図５（ｂ）に示すように、光伝送構造体１１８０においては、この光伝送構造体１１８０を構成する光導波路のコア部１１８４が、その途中で分岐しており、異なる位置に形成された２つの端面１１８４ａ、１１８４ｂを有している。

このような構成の光伝送構造体１１８０においてもまた、光配線１１８２から光導波路のコア部１１８４に伝送されてきた光信号を、端面１１８４ａを介して伝送される光信号と、端面１１８４ｂを介して伝送される光信号とに分けることができ、また、端面１１８４ａと端面１１８４ｂとのそれぞれを介して別々に入射してきた光信号をともに光配線１１８２を介して伝送することができる。

なお、光伝送構造体１１８０の構成は、光導波路１１８４の構造が異なる以外は、図１に示した光伝送構造体１１００の構成と略同一である。また、図中、１１８３はコア、１１８５はクラッドである。

図５（ａ）および（ｂ）に示したような光伝送構造体１１７０、１１８０もまた、光カップラとして機能することができる。

また、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体は、以下に図面を参照しな

がら説明するような実施形態であってもよい。

図６は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図６に示すように、光伝送構造体１１９０においては、光配線１１９２を構成するクラッド１１９５の表面に粗化面１１９５ａが形成されている。このように粗化面１１９５ａが形成されている場合には、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体を接着剤等を介して他の光学部品、フェルール等に取り付けた際に、密着性が向上することとなるからである。

なお、光伝送構造体１１９０の構成は、粗化面１１９５ａが形成されている以外は、図１に示した光伝送構造体１１００の構成と略同一である。また、図中、１１９３はコアである。

また、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体において、粗化面の形成される部分は、クラッドの表面に限定されるわけではなく、光配線の表面であって、光導波路のコア部と結合した部分以外の部分であればよい。

上記光配線に粗化面を形成する方法としては特に限定されず、物理研磨や、化学研磨等を用いることができる。

上記物理研磨としては、紙やすりやラッピングペーパー等でこする方法等を用いることができる。

また、上記化学研磨としては、上記光配線を溶かすことができる溶液中に浸漬する方法等を用いることができる。具体的には、上記光配線が石英光ファイバである場合には、ＫＯＨ等の強アルカリ溶液や、ＨＦ等の強酸溶液等の石英ガラスからなるクラッドを溶解することができる溶液中に浸漬する方法等を用いることができる。

また、上記光伝送構造体においては、光配線の表面改質処理が施されていてもよい。表面改質処理が施されている場合もまた、粗化面が形成されている場合と同様、フェルール等の他の光部品との密着性が向上することとなる。

上記表面改質処理としては、プラズマ処理等が挙げられる。

また、図６に示した光伝送構造体１１９０における光導波路１１９４の形状は、図１に示した光伝送構造体１１００の光導波路１１０４の構造と同一であるが、

上述したような、光配線の表面であって、光導波路のコア部と結合した部分以外の部分に粗化面が形成されている形態の光伝送構造体において、光導波路の形状は、図２～５に示したような形状であってもよいし、その他の形状であってもよい。

図１～６に示した光伝送構造体は、光配線のコアと光導波路のコア部とが結合してなるものであったが、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体において、光配線のコアと光導波路のコア部とは、両者の間で光信号を伝送することができるように構成されていれば必ずしも直接結合している必要はない。従って、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体は、図７に示すような構造を有していてもよい。

図７は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図７に示す光伝送構造体１２００では、光配線１２０２の一の端面１２０２ａがミラーとしての役割を果たすことができる形状を有しており、そのため、光配線１２０２のコア１２０３と光導波路のコア部１２０４とは直接結合しておらず、クラッド１２０５を介して光信号の伝送を行うことができる構成となっている。また、光配線１２０２のクラッド１２０５の光導波路のコア部１２０４と結合した部分１２０５ａおよびその近傍は、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上である。

このような構成の光伝送構造体においては、光配線のコアと光導波路のコア部との間で光配線のクラッドを介して光信号を好適に伝送することができる。なお、このような形態の光伝送構造体において、光配線のクラッドは、光信号の透過性に優れる材質からなるものである。

また、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体において、光配線と結合した光導波路の長さ特に限定されず、図１～７に示した光導波路のように、必ずしもある程度の長さを必要とするものではない。

図６９は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図６９に示す光伝送構造体１４００では、光配線１４０２のコア１４０３の端

面１４０３ａに、レンズとして機能することができる半球状の光導波路１４０４が結合している。このように、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体では、光導波路として、レンズとして機能することができる光導波路が光配線に直接結合していてもよい。

なお、図６９中、１４０５はクラッドである。

また、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体では、光配線の光導波路のコア部と結合した部分は、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳＢ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが０．１μｍであり、この部分には、通常、凹凸が存在している。ここで、このような光配線を含んで構成される第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体においては、光配線のコアの端面の凹んだ部分にのみ光導波路が形成されていてもよい。

図１～７、図６９に示した光伝送構造体においては、該光伝送構造体を構成する光配線がコアとクラッドとからなるものであったが、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体を構成する光配線は、光導波路のコア部と結合した側の端部の外周に被覆層が形成されているものであってもよい。

以下、光配線の外周に被覆層が形成された光伝送構造体について、図面を参照しながら説明する。図８（ａ）、（ｂ）は、それぞれ第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図８（ａ）に示す光伝送構造体１２１０では、光配線１２１２のコア１２１３と光導波路のコア部１２１４とが直接結合しており、光配線１２１２の光導波路のコア部１２１４と結合した側の端部の外周には被覆層１２１７が形成されている。なお、光伝送構造体１２１０の構成は、被覆層１２１７が形成されている以外は、図１に示した光伝送構造体１１００の構成と略同一である。なお、図中、１２１５はクラッドである。

このような部分に被覆層が形成されているため、光伝送構造体１２１０は、より機械的強度に優れることとなる。以下、この理由について、図面を参照しながら簡単に説明しておく。

図１３は、従来の光伝送構造体の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。図１３に示す従来の光信号伝送用光路１３００においては、光配線の外周に被覆

層が形成されている場合であっても、光配線１３０２の光導波路のコア部１３０４と結合した部分の外周１３０５ａには、被覆層が形成されていない。従来、光配線のコアと光導波路のコア部とを結合する際には、上述したように光配線の端面には平坦化処理を施す必要があるとされている。このとき、研磨処理等の平坦化処理を行うには、予め、平坦化処理を施す光配線の端面の周囲の被覆層を剥離してコア１３０３やクラッド１３０５を露出させておく必要があった。

このように、光配線１３０２の光導波路のコア部１３０４と結合した部分の外周の被覆層が剥離された光伝送構造体は、外部から力が加わった際に、この被覆層が剥離された部分１３０５ａで折れたりし易く、図８に示した、光配線１２１２の光導波路のコア部１２１４と結合した側の端部の外周には被覆層１２１７が形成されている光伝送構造体１２１０に比べると、その機械的強度に劣るものである。

また、光配線の外周に被覆層が形成された光伝送構造体の実施形態は、図８（ｂ）に示す光伝送構造体１４１０のように、光配線１４１２の光導波路のコア部１４１４と結合する側の端面（コア１４１３の端面１４１３ａ、および、クラッド１４１５の端面１４１５a）が、被覆層１４１７の端面１４１７ａよりも内側に存在しており、被覆層が形成された光配線の端面が凹形状になっていてもよい。

このような形状の光伝送構造体１４１０では、コア部１４１４の光配線と結合した部分の近傍（図中、Ａと示す）もある程度保護することができるため、この場合も、機械的強度に優れることとなる。

図８（ｂ）に示した光伝送構造体の実施形態は、光配線の光導波路のコア部と結合する側の端面が、被覆層の端面よりも内側に存在している以外は、図８（ａ）に示した光伝送構造体の実施形態と同様である。

また、図８（ａ）および（ｂ）に示したような、光配線の光導波路のコア部と結合した側の端部の外周に被覆層が形成されている光伝送構造体では、該被覆層の端面（図８（ａ）中１２１７ａ、図８（ｂ）中１４１７ａと示す）は、平坦化処理が施されていてもよいが、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが０．１μｍ以上であることが望ましい。

また、光配線の外周に被覆層が形成された光伝送構造体の実施形態は、図８（

ａ）や、図８（ｂ）に示した実施形態に限定されるわけではなく、例えば、上記被覆層が透明（通信波長光に対して透明）である場合には、光導波路のコア部が結合する位置は、上記被覆層の表面であってもよい。この場合には、光配線の端面に所望の角度でミラーを形成しておくことにより、被覆層を介して光信号を伝送することができ、光伝送構造体として機能することができる。

図１～８に示した光伝送構造体においては、光導波路のコア部の周囲の空気がクラッド部としての役割を果たすこととなっているが、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体においては、光導波路のコア部の周囲に有機材料等からなるクラッド部が形成されていてもよい。上記光導波路がコア部と空気からなるクラッド部とで構成されている場合には、コア部自身は非常に不安定で、破損しやすく、取り扱いを極めて慎重に行わなければならないため、あまり実用的でない。

また、上記コア部の周囲に有機材料等からなるクラッド部が形成されている場合、該有機材料は完全に硬化した状態であってもよいし、半硬化状態や未硬化状態であってもよいが、完全に硬化した状態であることが望ましい。半硬化状態や未硬化状態の場合には、クラッド部が空気の場合と同様、コア部が不安定で、取り扱いを慎重に行わなけばならないからである。

これに対し、クラッド部が完全に硬化した有機材料からなる場合には、光導波路の機械的強度が向上することとなる。

また、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体において、光導波路の光配線と結合した側と反対側の端面には、上述したような各種端面処理が施されていてもよいが、他の光学部品が直接結合していてもよい。

以下、その具体例について、図面を参照しながら説明する。

図９（ａ）、（ｂ）は、それぞれ第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図９（ａ）に示すように、光伝送構造体１２２０においては、光導波路のコア部１２２４の光配線１２２２と結合した側と反対側の端部もまた、別の光配線１２３２と結合している。また、コア部１２２４の周囲には、固体化されたクラッド部１２２８が形成されている。

このような構成の光伝送構造体１２２０では、光配線１２２２と光配線１２３

２との間で光導波路を介して好適に光信号の伝送を行うことができる。

この光伝送構造体１２２０においても、光配線１２２２、１２３２の光導波路のコア部１２２４と結合する部分の少なくとも一方は、特に平坦化処理は施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上である。また、図中、１２２３、１２３３はコア、１２２５、１２３５はクラッドである。

図９（ｂ）に示すように、光伝送構造体１２４０においては、光導波路のコア部１２４４の光配線１２４２と結合した側と反対側の端部が光素子１２４９と結合している。また、コア部１２４４の周囲には、固体化されたクラッド部１２４８が形成されている。

このような構成の光伝送構造体１２４０では、光素子が受光素子である場合には、光配線および光導波路を介して伝送されてきた光信号をこの受光素子で受信することができ、また、光素子が発光素子である場合には、この発光素子から発信した光信号を光導波路および光配線を介して伝送することができる。なお、図中、１２４３はコア、１２４５はクラッドである。

また、光伝送構造体１２４０において、光配線１２４９の光導波路１２４４と接続する側の表面には、樹脂からなる表面保護層１２４９ａが形成されており、この表面保護層１２４９ａの光導波路と結合する部分には、特に平坦化処理は施されていない。なお、上記光素子の表面には、上記表面被覆層が形成されていなくてもよい。また、上記表面被覆層の材質は、上記コア部またはクラッド部の材質と同一であってもよい。

このように、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体において、光導波路の光配線と結合した側と反対側の端面に他の光学部品（光配線を含む）が結合している場合には、該光学部品の光導波路のコア部と結合する部分は、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが０．１μｍ以上であってもよく、この場合も、光素子と光導波路との間で好適に光信号を伝送することができる。

また、図９（ａ）、（ｂ）に示した光伝送構造体では、光導波路のコア部の光配線と結合した側と反対側の端部に光配線や光素子（受光素子や発光素子）が結

合しているが、この部分に結合することができるものは、光配線や光素子に限定されるわけではなく、その他の具体例としては、レンズ、プリズム、フィルタ、ミラー等の光部品等が挙げられる。

また、光導波路の光配線と結合した側の端面に形成されている光学部品が、レンズ、プリズム、フィルタ、ミラー等の光部品や光配線等である場合には、これらを介して上記光配線に結合した光導波路との間で光信号の伝送を行うことができるように、さらに別の光導波路が、光部品や光配線に結合していてもよい。

また、このように、その光導波路のコア部の光配線と結合した側と反対側の端部に上記光学部品（光配線や光素子、光部品等）が結合した光伝送構造体では、上記光学部品の上記コア部と結合する部分以外の部分に、粗化面が形成されていてもよい。

この部分を、接着剤等を介して他の光学部品に取り付けた際等に密着性が向上することとなるからである。

図１０は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の別の一実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図１０に示すように、光伝送構造体１２５０においては、コア部１２５４からなる光導波路の両端に光配線１２５２、１２６２が結合しており、この光配線１２５２、１２６２の光導波路のコア部１２５４と結合した側の端部のそれぞれの外周には被覆層１２５７、１２６７が形成されている。

このような構成の光伝送構造体１２５０は、被覆層１２５７、１２６７が形成されているため、上述した理由で、より機械的強度に優れることとなる。なお、図中１２５３、１２６３はコア、１２５５、１２６５はクラッドである。

以上、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の種々の実施形態について、図面を参照しながら説明したが、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体の実施形態は、これらに限定されるものではない。

なお、上記光伝送構造体を作製する方法については、後に詳述する。

また、ここまで、個々の光伝送構造体の実施形態について説明したが、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体は、複数組み合わせて用いることもできる。以下、その具体的な実施態様について図面を参照しながら説明する。

図１１は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体同士の間で光信号を伝送する場合の実施態様を模式的に示す部分断面図である。

図１１に示す実施態様では、２つの光伝送構造体１２７０、１２８０が両者の間で光信号の伝送を行うことができるように、すなわち、それぞれの光伝送構造体の光導波路の光配線と結合した側と反対側の端部が対向するように配置されている。

なお、光伝送構造体１２７０、１２８０の構造は、光導波路のコア部１２７４、１２８４の周囲に固体化されたクラッド部１２７８、１２８８が形成されており、さらに、光導波路のコア部１２７４、１２８４の光配線１２７２、１２８２に結合した側と反対側の端面にレンズ１２７９、１２８９が形成されている以外は、図２（ｃ）に示した光伝送構造体と同様である。なお、図中、１２７３、１２８３はコア、１２７５、１２８５はクラッドである。

このような実施態様では、光伝送構造体同士の間で好適に光信号の伝送を行うことができる。

また、コア部の端面の形状が、レンズとしての機能を特に持たず、わずかにカーブした曲面であっても、図１１に示した実施形態のように、光伝送構造体の光導波路の光配線と結合した側と反対側の端部が対向するように光伝送構造体同士を配置する。さらに、これらの光伝送構造体を互いに押し付ける事により、その隙間での光屈折率の異なる空気の介在を最小にし、光伝送構造体の接触部分で効率よく接触することができ、光伝送構造体同士の間で好適に光信号の伝送を行うことができる。

なお、２つの光伝送構造体の間で光信号の伝送を行うことができるように、両者を配置する場合、光伝送構造体の他方の光伝送構造体と対向する端面は、図１１に示したようにレンズが形成されている必要があるわけではなく、任意の形状を有していればよい。

図１２は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体を配列させて使用する場合の実施態様を模式的に示す部分断面図である。

図１２に示す実施態様では、４つの光伝送構造体１２９０ａ～１２９０ｄが等間隔に配列されており、それぞれの光伝送構造体における光導波路の光配線と結

合した側と反対側の端部には、レンズ１２９９ａ～１２９９ｄが形成されている。

また、それぞれの光伝送構造体の隣合う光伝送構造体との間隙には、樹脂層１２９６ａ～１２９６ｃが形成され、この樹脂層１２９６ａ～１２９６ｃにより、隣合う光伝送構造体同士が固定されている。なお、樹脂層１２９６ａ～１２９６ｃの材質は、コア部１２９４、または、クラッド部１２９８の材質と同一であってもよいし、異なっていてもよい。また、 層１２９６ａ～１２９６ｃは特に樹脂にも限定されず、単に空気であっても良いし、ガラスのような無機物質であってもよい。

このような実施態様で用いることにより、一度に多数の経路で光信号を伝送することが可能なアレイ状光伝送構造体として機能することできる。

なお、光伝送構造体１２９０ａ～１２９０ｄのそれぞれの構造は、図１１に示した光伝送構造体１２７０と同一である。また、図中、１２９３はコア、１２９５はクラッドである。

また、図１２に示した実施形態では、光配線の光導波路と結合する部分は光伝送構造体１２９０ａ～１２９０ｄのすべてで揃っているが、この部分は、光伝送構造体それぞれにおいて必ずしも揃っている必要はない。

図７０は、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体を配列させて使用する場合の別の実施形態を模式的に示す部分断面図である。

図７０に示す実施形態では、図１２に示す実施形態と同様、４つの光伝送構造体１４１０ａ～１４１０ｄが等間隔に配列されており、それぞれの光伝送構造体における光導波路の光配線と結合した側と反対側の端部には、レンズ１４１９ａ～１４１９ｄが形成されている。

また、図７０に示す実施形態においては、コア１４１３およびクラッド１４１５からなる光配線と、コア部１４１４およびクラッド部１４１８からなる光導波路の界面の位置は不揃いである。また、光配線の光導波路と結合した側の端面の形状も、光伝送構造体１４１０ａ～１４１０ｄのそれぞれにおいて、同一ではない。

また、図７０に示す実施形態では、それぞれの光伝送構造体の隣合う光伝送構造体との間隙は、樹脂層１４１６と空気層とから構成されている。具体的には、

それぞれの光導波路の隣合う光導波路との間隙、および、それぞれの光配線における光導波路と結合した側の端部近傍付近の隣合う光配線との間隙とが空気層で構成され、一方、上記端部近傍付近以外の隣合う光配線同士の間隙が樹脂層で構成されている。なお、この樹脂層により、隣合う光配線同士が固定されている。

なお、図７０に示した実施形態の具体例としては、ニッパやはさみ等で切断され、切断された端部近傍の被覆層が除去されたファイバリボン（テープファイバ）のそれぞれのファイバに、光導波路が結合したもの等が挙げられる。

また、図１２、７０に示した実施形態では、光導波路の長さや、光導波路の端面の形状等はすべての光導波路で同一であったが、第一の本発明の第一の発明の光伝送構造体を配列させて使用する実施形態では、それぞれの光導波路の長さや、光導波路の端面の形状等は、光導波路ごとに異なっていてもよい。

また、図１２、７０に示した実施形態では、それぞれの光配線が等間隔で配列されているが、光伝送構造体を配列させて使用する実施形態では、必ずしも光配線は、等間隔で配列されていなくてよい。

また、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体を複数用いたアレイ状光伝送構造体では、必ずしも、隣合う光伝送構造体同士が樹脂層で固定されている必要はなく、複数の光伝送構造体のそれぞれが、複数のＶ溝が形成された基板に固定され、この状態でアレイ状光伝送構造体と機能するものであってもよい。

また、図１２、７０に示したアレイ状光伝送構造体において、光導波路の光配線と接合した側と反対側の端面にはレンズが形成されているが、アレイ状光伝送構造体において、上記端面はレンズ以外の形状に端面処理が施されていてもよく、また、該端面に光学部品等が結合していてもよい。

次に、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法について説明する。

第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法は、感光性組成物中に光配線の一部を浸漬し、上記光配線を介して上記感光性組成物中に光を照射することにより、上記感光性組成物中の光の経路に応じたコア部を形成する光導波路の形成方法であって、

上記光配線の上記コア部と結合する部分は、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上であ

ることを特徴とする。

第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、感光性組成物に光を照射する光配線の上記コア部と結合する部分が、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上であっても、光配線との接続性に優れるコア部を形成することができる。

従って、上記光配線の上記コア部と結合する部分は、高精度な端面処理を施さなくても、通常、電気配線等の切断に用いられる切断用冶具を用いて切断したり、特に切断用冶具を用いることなく、他の任意の切断方法（例えば、手で折る）を用いて切断したりするのみで形成することができ、第一群の本発明の第二の発明の形成方法では、光導波路の形成工程を簡略化することができる。また、形成工程を簡略化することができるため、経済的にも有利である。

既に第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体について説明する際に述べたように、光配線の端面の面粗度Ｒａを０．１μｍ未満にする場合には、煩雑な研磨処理が必要であり、また、ファイバクリーバを用いて、光ファイバを切断する場合には、光ファイバの端面の面粗度Ｒａは、０．１μｍ未満になるものの、ファイバクリーバを用いた切断作業を経ることは歩留まりの低下に繋がり、また、作業自体にある程度の熟練を要していた。

これに対し、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法は、上述したように、煩雑な研磨処理が不要で、工程の簡略化を図ることができる。また、経済的にも有利である。

このような第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法を用いることにより、光配線と光導波路とが結合してなる第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体を好適に製造することができる。

なお、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法において、使用する感光性組成物としては、感光すると硬化するもの、すなわち、光硬化性樹脂を含むものが望ましい。光を照射することにより硬化し、形成されたコア部が周囲と混じり合うことなく、そのまま安定に存在することとなるからである。

以下では、感光性組成物とは、特に断わりのない限り、光硬化性樹脂を含むものを指すこととする。

以下、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法について、図面を参照しながら説明する。

なお、第一群の本発明の第二の発明の形成方法を説明するための図面では、光配線のコア部と結合する部分を平坦に描画しているが、図面は形成方法を模試的に示したものであり、実際には、上述したように、光配線のコア部と結合する部分は、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上である。

図１４（ａ）～（ｄ）は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の一例を説明するための模式図である。

第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、まず、感光性組成物中に光配線の一端を浸漬し、その後、この光配線を介して、上記感光性組成物に光を照射することにより光の経路に応じたコア部を形成し光導波路とする。

上記光配線としては、第一の発明の光伝送構造体を構成する光配線と同様のもの等が挙げられる。

具体的には、まず、感光性組成物１００１を光配線１００２のコア部と結合する部分を包み込むように塗り付けたり（図１４（ａ）参照）、感光性組成物を容器に入れ、ここに、光配線の一端を浸漬したりする。

上記感光性組成物について、その硬化前後の光屈折率は特に限定されるものではないが、その硬化後の光屈折率（コア部の光屈折率）は、その下限が、光配線のコア部と結合する部分の光屈折率の９０％であることが望ましく、その上限が、光配線のコア部と接合する部分の光屈折率の１１０％であることが望ましい。

このような範囲の光屈折率を有するコア部を形成することができる感光性組成物を用いることにより、光配線の上記コア部と結合する部分が上記範囲の面粗度を有していても、該光配線との接続性に優れたコア部を形成することができる。

また、上記コア部の光屈折率の下限は、上記光配線の上記コア部と結合する部分の光屈折率の９５％であることがより望ましく、９８％であることがさらに望ましい。一方、上記コア部の光屈折率の上限は、上記光配線の上記コア部と結合する部分の光屈折率の１０５％であることがより望ましく、１０２％であることがさらに望ましい。

このような範囲の光屈折率を有するコア部を形成することが望ましい理由は、第一群の本発明の第二の形成方法を用いて光配線に接続した光導波路を形成した場合に、光配線と光導波路とが接続された光伝送構造体が、光信号の伝送性に優れたものとなるからである。

なお、上記範囲のそれぞれの光屈折率を有するコア部（光導波路）を形成した場合の具体的な反射減衰量は、既に、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体について説明する際に述べたとおりである。

上記光配線のコアの光屈折率は、その材料により異なるが、純粋石英ガラスの光屈折率は、n_Dが約１．４６であるので、純粋石英ガラスを光配線に用いた場合、感光性組成物の硬化後の光屈折率は、n_Dが約１．３１～約１．６１の範囲内であることが望ましい。なお、上記光屈折率n_Dは、Ｎａの輝線５８９ｎｍの光を通過させたときの光屈折率を意味する。

また、光配線や光導波路に用いる樹脂等の光屈折率は、その波長に依存して変化するが、その比（光導波路のコア部の光屈折率／光配線のコアの光屈折率）は、紫外線領域～近赤外線領域において殆ど変わらない。

また、第一群の本発明の第二の発明の形成方法においては、上記感光性組成を感光させて形成したコア部が上記範囲の光屈折率を有するとともに、感光前のコア部の光屈折率、すなわち、上記感光性組成物自体の光屈折率が、下記の範囲内にあることが望ましい。

すなわち、上記感光性組成物自体の光屈折率の下限は、上記光配線の上記光導波路のコア部と結合する部分の光屈折率の９０％であることが望ましく、９５％であることがより望ましく、９８％であることがさらに望ましい。一方、上記光屈折率の上限は、上記光配線のコア部と結合する部分の光屈折率の１１０％であることが望ましく、１０５％であることがより望ましく、１０２％であることがさらに望ましい。

感光前の光屈折率が上記範囲にある場合には、光配線を介して感光性組成物に光を照射した際に、この光は、所望の方向に確実に照射されることとなり、上記光配線と上記感光性組成物との界面で散乱することがほとんどないからである。

このように、感光前後のコア部が上記範囲の光屈折率を有することにより、高精度な端面処理を施していない光配線と、より高い信頼性で接続された光導波路を形成することができる。

また、第一群の本発明の第二の発明の形成方法において、上記コア部が上記範囲の光屈折率を有することが望ましい理由としては、以下の理由も挙げられる。

以下、その理由について、図面を参照しながら簡単に説明する。

図７１は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法において、光配線を介して照射する照射光の光路を説明するための説明図である。

一般に、光ファイバ等の光配線の端面に、特に平坦化処理を施さなかった場合、その端面の中心線（図７１中、③と示す）が光軸に垂直であるとは考えにくい。

通常、光配線の端面の中心線と光軸とのなす角θ（図７１参照）は、少なくとも９０度以外の角度となるものと考えられ、また、その角度が任意な値をとることは避けられない。この場合、光配線のコアと光導波路のコア部とに光屈折率差が存在すると、第一群の本発明の第二の発明の形成方法において、感光性組成物に光を照射したときに、照射光の光路が任意の方向に折れ曲がってしまう。その結果、光導波路のコア部はその光路に応じて任意の角度に折れ曲がって形成されてしまう。

一般的にスネルの法則に近似的に考えると、図７１において、θ＜９０度で、かつ、光配線のコアの光屈折率＞光導波路のコア部の光屈折率のとき、照射光の光路は図中①の方向に折れ曲がることとなる。一方、θ＜９０度で、かつ、光配線のコアの光屈折率＜光導波路のコア部の光屈折率のとき、光導波路は図中②の方向に折れ曲がることとなる。なお、図中、④は中心線の法線を示す。

以上のように折れ曲がり角度がばらつくと、 第一群の本発明の第二の発明の形成方法は、どの光屈折率に対しても用いることができるものの、結果的に形成した光導波路のコア部がある所定の任意の方向に形成されることとなり、最終的な光導波路部品の特性値がばらつくこととなる。

というのも、上述したように、折れ曲がり角度は、特に平坦化処理を施してい

ない光配線においては、任意な値を取る中心線と光軸とのなす角θに対して、さまざまな値を取り得るため、具体的な折れ曲がり角度について一概に規定することができないからである。

この欠点は、特に平坦化処理も施していない光配線の端面の中心線を、簡単な研磨により、光軸とのなす角が９０度となるようにすることによって改善することもできる。なお、ここでいう簡単な研磨とは、その端面のＲａが、０．１μｍ以上であるような研磨でよい。従来からの微細砥粒用いた研磨に比べて大幅にその研磨工程を簡略化できるからである。

また、上述した欠点を解消する他の方法として、特に平坦化処理も施していない光配線をそのまま使用し、光配線のコアと光導波路のコア部との光屈折率の差を小さくする方法も用いることができる。従って、この理由からも光屈折率の範囲は上述の範囲にあることが望ましい。

具体的には、ここで仮に、θ＝４５度であると仮定し、光配線のコアの光屈折率＝１．４８としたときの可能な折れ曲がり角度について述べると、光導波路のコア部の光屈折率が、光配線のコアの光屈折率の９０～１１０％の場合、コア部の形成方向は、光配線の光軸に対して６．８～－５．０度の間で任意に折れ曲がる。また、上述した光導波路のコア部の光屈折率の範囲が９５～１０５％のときには、コア部の形成方向は光配線の光軸に対して３．１～－２．７度の間で任意に折れ曲がり、さらに、上述した光導波路のコア部の光屈折率の範囲が９８～１０２％のときには、コア部の形成方向は光配線の光軸に対して１．２～－１.１度の間で任意に折れ曲がることとなる。なお、ここでは図中の①の方向に折れ曲がる場合の折れ曲がり角度を正の値としている。

このように、光配線のコアと光導波路のコア部との光屈折率の差が小さいほど、折れ曲がり角は小さくなり、 最終的な光導波路部品の特性値のばらつきが小さくなる。

上記感光性組成物としては、硬化後に、光導波路としての基本的な特性、すなわち、所望の波長帯域の光に対して透過性を有するとともに、上記範囲の光屈折率を有するものであれば特に限定されず、具体的には、ＰＭＭＡ（ポリメチルメタクリレート）、重水素化ＰＭＭＡ、重水素フッ素化ＰＭＭＡ、フッ素化ＰＭＭ

A等のアクリル樹脂に、必要に応じて、単量体や光重合開始剤、増感剤等の各種添加剤、溶剤等を含むものが挙げられる。

また、上記感光性組成物としては、エポキシ樹脂、フッ素化エポキシ樹脂、ポリオレフィン系樹脂、重水素化シリコーン樹脂等のシリコーン樹脂、ベンゾシクロブテン等に感光性を付与したものを樹脂成分として含み、さらに、必要に応じて、単量体や光重合開始剤、増感剤等の各種添加剤、溶剤等を含むものも挙げられる。

なお、上記樹脂成分に感光性を付与する方法としては、その末端や側鎖にアリル基やアクリロイル基を付与する方法等が挙げられる。

また、アリル基やアクリロイル基を分子の末端または側鎖にもつポリエン化合物と、ポリチオール化合物と、光重合開始剤と、必要に応じて、各種添加剤や溶剤等とを含むものも感光性組成物として用いることができる。

なお、本明細書において、有機組成物からなる感光性組成物には、上述したような光の照射により化学反応を起こす高分子のみならず、光の照射により光重合反応が進行する単量体、例えば、（メタ）アクリル酸メチル等も含むものとし、さらには、２種類以上の樹脂成分および／または単量体が、光の照射により化学反応を起し、樹脂複合体を形成するものも含むものとする。

また、第一群の本発明の第二の発明の形成方法で用いる感光性組成物は、光を照射することにより硬化反応が進行するものであればよく、例えば、エポキシ樹脂と、芳香族ジアゾニウム塩、芳香族ヨードニウム塩等の光を照射することによりルイス酸を発生する光開始剤と含むものであってよい。また、ベンゾインアルキルエーテル、アセトフェノン誘導体類、ベンゾフェノンやその誘導体等の光を照射することによりラジカルを生成する光開始剤と、ラジカル重合機構により重合が進行する樹脂成分とを含むものや、塩素化アセトフェノンやその誘導体等の光を照射することにより強酸が遊離する光開始剤と、酸により重合が進行する樹脂成分とを含むものであってもよい。

従って、本明細書においては、樹脂成分が感光性の官能基を有さないものであっても、光を照射することにより硬化反応が進行するものは、感光性組成物ということとする。

また、上記光導波路の形成方法で用いる感光性組成物としては、２種以上の感光性組成物が混合されたものであってもよい。

上記感光性組成物中には、さらに、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。

このような粒子を含む感光性組成物を用いて光導波路を形成することにより、光配線と光導波路との間で熱膨張係数の整合をはかることができる。

上記樹脂粒子としては、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との樹脂複合体、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体等からなるものが挙げられる。

具体的には、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂等の熱硬化性樹脂；これらの熱硬化性樹脂の熱硬化基（例えば、エポキシ樹脂におけるエポキシ基）にメタクリル酸やアクリル酸等を反応させ、アクリル基を付与した樹脂；フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルフォン（ＰＥＳ）、ポリスルフォン（ＰＳＦ）、ポリフェニレンスルホン（ＰＰＳ）、ポリフェニレンサルファイド（ＰＰＥＳ）、ポリフェニルエーテル（ＰＰＥ）、ポリエーテルイミド（ＰＩ）等の熱可塑性樹脂；アクリル樹脂等の感光性樹脂等からなるものが挙げられる。

また、上記熱硬化性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体や、上記アクリル基を付与した樹脂や上記感光性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体からなるものを用いることもできる。

また、上記樹脂粒子としては、ゴムからなる樹脂粒子を用いることもできる。

また、上記無機粒子としては、アルミナ、水酸化アルミニウム等のアルミニウム化合物、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等のカルシウム化合物、炭酸カリウム等のカリウム化合物、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム等のマグネシウム化合物、シリカ、ゼオライト等のケイ素化合物等からなるものが挙げられる。

また、上記無機粒子として、リンやリン化合物からなるものを用いることもできる。

上記金属粒子としては、金、銀、銅、パラジウム、ニッケル、白金、鉄、亜鉛、

鉛、アルミニウム、マグネシウム、カルシウム等からなるものが挙げられる。

これらの樹脂粒子、無機粒子および金属粒子は、単独で用いても良いし、２種以上併用してもよい。

また、上記粒子の形状は特に限定されず、球状、楕円球状、破砕状、多面体状等が挙げられる。これらのなかでは、球状、または、楕円球状が望ましい。球状や楕円球状の粒子には角がないため、光導波路にクラック等が発生しにくいからである。

また、上記粒子の粒径は、通信波長より短いことが望ましい。粒径が通信波長より長いと光信号の伝送を阻害することがあるからである。

なお、本明細書において、粒子の粒径とは、粒子の一番長い部分の長さをいう。

上記感光性組成物に粒子が含まれる場合、その配合量の下限は、硬化後の配合量で１０重量%であることが望ましく、２０重量%であることがより望ましい。一方、上記配合量の上限は、硬化後の配合量で８０重量%であることが望ましく、７０重量%であることがより望ましい。粒子の配合量が１０重量%未満であると、粒子を配合させる効果があまり得られないことがあり、一方、粒子の配合量が８０重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

また、上記感光性組成物は、上述したように、光を照射することにより硬化し、特定の範囲の光屈折率を有するコア部となる。

従って、第一群の本発明の第二の発明の形成方法では、コア部が上記範囲の光屈折率となる感光性組成物を選択して使用すればよいが、上記範囲外の光屈折率となる感光性組成物であっても、その光屈折率を調整することにより使用することができる。また、ここで、感光性組成物の光屈折率を調整する場合、硬化前後のコア部の光屈折率が上記範囲になるように調整することが望ましい。

一般に、高分子の光屈折率は、分子屈折と分子容との比が大きければ大きくなるため、分子屈折および／または分子容を調整することにより、高分子の光屈折率を調整することができる。

具体的には、分子屈折（高分子の折り返し単位を構成する個々の基の原子屈折の総和）を調整する場合には、例えば、塩素、イオウ等の分極率の大きな基を導入すると原子屈折が上がるため、分子屈折を大きくすることができる。

また、二重結合基や芳香族環基を導入し、分子の対称性を下げた場合にも分極率が大きくなり、原子屈折が上がるため、分子屈折を大きくすることができる。

また、密度を調整する場合には、架橋点間分子量を小さくすることにより密度を大きくすることができる。

また、フッ素は分極率に比してその体積が大きいため、フッ素を含む基を導入することによっても密度を大きくすることができる。

また、第一群の本発明の第二の発明で使用する光配線１００２の一端のコアの端面１００３ａは、特に研磨処理等の平坦化処理が施されてなくてもよく、この場合、端面のＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａは特に限定されない。しかしながら、端面に何の平坦化処理も施さずに、端面の面粗度Ｒａが０．１μｍ未満となることは考えにくいので、通常、その端面の面粗度Ｒａは、少なくとも０．１μｍ以上であると考えられる。

また、ファイバアレイ等を製造する際には、切断処理等が必要になることから、第一群の本発明の第二の発明においても、場合によっては、簡単な研磨処理等の平坦化処理を施してよいが、その場合にも、光配線の端面の面粗度Ｒａが０．１μｍ未満となるように、精密な研磨処理を施す必要はない。なお、ファイバカッタ等を用いた切断処理も、一種の端面の平坦化処理であるため、第一群の本発明の第二の発明では、上記切断処理も平坦化処理に含めるものとする。

第一群の本発明の第二の発明において、光配線の端面に上記平坦化処理を施した場合、少なくとも光配線の端面の面粗度Ｒａが０．１μｍ以上となるように研磨処理を施せばよい。また、研磨処理後の光配線の端面の面粗度Ｒａは、１μｍ以上であってもかまわない。より簡単に低コストで研磨処理を行うことができるからである。このような面粗度を有する部分は、そのほぼ延長上に形成するコア部との接続性にも優れる。

第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、上述したように、光導波路のコア部と結合する部分は平坦化処理が施されていないか、または、少なくともＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上であり、この部分を感光性組成物に浸漬した後、光配線１００２を介して光を照射する（図１４（ｂ）参照）

このように光配線１００２を介して光を照射することにより、感光性組成物１００１が、光の経路に応じて、光配線側から硬化しはじめ、光配線１００２と結合した光導波路のコア部１００４が形成されることとなる（図１４（ｃ）、（ｄ）参照）。

また、このような光導波路の形成方法においては、光配線１００２を介して光を照射する際に、予め、感光性組成物１００１中の光路上にあて板を配置しておくことにより、光配線と結合する側と反対側の端面のより平滑な光導波路を形成することができる。

このように、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、照射した光の経路に応じて、光導波路側から除々にコア部が形成されていくこととなる。

従って、第一群の本発明の第二の発明の形成方法で用いる感光性組成物は、硬化後に、その光屈折率が硬化前よりも高くなるものであることが望ましい。硬化後に光屈折率が高くなることにより、光配線を介して照射した光が形成されたコア部に閉じ込められつつ、該コア部の先端から集中的に照射されることとなり、光の経路に応じた光導波路をより確実に形成することができるからである。

また、第一群の本発明の第二の発明の形成方法において、感光性組成物を硬化させる際に照射する光としては特に限定されず、感光性組成物の組成を考慮して適宜選択すればよく、波長２００～５００ｎｍの紫外線を含む光等を用いることができる。

また、このような波長の光を照射する光源としては、高圧水銀ランプ等を用いることができる。また、メタルハライドランプやキセノンランプ、レーザ等も使用することができる。

また、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法において、上記光配線を介して光を照射する際には、通常、上記光配線の感光性組成物に浸漬した側と反対側の端部から光を導入することとなるが、場合によっては、上記光配線の側面から光を導入してもよい。光配線の形状等によっては、光配線の側面から光を導入したほうが、効率よく光を導入することができる場合があるからである。なお、光配線の側面から光を導入する具体的な方法としては、第二の本発明の光導波路の形成方法で用いる方法と同様の方法等を用いることができる。

このような工程を経ることにより、光配線と結合した光導波路のコア部を形成することができる。

また、図１４（ａ）～（ｄ）示した光導波路の形成方法を用いた場合には、図１に示した形態の光伝送構造体を製造することができるが、第一群の本発明の第二の発明の形成方法では、反射板やあて板等を用いることにより、図２～８に示したような形状の光伝送構造体を形成することができる。

以下、その具体例について、図面を参照しながら説明する。

図１５～図１９は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の工程の一部を説明するための模式図である。

図２（ａ）に示したような光配線と結合した側と反対側の端面に光路変換ミラーを有する光導波路を形成する場合には、図１５に示すように、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法において、光配線１０３２を介して感光性組成物１０３１中に光を照射する際に、照射した光の光路上にあて板１０３６を配置しておくことにより、光配線と結合した側と反対側の端面１０３４ａの形状をあて板１０３６に沿った形状とすることができ、その結果、該端面を光路変換ミラーとすることができる。

図１５に示す光導波路の形成方法においては、あて板の光が照射される面の光配線の端面に対する傾きが４５°となるようにあて板を配置することにより、９０°光路変換ミラーを形成しているが、上記あて板の光が照射される面の光配線の端面に対する傾きは４５°に限定されるわけではなく、任意の傾きであればよい。具体的には、上記あて板の光が照射される面の光配線の端面に対する傾きを８°とすることにより、図２（ｂ）に示した光伝送構造体のように、光導波路の光配線と結合した側と反対側の端面を反射防止処理面とすることができる。

また、球面を有するあて板を照射光の光路上に配置した場合には、図２（ｃ）に示した光伝送構造体のように、光導波路の光配線と結合した側と反対側の端面にレンズを形成することができる。

また、あて板として、光の照射される面の傾き０°のあて板（光の照射される面が光配線の端面と平行のあて板）用いてもよい。図１に示した形状の光伝送構造体において、光導波路のコア部の光配線と結合する側と反対側の端面がより平

滑になるからである。

なお、第一群の本発明の第二の発明において、「あて板の光が照射される面の光配線の端面に対する傾き」とは、光配線の端面が光配線の出射端（または入射端）の光軸に垂直な面であると仮定した場合に、該端面とあて板とのなす角をいう。

上記あて板としては、照射光をほぼ完全に透過および／または吸収するもの等を用いることができる。上記あて板の材質は、光配線を介して照射する光の波長や上記感光性組成物の光屈折率等を考慮して適宜選択すればよい。

また、図３に示したような光導波路のコア部に屈曲部が形成された光伝送構造体を製造する場合には、図１６に示すように、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法において、光配線１０４２を介して感光性組成物１０４１中に光を照射する際に、照射する光の光路上にミラー１０４６を配置しておくことにより、照射光の光路が屈曲するため、屈曲部１０４４ａを有する光導波路のコア部１０４４を形成することができる。

なお、図１６に示す形成方法では、形成する屈曲部の角度が９０°になるようにミラーを配置している。その形成する屈曲部の角度は、９０°に限定されるものではなく、ミラーは、所望の角度の屈曲部を形成することができるように配置すればよい。

また、第一群の本発明の第二の発明の形成方法で形成する屈曲部の数は、１つに限定されるわけではなく、２つ以上であってもよい。従って、第一群の本発明の第二の発明の形成方法では、形成する屈曲部の数に応じて、照射光の光路上にミラーを配置すればよい。

上記ミラーの材質（反射面の材質）としては、光配線を介して照射する光に対して高い反射率を有するものであれば特に限定されず、照射光の波長等を考慮して適宜選択すればよい。具体例としては、アルミニウム、シリコン等が挙げられる。

また、上記ミラーの反射面は、所定の角度に光路を変換するためにある程度の平坦化処理が施されている必要はあるが、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが０．１μｍ以上であってもよい。

また、図４（ａ）に示したような光配線と結合した側と反対側の端面に光分岐結合用ミラーを有する光導波路を形成する場合には、図１７に示すように、光配線１０５２を介して感光性組成物１０５１中に光を照射する際に、照射する光の光路上に９０°の角をなす２面を有するあて板１０５６を配置しておくことにより、形成するコア部１０５４の光配線と結合した側と反対側の端面の形状をあて板１０５６に沿った形状とすることができ、その結果、該端面を反射面１０５４ａ、１０５４ｂを有する光分岐結合用ミラーとすることができる。

なお、光分岐結合用ミラーを有する光導波路を形成する場合のあて板の形状としては、図１７に示した形状に限定されるわけではなく、形成する光分岐結合用ミラーの形状に合わせて適宜選択すればよい。

また、図５（ａ）に示したような光配線と結合した側と反対側が、異なる位置に形成された複数の端面を有する光導波路を形成する場合には、図１８（ａ）に示すように、光配線１０６２を介して感光性組成物１０６１中に光を照射する際に、照射する光の光路上の一部にのみあて板１０６６を配置する。

このように、あて板１０６６を光路上の一部に配置することにより、形成するコア部１０６４の一部にあて板１０６６に沿った形状の光路変換ミラー１０６４ａを形成することができる。なお、このような方法で用いるあて板の形状は特に限定されるものではなく、図１８（ａ）に示したようにその厚さが厚いものであってもよいし、厚さが薄いものであってもよい。

さらに、図５（ｂ）に示したような光導波路を形成する場合には、図１８（ｂ）に示すように、光配線１０７２を介して感光性組成物１０７１中に光を照射する際に、照射する光路上の一部にのみミラー１０７６を配置する。このような位置にミラーを配置することにより、照射する光の一部が、このミラー１０７６で反射するため、図５（ｂ）に示したようなコア部１０７４を形成することができる。

また、図７に示したような光配線との間で光信号を伝送することができるように構成されており、光配線のコア部と直接結合しない光導波路を形成する場合には、図１９（ａ）に示すように、感光性組成物１０８１に浸漬する光配線１０８２の端部に、予め、ミラー１０８６を取り付けます。このようにミラーを取り付

けた状態で、光配線１０８２を介して光を照射することにより、図７に示したような、光配線との間で光信号の伝送を行うことができ、かつ、光配線１０８２のクラッド１０８５に結合したコア部１０８４を形成することができる。

また、光配線の端部にミラー１０８６を取り付けた場合、光配線のミラーを取り付ける側の端面は、平坦化処理が施されていないか、または、上述した範囲の面粗度を有しているため、ミラーと密着するような形状にはなく、通常、図１９（ｂ）に示すように、光配線の端面とミラーとの間には隙間（図中、A_1、A_2と示す）が存在していることもある。

この場合、第一群の本発明の第二の発明の形成方法では、このような状態にある光配線を感光性組成物に浸漬し、該光配線を介して光を照射した際に、光配線の端面とミラー１０８６との間隙にも、光導波路のコア部１０８４と同様の材質からなる樹脂層１０８７ａ、１０８７ｂ（光導波路のコア部として機能する）が形成されることとなる。その結果、形成した光導波路は、光配線との間で好適に光信号の伝送を行うことができることとなる。

なお、図１９（ｂ）は、図１９（ａ）の部分拡大図であり、感光性組成物については、その記載を省略している。

また、図１６、図１８（ｂ）、図１９を参照しながら説明したような、第一群の本発明の第二の発明の形成方法においては、光導波路を形成する際に使用したミラーを、形成後にそのまま光導波路に取り付けた状態にしておいてもよい。さらに、光導波路の形成後には、該ミラーを取り外してミラーに接していた部分を空気等にさらしてもよい。上記光導波路と空気とでは、光屈折率が大幅に異なるため、空気自体がミラーとして機能するからである。また、ミラーを取り除いた後、通信波長に対してより反射光率の優れる別の金属膜、多層膜などをスパッタ、蒸着等の方法で取り付けてもよい。

なお、上述したようにミラーを取り外す場合には、形成時に用いるミラーの反射面（例えば、コーティング層）は平坦であることが望ましく、一方、ミラーを取り外すことがない場合には、ミラーの反射面には特に平坦化処理が施されていなくてもよい。

第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、上述したような方法

を用いることにより、光の経路に応じて硬化したコア部と、未硬化のクラッド部とからなる光導波路を形成することができる。

しかしながら、未硬化のクラッド部は、通常液体であり、この状態では、コア部が流動しやすく、光導波路として非常に不安定である。

従って、上記コア部を形成した後、上記未硬化のクラッド部に硬化処理を施すことにより、固体のクラッド部を形成することが望ましい。そこで、上記コア部を形成した後、未硬化のクラッド部に光を照射することにより、系全体を固体化することが可能である。しかしながら、上記感光性組成物として1種類の感光性組成物のみを含むものを使用する場合には、クラッド部の硬化により、コア部とクラッド部とがほぼ同一の光屈折率を有することとなり、コア部に光を閉じ込めることができなくなるため、光導波路として機能しなくなってしまう。

そのため、以下のような方法を用いて固体化したクラッド部を形成することにより、系全体が固体化した安定な光導波路とすることが望ましい。

すなわち、上記コア部を形成した後、その周囲の未硬化の感光性組成物を除去し、続いて、上記コア部を別の樹脂や樹脂組成物に浸漬した後、硬化処理を施すことによりクラッド部を形成する方法を用いることができる。しかしながら、上述したように、コア部のみが硬化した状態では、該コア部は非常に不安定なことがあり、この状態で未硬化の感光性組成物を除去することは、取り扱いを極めて慎重に行わなければない。

従って、下記のような方法を用いてクラッド部を形成することが望ましい。

すなわち、上記感光性組成物中に、コア部を形成するための感光性組成物（以下、コア形成用樹脂ともいう）とは別に、予め、クラッド部を形成するための樹脂または樹脂組成物（以下、クラッド形成用樹脂ともいう）を混合しておく。ここで、クラッド形成用樹脂としては、上記コア形成用樹脂よりも強い強度の光を受けて初めて重合する感光性組成物であって、硬化前後の光屈折率がともにコア部の光屈折率よりも小さいものを選択しておく。上記クラッド形成用樹脂としては、上記した特性を有するものであれば、上述した感光性組成物を適宜選択して使用することができる。

そして、上述したように、光配線を介して光を照射する。その際、照射する光

としては弱い光、すなわち、コア形成用樹脂の重合は可能であるが、クラッド形成用樹脂の重合は実質的にほぼ不可能な強度の光を照射する。すると、感光性組成物のうち感光性がより高いコア形成用樹脂だけが選択的に重合を開始する。コア形成用樹脂およびクラッド形成用樹脂を含む感光性組成物のうち、コア形成用樹脂だけが重合を始めると、未硬化のクラッド形成用樹脂は、流動性を保っているため、硬化していくコア形成用樹脂から排除されていく。また、コア部の光屈折率は未硬化のクラッド形成用樹脂の光屈折率よりも大きいため、光配線を介して照射した光は形成されたコア部に閉じ込められつつ、先端に集中的に照射される。その結果、光配線の一端から照射された光によって、光の経路に応じてコア形成用樹脂が優先的に硬化し、その光の経路に応じたコア部が形成され、その周囲を未硬化の感光性組成物が包囲した状態となる。

この後、光源からの光を未硬化の感光性組成物全体に照射することができるようにし、光源の出力を上げてクラッド形成用樹脂を重合させることが可能な強度の光を照射する。すると、クラッド形成用樹脂および未硬化のコア形成用樹脂が硬化してコア部を包囲するクラッド部を形成することができる。

このように、重合反応が進行する光の強度が異なる２種類の感光性組成物を予め混合しておき、これを用いて光導波路を形成する場合、コア形成用樹脂およびクラッド形成用樹脂としては、互いに異なる重合反応機構を経て重合反応が進行する樹脂を選択することができる。

すなわち、アクリル系樹脂に代表されるようなラジカルによる逐次重合反応によって重合が進むラジカル重合系の感光性組成物と、エポキシ系樹脂に代表されるようなイオン対を介して重合が進むカチオン重合系の感光性組成物とを選択することができる。これらを選択した場合、ラジカル重合系の感光性組成物の方が、カチオン重合系の感光性組成物よりも重合反応が急速に進行するため、弱い光によっては、アクリル系樹脂だけが選択的に重合することになる。

また、弱い光の照射によって、より確実に一方の感光性組成物の重合が進行するように、上述の２種類の感光性組成物の重合の進み具合いにさらに差をつけてもよい。

これは、ラジカル重合系の感光性組成物の重合反応速度を速くすることにより

行うことができる。具体的には、アクリル系樹脂を例にとると、アクリル系樹脂の単位質量あたりに含まれるアクリル基の数を多く（すなわち、アクリル当量を少なく）したり、単量体の濃度を高めることにより、重合に関与する反応基の濃度を高くして重合反応速度を速くすることができる。また、光重合開始剤の量子収率（光子量あたりのラジカル生成量）や濃度を高くして重合反応速度を速くすることもできる。

また、２種類の感光性組成物の重合の進み具合いに差をつけることは、カチオン重合系の感光性組成物の重合反応速度を遅くすることによっても行うことができる。具体的には、エポキシ系樹脂を例にとると、エポキシ系樹脂の単位質量あたりに含まれるエポキシ基の数を少なく（すなわち、エポキシ当量を多く）したり、単量体の濃度を低くすることにより、重合に関与する反応基の濃度を低くして重合反応速度を遅くすることができる。また、重合に関与するイオン対の非求核性を低くしたり、または、光重合開始剤の量子収率（光子量あたりのカチオン生成量）を低くして重合反応速度を遅くすることもできる。

また、同一の機構を経て重合反応が進行する感光性組成物同士を混合しても、どちらか一方の感光性組成物のみを選択的に重合させることができる。この場合、同一の機構で反応が進行するため、光重合開始剤や増感剤の異なる樹脂同士を混合しても選択的に重合させることは困難であるが、マトリクスであるオリゴマ分子に反応基の濃度差をつけることにより一方の感光性組成物のみを選択的に重合させることができる。ラジカル重合系のアクリル樹脂であれば、反応基であるアクリル当量に差をつければ、ある照射光にて反応基の多い（すなわち、アクリル当量の少ない）方が選択的に重合する。

このようなコア形成用樹脂およびクラッド形成用樹脂を用いて光導波路を形成する場合、１種類の光源で両者の重合反応を行うことができるため、設備コストや工程数を少なくすることができる。

なお、コア形成用樹脂とクラッド形成用樹脂とを選択する際に、両者の硬化波長が全く同一でない場合でも、増感剤等を添加することにより、１種類の光源で両者の重合反応を行うことができる。これは、照射する光の波長域に吸収を持たないか、または、少量しか持たない感光性組成物であっても、その波長域に吸収

を持つ適当な増感剤を添加し、その増感剤が吸収したエネルギーを利用することにより、重合反応を進行させることができるからである。すなわち、増感剤を添加すると照射光の波長域内に大きな吸収を持たせ、結果として感度を増大させることができる。一般にこのような増感された吸収波長域はラジカル発生剤本来の持つ吸収波長域よりもより長波長側に拡大され、光源の発する光子を効率よく利用することができるので、感度が上昇する。

また、上記クラッド形成用樹脂として、上記した特性を有する感光性組成物に代えて、加熱処理を行うことにより始めて重合が進行する樹脂を選択し、さらに、コア部を形成した後、強度の強い光を未硬化の感光性組成物全体に照射する方法に代えて、未硬化の樹脂を加熱硬化させる方法を用いてクラッド部を形成し、光導波路としてもよい。

さらには、クラッド形成用樹脂として、上記コア形成用樹脂とは異なる波長の光を照射することにより初めて重合し、硬化後の光屈折率が硬化後のコア形成用樹脂の光屈折率よりも小さいものを選択しておき、コア部を形成した後、未硬化の感光性組成物全体にクラッド形成用樹脂が重合する波長の光を照射する方法を用いてクラッド部を形成し、光導波路としてもよい。

このような形成方法を用いることにより、光配線との接続性に優れるとともに、系全体が固体化して安定性に優れる光導波路を形成することができる。

なお、２種類以上の感光性組成物（例えば、コア形成用樹脂とクラッド形成用樹脂）を含む感光性組成物を用いる場合、それぞれの感光性組成物の混合比は特に限定されない。

また、第一群の本発明の第二の発明は、２本の光配線間を光学的に接続する光導波路を形成する方法としても用いることができる。

図２０（ａ）～（ｄ）は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の別の一例を説明するための模式図である。ここでは、光配線として光ファイバを用いた場合を例に、光導波路の形成方法を説明する。

具体的には、まず、光学的に結合すべき対をなす光ファイバ１０１２、１０１２′を対向配置し、この光ファイバ１０１２、１０１２′の端部間を包囲するように感光性組成物を塗布する等により、光ファイバ１０１２、１０１２′の端部

をともに、感光性組成物１０１１に浸漬する（図２０（ａ）参照）。

次に、上記感光性組成物１０１１を硬化させるための光を、一方の光ファイバ１０１２から対向する光ファイバ１０１２′に向けて照射する（図２０（ｂ）参照）。

このように、一方の光ファイバ１０１２から他方の光ファイバ１０１２′に向かって光を照射することにより、感光性組成物１０１１が、光の経路に応じて、光ファイバ１０１２側から除々に硬化し、光ファイバ１０１２と光ファイバ１０１２′とを接続する光導波路のコア部が形成されることとなる（図２０（ｃ）～（ｄ）参照）。

この後、必要に応じて、上記した方法と同様の方法を用いてクラッド部を形成することにより、２本の光ファイバ間を光学的に接続する光導波路を形成することができる。

また、上述した２本の光ファイバ間を接続する光導波路の形成方法では、１本の光ファイバのみを介して光を照射しているが、この方法に代えて、２本の光ファイバのそれぞれから他方の光ファイバに向かって光を照射してもよい。この場合、２本の光ファイバを介して同時に光を照射してもよいし、それぞれの光ファイバから交互に光を照射してもよい。

また、２本の光ファイバから他方の光ファイバに向かって、同時に光を照射する場合には、２本の光ファイバの光軸がズレていたとしても、２本の光ファイバ間を接続するコア部を形成することができる。

図２１（ａ）～（ｃ）は、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の別の一例を説明するための模式図である。

まず、光学的に接続する２本の光ファイバ１０２２、１０２２′の一端を感光性組成物１０２１に浸漬するとともに、その一端同士がほぼ対向するように光ファイバを配置する。なお、光ファイバ同士の光軸はズレている（図２１（ａ）参照）。

次に、２本の光ファイバ１０２２、１０２２′のそれぞれから感光性組成物１０２１を硬化させるための光を相手側の光ファイバ１０２２′、１０２２に向けて照射する（図２１（ｂ）参照）。この場合、光ファイバ１０２２、１０２２′

から出射される互いの出射光Ｘ、Ｙが重なり合う部分Ｚにおいて光の強度が高くなる。そこで、その重畳部分Ｚの光の強度をコア形成用樹脂のみが重合可能な強度となるように設定すれば、互いの出射光が重なり合う部分Ｚにコア部１０２４が形成されることになる（図２１（ｃ）参照）。

この方法では、一対の光ファイバ１０２２、１０２２′の光軸がズレていたとしても、両光ファイバ１０２２、１０２２′の端部同士を結ぶ光の経路にコア部１０２４が形成され、高い確率で両者を光学的に結合させることできる。

また、図２０を参照しながら説明したように、２本の光ファイバを対向配置して、これらの光ファイバの一方、または、両方から光を照射することにより、２本の光ファイバを接続する光導波路を形成する場合、２本の光ファイバそれぞれの感光性組成物に浸漬する端面の外周部分には、被覆層が形成されていてもよい。このような被覆層が形成されている光ファイバを用いて光導波路を形成することにより、図１０に示したような光伝送構造体を製造することができる。

なお、このような被覆層が形成された光ファイバを用いて、光導波路を形成する場合、光ファイバのコア等と同一面をなす被覆層の端面は、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが０．１μｍ以上であることが望ましい。このような形状を有する被覆層の端面は、電気配線等の切断に用いられる切断用治具で切断するのみで形成することができるからである。なお、光配線の切断は、特に切断用治具を用いることなく、他の任意の切断方法を用いて行ってもよい。

また、２本の光配線間を接続するコア部を形成した後、該コア部の周囲にクラッド部を形成する際には、コア部の両端を引っ張りながら、または、コア部の両端を引っ張った状態を維持しながら、クラッド部を形成してもよい。

このようにコア部の両端を引っ張ることにより、コア部の形状を安定化させることができるため、このコア部の周囲にクラッド部を形成することにより、安定化した形状のコア部と、安定なクラッド部とからなる光導波路を形成することができる。

また、上述したようにコア部を引っ張りながらクラッド部を形成する方法は、下記のような安定なクラッド部を形成する方法においても用いることができる。

すなわち、まず、コア形成用樹脂のみからなる感光性組成物を用いてコア部を形成した後、未硬化の感光性組成物を除去する。続いて、上記コア部を別の樹脂組成物に浸漬した後、この樹脂組成物に硬化処理を施すような安定なクラッド部を形成する方法においても用いることができる。

また、このコア部の両端を引っ張ることにより、安定化した形状のコア部と安定なクラッド部とを形成にする方法は、光配線間を接続する光導波路を形成する場合のみならず、光配線から、ミラーやあて板、光学部品等に向かって、光を照射することによりコア部を形成し、その後、コア部の周囲に安定なクラッド部を形成する方法においても用いることができる。この場合には、光配線と、ミラーやあて板、光学部品等とを引っ張ることにより、コア部の両端を引っ張ればよい。

さらに、上述したようにコア部の両端を引っ張ることは、硬化したクラッド部を形成しない場合にも、コア部を安定化させることができるという点から有用である。

また、第一群の本発明の第二の発明の形成方法を用いることにより、光配線と光学部品とが光導波路を介して結合した光信号伝送用光路（図９（ｂ）参照）を形成することができる。

具体的には、図２２に示すように、光配線１０９２を介して感光性組成物１０９１中に光を照射する際に、予め、照射する光の光路上に光学部品１０９６を配置しておき、この状態で光配線１０９２を介して、光を照射することにより光配線１０９２と光学部品１０９６を接続する光導波路のコア部１０９４を形成することができる。なお、光学部品１０９６のコア部と結合する面には表面保護層１０９６ａが形成されている

さらに、このようにしてコア部を形成した後、上述した方法を用いて、コア部の周囲にクラッド部を形成することにより、図９（ｂ）に示した光伝送構造体となる。

また、第一群の本発明の第二の発明の形成方法を用いて、光配線の一端と結合した光導波路を形成することにより、アレイ状の光伝送構造体を製造することもできる。

具体的には、複数の光配線１０９０ａ～１０９０ｄ（図２３では、４本）を等

間隔では整列させ、この状態で整列させた光配線の一端を感光性組成物１０９１中に浸漬し、この状態で全ての光配線を介して光を照射する。このとき、照射する光の光路上には、照射する光の光路上には、光導波路の端面にレンズを形成するためのあて板１０９６を載置しておく。さらに、上述した方法で、コア部の周囲に固体化したクラッド部を形成することによりアレイ状の光伝送構造体を形成することができる（図２３参照）。なお、図中、１０９３は光配線のコアであり、１０９４は、光導波路のコア部である。

なお、このような方法を用いて製造したアレイ状の光伝送構造体では、隣合う光配線同士の間には、上記クラッド部と同様の材質の樹脂層が形成されることとなる。

また、アレイ状の光伝送構造体の形成において、複数の光配線を等間隔で整列させる際に、複数の溝が等間隔で形成された基板の該溝に、それぞれの光配線を固定した場合には、隣合う光配線同士の間を樹脂層で固定しなくてもアレイ状の光伝送構造体とすることができる。

次に、第二群の本発明の光導波路の形成方法について説明する。

第二群の本発明の光導波路の形成方法は、感光性組成物中に光配線の一の端面を浸漬した後、上記光配線の一の端面から光を照射することにより、上記感光性組成物中の光の経路に応じたコア部を形成する光導波路の形成方法であって、

上記光配線の一の端面から照射する光は、上記光配線の側面を介して入射させた光であることを特徴とする。

第二群の本発明の光導波路の形成方法では、光配線の側面を介して光を入射させるため、光配線の他の端面側に光源を設けることができず、光配線の他の端面から光を入射させることができない場合であっても、光配線の一の端面から感光性組成物へ光を照射することが可能になる。

従って、第二群の本発明の光導波路の形成方法によれば、光配線等と光学部品との構成等に制約を殆ど受けることなく、自己形成光導波路の技術により光導波路を形成することができるため、接続作業を簡略化することができるとともに、経済的にも有利である。

上記光配線としては、第一群の本発明の第一の発明の光配線接続体を構成する

光配線と同様のもの等が挙げられる。なお、第二群の本発明で用いる光配線は、その端面に平坦化処理が施されていてもよいし、特に、端面処理が施されていなくてもよい。

また、第二群の本発明で用いる光配線は、その側面が被覆材により覆われていてもよく、覆われていなくてもよい。

被覆材により覆われていない光配線を用いる場合、そのまま光配線の側面を介して光を入射させることができる。一方、被覆材により覆われている光配線を用いる場合には、上記被覆材の一部を取り除くことにより、光配線の側面を介して光を入射させることが可能になる。

また、光を透過させることが可能な被覆材により覆われている光配線を用いる場合には、上記被覆材の一部を取り除くことなく、光配線の側面を介して光を入射させることも可能である。

なお、以下の説明においては、被覆材により覆われていない光配線を用いる場合について説明する。

以下、第二群の本発明の光導波路の形成方法について、図面を参照しながら説明する。

図２６（ａ）～（ｄ）は、第二群の本発明の光導波路の形成方法の一例を説明するための模式図である。なお、図中、白抜きの矢印は、光配線の側面を介して入射させる光の経路、または、上記光配線中を導波する光の経路を模式的に示している。

（１）まず、感光性組成物中に光配線の一の端面を浸漬する。具体的には、感光性組成物２００１を光配線２００２の端面２００２ａを包み込むように塗り付けたり（図２６（ａ）参照）、感光性組成物を容器に入れ、ここに、光配線の一の端面を浸漬したりする。

このとき、防護壁２００７を設けておいてもよい（図２６（ａ）参照）。

第二群の本発明の光導波路の形成方法では、光源等を用いて照射した光を、光配線の側面を介して入射させるのであるが、このとき、光源等を用いて照射した光の一部が、光配線を介さずに感光性組成物に直接照射され、これにより感光性組成物が硬化してしまうおそれがある。そこで、防護壁を設けることにより、光

配線を介さずに感光性組成物に照射される光等を遮蔽することができ、そのような光によって感光性組成物が硬化してしまうことを防止することができる。

上記防護壁の配設位置は、光配線を介さずに感光性組成物に直接照射される光を遮蔽することができる位置であれば特に限定されるものではない。

また、上記防護壁の材質、形状等も特に限定されるものではなく、光配線を介さずに感光性組成物に直接照射させる光を遮蔽することができるものであればよい。

上記感光性組成物としては、第一群の本発明の第二の発明で用いる感光性組成物と同様のもの等を用いることができる。

また、第二群の本発明の光導波路の形成方法に用いる感光性組成物は、有機組成物であることが望ましいが、上記感光性組成物は有機組成物に限定されるものではなく、石英にＧｅ、Ｐ等をドープしたもの等からなる無機組成物であってもよい。

上記感光性組成物中には、さらに、粒子が含まれていてもよい。粒子を含む感光性組成物を用いて光導波路を形成することにより、光配線と光導波路との間で熱膨張係数の整合をはかることができる。

なお、上記粒子としては、第一群の本発明の第二の発明で用いる感光性組成物に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。上記粒子の形状や粒径、配合量等もまた、第一群の本発明の第二の発明で用いる感光性組成物に含まれる粒子と同様である。

また、第二群の本発明の光導波路の形成方法では、照射した光の経路に応じて、光配線側から除々にコア部が形成されていくため、上記感光性組成物は、硬化後に、その光屈折率が硬化前よりも高くなるものであることが望ましい。硬化後に光屈折率が高くなることにより、光配線を介して照射した光が形成されたコア部に閉じ込められつつ、先端から集中的に照射されることとなり、光の経路に応じた光導波路をより確実に形成することができるからである。

第二群の本発明の光導波路の形成方法では、光配線の一の端面を感光性組成物に浸漬した状態でコア部の形成を行うため、この感光性組成物の硬化後の光屈折率の下限は、上記光配線のコアの光屈折率の９０％であることが望ましく、その

上限は１１０％であることが望ましい。

上記範囲の光屈折率を有するコア部を形成することができる感光性組成物を用いると、該光配線との接続性により優れたコア部を形成することができるからである。

上記感光性組成物の硬化後の光屈折率（上記コア部の光屈折率）の下限は、上記光配線のコアの光屈折率の９５％であることがより望ましく、９８％であることがさらに望ましい。一方、その上限は、上記光配線のコアの光屈折率の１０５％であることがより望ましく、１０２％であることがさらに望ましい。

従って、上記光配線のコアの材質が純粋石英ガラスなどであり、その光屈折率n_Dが約１．４６である場合には、上記感光性組成物としては、硬化後の光屈折率n_Dが、約１．３１～約１．６１であるものを用いることが望ましい。

なお、光配線や光導波路に用いる樹脂等の光屈折率は、その波長に依存して変化するが、その比（光導波路のコア部の光屈折率／光配線のコアの光屈折率）は、例えば、紫外線領域～近赤外線領域において殆ど変わらない。

また、硬化前のコア部の光屈折率、すなわち、上記感光性組成物自体の光屈折率もまた、その下限は、上記光配線のコアの光屈折率の９０％であることが望ましく、９５％がより望ましく、９８％がさらに望ましい。一方、その上限は、１１０％であることが望ましく、１０５％がより望ましく、１０２％がさらに望ましい。

このように第二群の本発明の光導波路の形成方法では、硬化後に上記した範囲の光屈折率を有する感光性組成物を選択して使用することが望ましいが、上記した範囲外の光屈折率となる感光性組成物であっても、その光屈折率を調整して使用することができる。また、ここで、感光性組成物の光屈折率を調整する場合、硬化前後のコア部の光屈折率が上記範囲になるように調整することが望ましい。

上記感光性組成物の光屈折率を調整する方法としては、第一群の本発明の第二の発明で説明した方法と同様の方法、すなわち、分子屈折や分子容を調整する方法を用いることができる。

なお、第二群の本発明において、「光配線のコアの光屈折率」とは、光配線のコアがステップインデックス光ファイバ（ＳＩ型光ファイバ）のコアのように単

一の光屈折率を有するものである場合には、その光屈折率をいい、グレードインデックス光ファイバのようにある範囲の光屈折率を有するものである場合には、そのピーク光屈折率をいう。

（２）次に、光配線２００２の側面を介して光を入射させることにより、光配線２００２の一の端面から光を照射する（図２６（ｂ）参照）。その結果、感光性組成物２００１中の光の経路に応じたコア部を形成することができる。

光配線２００２の側面を介して光を入射させることにより、入射させた光の一部は、光配線２００２中を導波して光配線２００２の一の端面から感光性組成物中に出射され、その結果、感光性組成物中に出射された光の経路に応じてコア部が形成されることになる。

このとき、上記光配線の側面を介して入射させる光としては特に限定されず、上述した感光性組成物の組成等を考慮して適宜選択すればよく、上記感光性組成物が、紫外線領域にて感光性を有する組成物であれば、紫外線領域の波長の光を照射すればよい。紫外線領域の波長の光を照射する光源としては、高圧水銀ランプ等を用いることができる。また、メタルハライドランプやキセノンランプ、レーザ等も使用することができる。

また、上記光源は、必ずしも一つである必要はない。複数の光源を用いて複数の箇所から、光配線の側面を介して光を入射させることとしてもよい。

また、上記光配線の側面を介して入射させる光は、レンズにより集光した光であることが望ましい。レンズにより集光しない場合と比べると、光配線の側面を介して入射させる光の強度を強くすることができるとともに、光配線のコアに向けて効率よく光を入射させることができるため、光配線の一の端面から感光性組成物へ照射する光の強度を強くすることができるからである。このように、感光性組成物へ強い強度の光を照射することにより、上記光配線の一の端面から効率よくコア部を形成することができる。

上記レンズとしては、光を集光することが可能なレンズであれば、特に限定されるものではなく、従来公知の集光レンズ等を挙げることができる。

光配線の側面を介して入射させる光と、該光配線の光軸とのなす角の角度は０°を超えていれば特に限定されるものではないが、その角度は小さいほど望まし

い。光配線の側面を介して入射させた光が光配線を透過してしまうことを抑制することにより、上記光配線における光の損失を低減することができるため、上記光配線の一の端面から効率よくコア部を形成することができるからである。

なお、光配線の側面を介して入射させた光は、必ずしも、全反射により光配線中を導波する必要はない。光配線の側面を介して入射させた光は、光配線内において反射する際に徐々に減衰しながら、光配線の一の端面から出射してもよい。

また、第二群の本発明の光導波路の形成方法では、光配線の側面を介して光を入射させるため、入射させた光の一部が上記光配線のクラッドを導波し、光配線の一の端面におけるクラッドからコア部が形成されてしまうことが危惧される。しかしながら、クラッドを導波する光は、コアを導波する光と比べると減衰しやすく、上記光配線の一の端面に到達するまでに殆ど消滅してしまうため、上記クラッドからコア部が形成されることは略皆無であるといえる。

（３）このように光配線２００２の一の端面から光を照射することにより、感光性組成物２００１が、光の経路に応じて、光配線側から硬化しはじめ、光配線２００２のコア２００３の延長上に光導波路のコア部２００４が形成されることになる（図２６（ｃ）、（ｄ）参照）。

また、第二群の本発明の光導波路の形成方法は、光配線の他の端面（感光性組成物中に浸漬していない端面）を介して光を入射させることが可能である場合にも用いることができ、この場合には、上記光配線の側面を介して光を入射させるとともに、上記光配線の他の端面を介して光を入射させてもよい。このようにすることにより、感光性組成物へ照射する光の強度を強くすることができるため、上記光配線の一の端面からより効率よくコア部を形成することが可能になる。

なお、第二群の本発明の光導波路の形成方法では、図２６に示すように、光配線の光を入射させる側面が真っ直ぐであってもよいが、光を入射させる光配線の側面を、光を入射させる前に、湾曲させておくことが望ましい。

光配線の側面を介して入射させた光が光配線を透過してしまうことを抑制することができ、上記光配線における光の損失を低減することができるため、上記光配線の一の端面から効率よくコア部を形成することができるからである。

図２７（ａ）～（ｄ）は、第二群の本発明の光導波路の形成方法の他の一例を

説明するための模式図である。なお、図中、白抜きの矢印は、光配線の側面を介して入射させる光の経路、または、上記光配線中を導波する光の経路を模式的に示している。

（１）まず、光配線２０１２の側面を湾曲させ、感光性組成物２０１１中に光配線２０１２の一の端面を浸漬する。なお、感光性組成物中に光配線の一の端面を浸漬した後、該光配線の側面を湾曲させてもよい。

また、上記光配線を湾曲させる程度については、光配線に損傷を与えない程度であれば、特に限定されるものではなく、光配線の光屈折率等に応じて適宜設定することが可能である。

また、感光性組成物中に光配線の一の端面を浸漬する方法としては、図２６を参照しながら説明した光導波路の形成方法と同様に、感光性組成物２０１１を光配線２０１２の端面２０１２ａを包み込むように塗り付けたり（図２７（ａ）参照）、感光性組成物を容器に入れ、ここに、光配線の一の端面を浸漬したりする。このとき、図２６を参照しながら説明した光導波路の形成方法と同様に、防護壁２０１７を設けておいてもよい（図２７（ａ）参照）。

また、上記感光性組成物についても、図２６を参照しながら説明した光導波路の形成方法と同様のものを用いることができる。

（２）次に、光配線２０１２の湾曲させた側面を介して光を入射させることにより、光配線２０１２の一の端面から光を照射する（図２７（ｂ）参照）。その結果、感光性組成物２０１１中の光の経路に応じたコア部２０１４を形成することができる。

上記光配線の湾曲させた側面を介して入射させる光は、光を入射させる箇所における該光配線の光軸に対して略平行であることが望ましい。

光配線の湾曲させた側面を介して入射させた光が該光配線を透過してしまうことをより確実に抑制することができ、上記光配線における光の損失を低減することができるため、上記光配線の一の端面から効率よくコア部を形成することができるからである。

（３）このように光配線２０１２の一の端面から光を照射することにより、感光性組成物２０１１が、光の経路に応じて、光配線側から硬化しはじめ、光配線

２０１２のコア２０１３の延長上に光導波路のコア部２０１４が形成されることになる（図２７（ｃ）、（ｄ）参照）。

また、図２７を参照しながら説明した光導波路の形成方法は、光配線の湾曲させた側面の一箇所から光を入射させる方法であったが、光配線の湾曲させた側面の複数の箇所から光を入射させる方法を用いることにしてもよい。

具体的には、光配線を螺旋状にすることにより、１個の光源を用いて、光配線の湾曲させた側面の複数の箇所から略同時に光を入射させてもよい。この場合、光配線の湾曲させた側面の一箇所から光を入射させる方法と比べて、効率よく光配線に光を入射させることができるため、上記光配線の一の端面から効率よくコア部を形成することができる。勿論、光配線を螺旋状にした後、複数の光源を用いて、光配線の湾曲させた側面の複数の箇所から略同時に光を入射させてもよい。

さらに、光配線の他の端面（感光性組成物中に浸漬していない端面）を介して光を入射させることが可能である場合には、上記光配線の湾曲させた側面を介して光を入射させるとともに、上記光配線の他の端面を介して光を入射させてもよい。このようにすることにより、上記光配線の一の端面から感光性組成物へ照射する光の強度を強くすることができるため、上記光配線の一の端面からより効率よくコア部を形成することが可能になる。

第二群の本発明の光導波路の形成方法では、図２６を参照しながら説明した光導波路の形成方法や、図２７を参照しながら説明した光導波路の形成方法等により、光の経路に応じて硬化したコア部と、未硬化のクラッド部とからなる光導波路を形成することができる。

しかしながら、未硬化のクラッド部は、通常液体であり、この状態では、コア部が流動しやすく、光導波路として非常に不安定である。

従って、上記コア部を形成した後、上記未硬化のクラッド部に硬化処理を施すことにより、固体のクラッド部を形成することが望ましい。そこで、上記コア部を形成した後、未硬化のクラッド部に光を照射することにより、系全体を固体化することが可能である。しかしながら、上記感光性組成物として１種類の感光性組成物のみを含むものを使用する場合には、クラッド部の硬化により、コア部とクラッド部とがほぼ同一の光屈折率を有することとなり、コア部に光を閉じ込め

ることができなくなるため、光導波路として機能しなくなってしまう。

そのため、以下のような方法を用いて固体化したクラッド部を形成することにより、系全体が固体化した安定な光導波路とすることが望ましい。

上記クラッド部を形成する場合には、上記コア部を形成した後、その周囲の未硬化の感光性組成物を除去し、続いて、上記コア部を別の樹脂組成物（感光性組成物であってもよいし、感光性組成物でなくてもよい）に浸漬した後、この樹脂組成物に硬化処理を施すことにより安定なクラッド部を形成することができる。

しかしながら、この方法は、形成するコア部の長さによっては、未硬化の感光性組成物を除去する際等に、コア部の取り扱いを極めて慎重に行わなければならず、あまり実用的ではないことがある。

従って、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法でも説明した方法、すなわち、感光性組成物として、予め、コア形成用樹脂とクラッド形成用樹脂とを混合しておいた感光性組成物を用いてコア部とクラッド部とを形成する方法を用いることが望ましい。

ここで、上記コア形成用樹脂および上記クラッド形成用樹脂とを含む感光性組成物としては、第一群の本発明の第二の発明で用いたものと同様の感光性組成物を用いることができる。

この第二群の本発明では、感光性組成物中へ光を照射する際に、上述したように光配線の側面を介して該光配線の一の端面から上記感光性組成物へ、コア形成用樹脂の重合は可能であるが、クラッド形成用樹脂の重合は実質的に殆ど不可能な強度の光を照射することにより、第一群の本発明の第二の発明の場合と同様、コア形成用樹脂のみが優先的に硬化し、その光の経路に応じたコア部が形成されるとともに、その周囲を未硬化の感光性組成物が包囲した状態となる。

この後、クラッド形成用樹脂を硬化することによりコア部の周囲に安定なクラッド部を形成することができる。なお、第二群の本発明の光導波路の形成方法においても、第一群の本発明の第二の発明と同様、クラッド形成用樹脂を硬化する際に、未硬化のコア形成用樹脂が硬化することもある。

このような形成方法を用いることにより、光配線との接続性に優れるとともに、系全体が固体化して安定性に優れる光導波路を形成することができる。

また、第二群の本発明の光導波路の形成方法また、第一群の本発明の第二の発明と同様、２本の光配線間を光学的に接続する光導波路を形成する方法としても用いることができる。以下、その方法を第一群の本発明の第二の発明を説明する際にも参照した図２０を参照しながら説明する。

まず、光学的に結合すべき対をなす光配線１０１２、１０１２′を対向配置し、この光配線１０１２、１０１２′の端面１０１２ａ、１０１２′ａ間を包囲するように感光性組成物を塗布する等により、光配線１０１２、１０１２′の向き合った端面１０１２ａ、１０１２′ａをともに、感光性組成物１０１１に浸漬する（図２０（ａ）参照）。

次に、上記感光性組成物１０１１を硬化させるための光を、一方の光配線１０１２の側面を介して入射させ、光配線１０１２の端面１０１２ａから対向する光配線１０１２′に向けて照射する（図２０（ｂ）参照）。

このように、一方の光配線１０１２から他方の光配線１０１２′に向かって光を照射することにより、感光性組成物１０１１が、光の経路に応じて、光配線１０１２側から除々に硬化し、光配線１０１２と光配線１０１２′とを接続する光導波路のコア部が形成されることとなる（図２０（ｃ）～（ｄ）参照）。

この後、上記した方法と同様の方法を用いてクラッド部を形成することにより、２本の光配線間を光学的に接続する光導波路を形成することができる。

また、２本の光配線間を接続するコア部を形成した後、該コア部の周囲にクラッド部を形成する際には、コア部の両端を引っ張りながら、または、コア部の両端を引っ張った状態を維持しながらクラッド部を形成することが望ましい。

このようにコア部の両端を引っ張ることにより、コア部の形状を安定化させることができるため、このコア部の周囲にクラッド部を形成することにより、安定化した形状のコア部と、安定なクラッド部とからなる光導波路を形成することができる。なお、コア部の両端を引っ張る方法や、コア部の両端を引っ張った状体に維持する方法としては、後述する第四群の本発明の第二の発明で用いる方法と同様の方法等を用いることができる。

また、上述したようにコア部を引っ張りながらクラッド部を形成する方法は、まず、コア形成用樹脂のみからなる感光性組成物を用いてコア部を形成した後、

未硬化の感光性組成物を除去し、続いて、上記コア部を別の樹脂組成物にした後、この樹脂組成物に硬化処理を施すことにより安定なクラッド部を形成する光導波路の形成方法においても好適に用いることができる。

また、上述した２本の光配線間を接続する光導波路の形成方法では、１本の光配線の端面のみから光を照射しているが、この方法に代えて、２本の光配線のそれぞれの端面から他方の光配線に向かって光を照射してもよい。

この場合、それぞれの光配線の側面を介して光を入射させることにしてもよく、また、２本の光配線のうち、一の光配線では、その側面を介して光を入射させ、他の光配線では、その端面から光を入射させることにしてもよい。いずれの方法を用いるかについては、光配線と光学部品との構造等により選択することが可能である。

また、２本の光配線のそれぞれの向き合った端面から同時に光を照射してもよいし、それぞれの向き合った光配線の端面から交互に光を照射してもよい。

また、２本の光配線のそれぞれの端面から他方の光配線に向かって、同時に光を照射する場合には、２本の光配線の光軸がズレていたとしても、２本の光配線間を接続するコア部を形成することができる。以下、その方法を第一群の本発明の第二の発明を説明する際にも参照した図２１を参照しながら説明する。

すなわち、まず、光学的に接続する２本の光配線１０２２、１０２２′のそれぞれの端面を感光性組成物１０２１に浸漬するとともに、その端面同士がほぼ対向するように光配線を配置する。なお、光配線同士の光軸はズレている（図２１（ａ）参照）。

次に、２本の光配線１０２２、１０２２′のそれぞれの端面１０２２ａ、１０２２′ａから感光性組成物１０２１を硬化させるための光を相手側の光配線１０２２′、１０２２に向けて照射する（図２１（ｂ）参照）。ここで、端面１０２２ａ、１０２２′ａから照射する光は、光配線１０２２、１０２２′のそれぞれの側面を介して入射させる。

この場合、光配線１０２２、１０２２′のそれぞれの端面から出射される互いの出射光Ｘ、Ｙが重なり合う部分Ｚにおいて光の強度が高くなる。そこで、その重畳部分Ｚの光の強度をコア形成用樹脂のみが重合可能な強度となるように設定

すれば、互いの出射光が重なり合う部分Ｚにコア部１０２４が形成されることになる（図２１（ｃ）参照）。

この方法では、一対の光配線１０２２、１０２２′の光軸がズレていたとしても、両光配線１０２２、１０２２′の端面１０２２ａ、１０２２′ａ同士を結ぶ光の経路にコア部１０２４が形成され、高い確率で両者を光学的に結合させることできる。

上述したように、第二群の本発明の光導波路の形成方法では、異なる光配線を接続するコア部を形成することが可能であるが、このとき、一の光配線に代えて、受光素子等の光素子を使用し、その受光面（受光部）と他の光配線の一の端面とを感光性組成物中に浸漬することにより、上記受光素子の受光面と上記他の光配線の一の端面とを直接接続するコア部を形成することも可能である。この場合、上記他の光配線の側面を介して光を入射させ、上記他の光配線の一の端面から、上記受光面へ光を照射することになる。

また、一の光配線に代えて、発光素子等の光素子を使用し、上述した方法と同様の方法を用いることにより、上記発光素子の発光面と上記他の光配線の一の端面とを直接接続するコア部を形成することも可能である。

なお、一の光配線に代えて用いることができる光学部品は、上述した発光素子や受光素子等の光素子に限定されるものではなく、レンズ、ミラー等の光部品であってもよい。

このように、コア部が直接取り付けられた光配線や光学部品では、光導波路（コア部）と光配線等との間で位置合わせが不要である。

次に、第三群の本発明の光導波路の形成方法について説明する。

第三群の本発明の光導波路の形成方法は、異なる光配線のそれぞれの一端が略向き合い、かつ、少なくとも向き合った一端がともに感光性組成物中に浸漬されるように、上記光配線を配置し、上記光配線を介して光を照射することにより、上記光配線同士を接続するコア部を形成する光導波路の形成方法であって、

一の光配線側に、上記一の光配線の一端から他の光配線の一端へ向けて光を照射するための光照射手段を設けるとともに、上記他の光配線側に、上記光照射手段を用いて照射した光を反射するための光反射手段を設け、

上記光照射手段を用いて上記一の光配線の一端から光を照射し、照射した光を上記光反射手段で反射させることにより、上記異なる光配線の向き合ったそれぞれの一端からコア部を形成することを特徴とする。

第三群の本発明の光導波路の形成方法では、光照射手段を用いて一の光配線の一端から光を照射し、照射した光を上記光反射手段で反射させることにより、上記異なる光配線の向き合ったそれぞれの一端から他の光配線の一端へ向けて光を照射することができる。そのため、異なる光配線の向き合っていない端部のうち、一の光配線側に光照射手段を設けることが可能であれば、他の光配線側に光照射手段を設けることができない場合であっても、異なる光配線のそれぞれの一端から他方の光配線の一端へ向けて光を照射してコア部を形成することが可能になる。

従って、第三群の本発明の光導波路の形成方法によれば、光配線や光学部品の構成等に制約を殆ど受けることなく、異なる光配線のそれぞれの一端から他方の光配線の一端へ向けて光を照射してコア部を形成することが可能であり、高精度な位置合わせの作業を行うことなく、異なる光配線間を接続する安定化した形状の光導波路を確実に形成することができる。

上記光配線としては、第一群の本発明の第一の発明の光配線接続体を構成する光配線と同様のもの等が挙げられる。なお、第三群の本発明で用いる光配線は、その端面に平坦化処理が施されていてもよいし、特に端面処理が施されていなくてもよい。

また、本明細書においては、上記光配線や、形成した光導波路により光通信を行う際に用いる光を、伝送光ともいうことにする。

第三群の本発明において、光反射手段は、上記光照射手段を用いて照射した光を反射することができる手段であれば、特に限定されるものではない。上記光反射手段としては、ミラー、光フィルタ等を挙げることができる。また、回折格子、プリズム、ハーフミラー、レンズ等を組み合わせて設けたり、それらとミラーや光フィルタとを組み合わせて設けたりして、光反射手段として機能させることも可能である。

これらのなかでは、ミラーか、または、光フィルタを用いることが望ましい。製造工程が煩雑になることがなく、また、上記光照射手段を用いて照射した光を

高反射率で反射することができるため、異なる光配線の向き合ったそれぞれの一端から、より確実にコア部を形成することができるからである。

以下、第三群の本発明の光導波路の形成方法について、図面を参照しながら説明する。

なお、以下の説明では、第三群の本発明の光導波路の形成方法において、光反射手段としてミラーを用いる方法を、第三群の本発明の第一の形成方法ともいうこととし、光反射手段としてフィルタを用いる方法を、第三群の本発明の第二の形成方法ともいうこととして説明するが、第三群の本発明の光導波路の形成方法は、これら第一および第二の形成方法に限定されるものではなく、上述した光反射手段のいずれを用いることとしてもよい。

まず、第三群の本発明の第一の形成方法について説明する。

図２９（ａ）、（ｂ）は、第三群の本発明の第一の形成方法の一例を説明するための概略図である。

（１）まず、図２９（ａ）に示すように、光ファイバ３０１２、３０１２′を配置し、さらに、光照射手段３０１５とミラー３０１９とを配置する。

具体的には、光ファイバ３０１２、３０１２′のそれぞれの端部３０１２ａ、３０１２′ａが向き合うように、光ファイバ３０１２、３０１２′を配置する。

このとき、異なる光配線（光ファイバ３０１２、３０１２′）の向き合った端部（端部３０１２ａ、３０１２′ａ）間の距離については、特に限定されるものではないが、光照射手段３０１５を用いて照射する光の強度や、感光性組成物の組成等を考慮し、光反射手段であるミラー３０１９から充分な反射光が得られる範囲内で設定することが望ましい。なお、光照射手段、光反射手段および感光性組成物については、後で詳述することにする。

また、光ファイバ３０１２には、その端部のうち、光ファイバ３０１２′と向き合っていない端部３０１２ｂ側に、受光素子３０１８を備えた光学部品３０１７が設けられている。

さらに、端部３０１２ｂと、受光素子３０１８の受光面３０１８ａとの間には、光ファイバ３０１２の熱膨張に起因して受光素子３０１８が破損することがないように、数十μｍ～数ｍｍ程度の空隙が設けられている。

そして、光ファイバ３０１２′の端部のうち、光ファイバ３０１２と向き合っていない端部３０１２′ｂ側に、光照射手段３０１５を設け、さらに、光ファイバ３０１２の端部３０１２ｂと受光素子３０１８の受光面３０１８ａとの間に設けられた空隙に、光反射手段であるミラー３０１９を設ける。

上記光照射手段は、上記一の光配線（光ファイバ３０１２′）の一端から他の光配線（光ファイバ３０１２）の一端へ向けて光を照射することができるとともに、感光性組成物を硬化させることが可能な光を照射する手段であれば、特に限定されるものではない。

上記感光性組成物を硬化させることが可能な光を照射する手段は、感光性組成物の組成等を考慮して適宜選択すればよく、例えば、紫外線領域にて感光性を有する組成物であれば、紫外線領域の波長の光を照射する手段を設けることとすればよい。

また、紫外線領域の波長の光を照射する手段としては、高圧水銀ランプ等を用いることができる。また、メタルハライドランプやキセノンランプ、レーザ等も使用することができる。なお、感光性組成物については後述する。

また、異なる光配線の向き合っていない端部のうち、一の光配線の端部側に発光素子が設けられている場合、上記発光素子を光照射手段として機能させることも可能である。このとき、上記発光素子は、上述した光照射手段と同様に、感光性組成物を硬化させることができる光を照射するものである必要がある。

上記発光素子としては、ＬＤ（半導体レーザ）、ＤＦＢ－ＬＤ（分布帰還型－半導体レーザ）、ＬＥＤ（発光ダイオード）等を挙げることができる。

また、上記光照射手段を用いて一の光配線に光を入射する方法としては、一の光配線の端部のうち、他の光配線の端部と向き合っていない端部に光を入射することが可能であれば、一の光配線の端部のうち、他の光配線の端部と向き合っていない端部に光を直接入射する方法に限定されるものではなく、ミラーやガイド等を介して間接的に光を入射する方法等を用いることも可能である。

また、光反射手段として設けるミラーとしては、特に限定されるものではなく、光を透過させない全反射ミラー（例えば、アルミミラー等）や、特定の範囲内の波長の光のみを反射させるミラー等を挙げることができる。また、レーザ光等の

特定の波長の光に対して高い反射率を有するレーザミラーを用いることが可能である。上記ミラーの反射面形状としては、平面、凹面等を挙げることができ、また、ミラーの反射面形状が凹面である場合、その凹面は球面であってもよく、非球面であってもよい。

また、上記ミラーの反射率は２０％以上であることが望ましい。異なる光配線の向き合った端部の両方から効率よくコア部を形成することができるため、第三群の本発明の効果を充分に得ることができるからである。なお、上記ミラーの反射率は、上記光照射手段を用いて照射した光の波長に対する値である。

また、ミラーとして、上述した全反射ミラーを設ける場合、脱着自在に設けることが望ましい。光導波路の形成を終了した後、上記ミラーを取り外すことができるからである。

一方、ミラーとして、光照射手段を用いて照射した光を反射することができ、かつ、伝送光を透過させることができるミラーを設ける場合には、脱着自在に設けてもよく、固定して設けてもよい。上記ミラーを設けた状態であっても、伝送光が反射されることがないので、光導波路の形成を終了した後、上記ミラーを取り外す必要がないからである。

また、第三群の本発明の第一の形成方法において、ミラーを設ける位置は、図２９に示すように、受光素子３０１８の受光面３０１８ａと光ファイバ３０１２の端部３０１２ｂとの間に限定されるものではない。光配線の任意の位置に、コアを分断するスリットを形成し、該スリットに、ミラーを差し込むこととしてもよい。

さらに、光ファイバ３０１２、３０１２′の向き合った一端を包囲するように感光性組成物３０１１を塗布する等により、光ファイバ３０１２、３０１２′の端部３０１２ａ、３０１２′ａをともに、感光性組成物３０１１中に浸漬する。

上記感光性組成物としては、第一群の本発明の第二の発明で用いる感光性組成物と同様のもの等を用いることができる。

また、第三群の本発明の光導波路の形成方法に用いる感光性組成物は、有機組成物であることが望ましいが、上記感光性組成物は有機組成物に限定されるものではなく、石英にＧｅ、Ｐ等をドープしたもの等からなる無機組成物であっても

よい。

上記感光性組成物中には、さらに、粒子が含まれていてもよい。粒子を含む感光性組成物を用いて光導波路を形成することにより、光配線と光導波路との間で熱膨張係数の整合をはかることができる。

なお、上記粒子としては、第二群の本発明の光導波路の形成方法で用いる感光性組成物に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。上記粒子の形状、粒径、配合量等もまた、第二群の本発明の光導波路の形成方法で用いる感光性組成物に含まれる粒子と同様である。

また、第三群の本発明の光導波路の形成方法では、照射した光の経路に応じて、光導波路側から除々にコア部が形成されていくため、上記感光性組成物は、硬化後に、その光屈折率が硬化前よりも高くなるものであることが望ましい。硬化後に光屈折率が高くなることにより、光配線を介して照射した光が形成されたコア部に閉じ込められつつ、先端から集中的に照射されることとなり、光の経路に応じた光導波路をより確実に形成することができるからである。

第三群の本発明の光導波路の形成方法では、光配線の一端を感光性組成物に浸漬した状態でコア部の形成を行うため、この感光性組成物の硬化後の光屈折率の下限は、上記光配線のコアの光屈折率の９０％であることが望ましく、その上限は１１０％であることが望ましい。

上記範囲の光屈折率を有するコア部を形成することができる感光性組成物を用いると、該光配線との接続性により優れたコア部を形成することができるからである。

上記感光性組成物の硬化後の光屈折率の下限は、上記光配線のコアの光屈折率の９５％であることがより望ましく、９８％であることがさらに望ましい。一方、その上限は、上記光配線のコアの光屈折率の１０５％であることがより望ましく、１０２％であることがさらに望ましい。

従って、上記光配線のコアの材質が純粋石英ガラスであり、その光屈折率n_Dが約１．４６である場合には、上記感光性組成物としては、硬化後の光屈折率n_Dが、約１．３１～約１．６１であるものを用いることが望ましい。

なお、光配線や光導波路に用いる樹脂等の光屈折率は、その波長に依存して変

化するが、その比（光導波路のコア部の光屈折率／光配線のコアの光屈折率）は、紫外線領域～近赤外線領域において殆ど変わらない。

また、硬化前のコア部の光屈折率、すなわち、上記感光性組成物自体の光屈折率もまた、その下限は、上記光配線のコアの光屈折率の９０％であることが望ましく、９５％がより望ましく、９８％がさらに望ましい。一方、その上限は、１１０％であることが望ましく、１０５％がより望ましく、１０２％がさらに望ましい。

このように第三群の本発明の光導波路の形成方法では、硬化後に上記した範囲の光屈折率を有する感光性組成物を選択して使用することが望ましいが、上記した範囲外の光屈折率となる感光性組成物であっても、その光屈折率を調整して使用することができる。また、ここで、感光性組成物の光屈折率を調整する場合、硬化前後のコア部の光屈折率が上記範囲になるように調整することが望ましい。

上記感光性組成物の光屈折率を調整する方法としては、第一群の本発明の第二の発明で説明した方法と同様の方法、すなわち、分子屈折や分子容を調整する方法を用いることができる。

なお、上記「光配線のコアの光屈折率」の定義は、第二群の本発明と同様である。

上記（１）の工程を行うことにより、異なる光配線のそれぞれの一端が略向き合い、かつ、少なくとも向き合った一端がともに感光性組成物中に浸漬されるように、上記光配線を配置することができ、さらに、一の光配線側に、上記一の光配線の一端から他の光配線の一端へ向けて光を照射するための光照射手段を設けるとともに、上記他の光配線側に、上記光照射手段を用いて照射した光を反射するための光反射手段を設けることができる。

（２）次に、光照射手段３０１５を用いて光ファイバ３０１２′の端部３０１２′ａから光を照射し、照射した光を、光反射手段であるミラー３０１９で反射させる（図２９（ｂ）参照）。その結果、光ファイバ３０１２、３０１２′の向き合ったそれぞれの端部３０１２ａ、３０１２′ａからコア部を形成することができる。

具体的には、光照射手段３０１５を用いて照射した光（照射光）３０１５ａは、

光ファイバ３０１２′を介して、光ファイバ３０１２′の端部３０１２′ａから、光ファイバ３０１２の端部３０１２ａへ向けて照射される。これにより、端部３０１２′ａからコア部が形成されていく。また、照射光３０１５ａは、光ファイバ３０１２を介して、光ファイバ３０１２の端部３０１２ｂからミラー３０１９へ照射され、ミラー３０１９によって反射する。ミラー３０１９によって反射した光（反射光）３０１５ｂは、光ファイバ３０１２を介して、光ファイバ３０１２の端部３０１２ａから照射される。これにより、端部３０１２ａからコア部が形成されていく。

図３０（ａ）～（ｄ）は、上述した第一の光導波路の形成方法により、異なる光ファイバ間を接続するコア部を形成する様子を説明するための模式図である。

まず、上述した（１）の工程を行うことにより、図３０（ａ）に示すように、光ファイバ３０１２、３０１２′のそれぞれの端部３０１２ａ、３０１２′ａが向き合い、かつ、少なくとも向き合った端部３０１２ａ、３０１２′ａがともに感光性組成物３０１１中に浸漬されるように、光ファイバ３０１２、３０１２′を配置する。なお、図中、３０１３、３０１３′は、それぞれ光ファイバ３０１２、３０１２′のコアである。

次に、上述した（２）の工程を行い、光照射手段３０１５（図示せず）を用いて、光ファイバ３０１２′の端部３０１２′ａから、光ファイバ３０１２の端部３０１２ａへ向けて光を照射し、光照射手段であるミラー３０１９で光が反射させることにより、図３０（ｂ）に示すように、光ファイバ３０１２′の端部３０１２′ａから照射光３０１５ａを照射するとともに、光ファイバ３０１２の端部３０１２ａから反射光３０１５ｂを照射する。

このように、光ファイバ３０１２、３０１２′のそれぞれの端部３０１２ａ、３０１２′ａから光を照射することにより、感光性組成物３０１１が、光の経路に応じて、端部３０１２ａ、３０１２′ａから徐々に硬化し、光ファイバ３０１２と光ファイバ３０１２′とを接続する光導波路のコア部を形成することができる（図３０（ｃ）～（ｄ）参照）。

また、第一の光導波路の形成方法によれば、図６８を参照しながら説明した双方向照射によりコア部を形成する方法と同様に、異なる光ファイバの向き合った

端部のそれぞれから光を照射してコア部を形成するため、異なる光ファイバの光軸が完全に合致していない場合であっても、異なる光ファイバを接続するコア部を形成することができる。

次に、第三群の本発明の第二の形成方法について説明する。

図３１（ａ）、（ｂ）は、第三群の本発明の第二の形成方法の一例を説明するための概略図である。

（１）まず、図３１（ａ）に示すように、光ファイバ３０２２、３０２２′を配置し、さらに、光照射手段３０２５と光フィルタ３０２９とを配置する。

具体的には、上述した第一の光導波路の形成方法と同様にして、光ファイバ３０２２、３０２２′のそれぞれの端部３０２２ａ、３０２２′ａが向き合うように、光ファイバ３０２２、３０２２′を配置し、光ファイバ３０２２側に、光反射手段である光フィルタ３０２９を設ける。光ファイバ３０２２には、その端部のうち、光ファイバ３０２２′と向き合っていない端部３０２２ｂ側に、受光素子３０２８を備えた光学部品３０２７が設けられている。

なお、第三群の本発明の第二の形成方法では、予め、光ファイバ３０２２側に、光反射手段である光フィルタ３０２９を設けておいてもよい。

上記光フィルタとしては、光照射手段を用いて照射する光を反射することが可能であれば、特に限定されるものではなく、ＬＷＰＦ（長波長域通過形フィルタ）、ＢＰＦ（帯域通過形フィルタ）、ＳＷＰＦ（短波長域通過形フィルタ）等を用いることができる。また、これらは、組み合わせて用いることも可能である。

このとき、伝送光を透過させることができない光フィルタを用いる場合、上記光フィルタを脱着自在に設けることが望ましい。光導波路の形成を終了した後、上記光フィルタを取り外すことができるからである。

一方、伝送光を透過させることができる光フィルタを用いる場合には、上記光フィルタを脱着自在に設けてもよく、固定して設けてもよい。上記光フィルタを設けた状態であっても、伝送光が反射されることがないので、光導波路の形成を終了した後、上記光フィルタを取り外す必要がないからである。

そのような光フィルタとしては、誘電体多層膜フィルタ等を挙げることができる。

上記誘電体多層膜フィルタは、特に限定されるものではなく、石英ガラス等の基板の上にシリカやチタニア等の薄膜を複数層にわたって構成したフィルタ等、市販されている誘電体多層膜フィルタを用いることができる。このような誘電体多層膜フィルタは、光配線の任意の位置にコアを分断するスリットを形成し、該スリットに差し込むこと等により設けることができる。

また、上記誘電体多層膜フィルタは、必ずしも、個別部品とする必要はなく、光配線の端部にシリカやチタニア等の薄膜を複数層にわたって蒸着させることにより、直接、光配線の端部に形成することも可能である。

このとき、上記誘電体多層膜フィルタは、他の光配線と向き合った端部に形成してもよく、他の光配線と向き合っていない端部に形成してもよい。

なお、光フィルタとして、ファイバグレーティングフィルタを用いることも可能である。上記ファイバグレーティングフィルタは、Ｇｅ等をドープした石英系の光配線にコヒーレントな紫外線を照射し、該光配線の長手方向に周期的な光屈折率変調を生じさせる方法等により形成することができる。

また、上述した光フィルタの反射率は２０％以上であることが望ましい。異なる光配線の向き合った端部の両方から効率よくコア部を形成することができるため、第三群の本発明の効果を充分に得ることができるからである。なお、上記光フィルタの反射率は、上記光照射手段を用いて照射した光の波長に対する値である。

また、上述した第三群の本発明の第一の形成方法と同様にして、光ファイバ３０２２′の端部のうち、光ファイバ３０２２と向き合っていない端部３０２２′ｂ側に、光照射手段３０２５を設ける。なお、光照射手段については、第三群の本発明の第一の形成方法と同様のものを用いることができる。

さらに、上述した第三群の本発明の第一の形成方法と同様にして、光ファイバ３０２２、３０２２′の向き合った一端を包囲するように感光性組成物３０２１を塗布する等により、光ファイバ３０２２、３０２２′の端部３０２２ａ、３０２２′ａをともに、感光性組成物３０２１中に浸漬する。上記感光性組成物としては、上述した第三群の本発明の第一の形成方法と同様のものを用いることができる。

上記（１）の工程を行うことにより、異なる光配線（光ファイバ３０２２、３０２２′）のそれぞれの一端が略向き合い、かつ、少なくとも向き合った一端がともに感光性組成物中に浸漬されるように、上記光配線を配置することができ、さらに、一の光配線側に、上記一の光配線の一端から他の光配線の一端へ向けて光を照射するための光照射手段を設けるとともに、上記他の光配線側に、上記光照射手段を用いて照射した光を反射するための光反射手段を設けることができる。

（２）次に、光照射手段３０２５を用いて光ファイバ３０２２′の端部３０２２ａから光を照射し、照射した光を、光反射手段である光フィルタ３０２９で反射させる（図３１（ｂ）参照）。その結果、光ファイバ３０２２、３０２２′の向き合ったそれぞれの端部３０２２ａ、３０２２′ａからコア部を形成することができる。

具体的には、光照射手段３０２５を用いて照射した光（照射光）３０２５ａは、光ファイバ３０２２′を介して、光ファイバ３０２２′の端部３０２２′ａから、光ファイバ３０２２の端部３０２２ａへ向けて照射される。これにより、端部３０２２′ａからコア部が形成されていく。また、照射光３０２５ａは、光ファイバ３０２２を介して、光ファイバ３０２２側に設けた光フィルタ３０２９へ照射され、光フィルタ３０２９によって反射する。光フィルタ３０２９によって反射した光（反射光）３０２５ｂは、光ファイバ３０２２の端部３０２２ａから照射される。これにより、端部３０２２ａからコア部が形成されていく。

第三群の本発明の第二の形成方法により、異なる光ファイバ間を接続するコア部を形成する様子については、図３０に示した第三群の本発明の第一の形成方法と同様であり、既に説明済であるので、ここでの説明は省略する。

また、第三群の本発明の第二の形成方法によれば、第三群の本発明の第一の形成方法と同様に、異なる光ファイバの光軸が完全に合致していない場合であっても、異なる光ファイバを接続するコア部を形成することができる。

第三群の本発明の光導波路の形成方法では、上述した第一の形成方法や、第二の形成方法等により、異なる光配線を接続するコア部と、未硬化のクラッド部とからなる光導波路を形成することができる。

しかしながら、未硬化のクラッド部は、通常液体であり、この状態では、コア

部が流動しやすく、光導波路として非常に不安定である。

従って、上記コア部を形成した後、上記未硬化のクラッド部に硬化処理を施すことにより、固体のクラッド部を形成することが望ましい。そこで、上記コア部を形成した後、未硬化のクラッド部に光を照射することにより、系全体を固体化することが可能である。しかしながら、上記感光性組成物として1種類の感光性組成物のみを含むものを使用する場合には、クラッド部の硬化により、コア部とクラッド部とがほぼ同一の光屈折率を有することとなり、コア部に光を閉じ込めることができなくなるため、光導波路として機能しなくなってしまう。

そのため、以下のような方法を用いて固体化したクラッド部を形成することにより、系全体が固体化した安定な光導波路とすることが望ましい。

上記クラッド部を形成する場合には、上記コア部を形成した後、その周囲の未硬化の感光性組成物を除去し、続いて、上記コア部を別の樹脂組成物（感光性組成物であってもよいし、感光性組成物でなくてもよい）に浸漬した後、この樹脂組成物に硬化処理を施すことにより安定なクラッド部を形成することができる。この方法は、コア部が流動しやすく、その形状が非常に不安定であるため、未硬化の感光性組成物を除去する際等に、コア部の取り扱いを極めて慎重に行わなければならない。

また、上述したように、未硬化の感光性組成物を除去する際等には、光配線同士を引っ張りながら、該光配線に接続されたコア部を未硬化の感光性組成物から持ち上げること等により、コア部を引っ張りながら、その周囲の未硬化の感光性組成物を除去することが望ましい。コア部の形状を安定化させた状態で、その周囲の未硬化の感光性組成物を除去することができるからである。その後、コア部を引っ張った状態を保持したまま、上記コア部を別の樹脂組成物に浸漬し、この樹脂組成物に硬化処理を施すことにより、安定化した形状のコア部と、安定なクラッド部とからなる光導波路を形成することができる。

また、上記した方法以外に、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法で説明した方法と同様の方法、すなわち、感光性組成物として、予め、コア形成用樹脂とクラッド形成用樹脂とを混合しておいた感光性組成物を用いて、コア部とクラッド部とを形成する方法を用いることもできる。

ここで、上記コア形成用樹脂および上記クラッド形成用樹脂を含む感光性組成物としては、第一群の本発明の第二の発明で用いたものと同様の感光性組成物を用いることができる。

この第三群の本発明では、反射手段を用いた双方向照射で、感光性組成物中に光を照射する際に、コア形成用樹脂の重合は可能であるが、クラッド形成用樹脂の重合は実質的にほとんど不可能な強度の光を照射することにより、第一群の本発明の第二の発明の場合と同様、コア形成用樹脂のみが優先的に硬化し、その光の経路に応じたコア部が形成されるとともに、その周囲を未硬化の感光性組成物が包囲した状態となる。

この後、クラッド形成用樹脂を硬化することにより、コア部の周囲に安定なクラッドを形成することができる。なお、第三群の本発明の光導波路の形成方法においても、第一群の本発明の第二の発明と同様、クラッド形成用樹脂を硬化する際に、未硬化のコア形成用樹脂が硬化することもある。

このような形成方法を用いることにより、光配線との接続性に優れるとともに、系全体が固体化して安定性に優れる光導波路を形成することができる。

また、上述した方法によりクラッド部を形成する場合、コア部をその両端から引っ張りながら、または、コア部の両端を引っ張った状態を維持しながらクラッド部を形成することが望ましい。

上述したように、異なる光配線を接続するコア部と、未硬化のクラッド部とからなる光導波路を形成した場合、コア部が流動しやすく、その形状は非常に不安定である。しかしながら、コア部をその両端から引っ張ることにより、その形状を安定化させることができる。従って、コア部の形状を安定化させた状態で、クラッド部を形成することにより、より形状が安定化した光導波路を形成することができる。

ここでは、感光性組成物中に異なる光配線の一端を浸漬して光導波路を形成する方法について説明したが、このとき、一の光配線に代えて、発光素子等の光素子を使用し、その発光面（発光部）を感光性組成物中に浸漬したり、該発光面に感光性組成物を塗り付けたりすることにより、光学部品の発光面に直接取り付けられたコア部を形成することができる。この場合、発光素子は、上述したように、

感光性組成物を硬化させることができる光を照射するものである必要がある。

また、一の光配線に代えて、受光素子等の光素子を使用し、その受光面（受光部）を感光性組成物中に浸漬したり、該受光面に感光性組成物を塗り付けたりすることにより、光学部品の受光面に直接取り付けられたコア部を形成することができる。

この場合、受光素子は、その受光面が光照射手段から照射した光を反射することができるものである必要がある。このとき、上記受光面は、光反射手段として機能していることになる。また、受光面に光フィルタを蒸着させることにより、光配線と受光素子を接続するコア部を形成することもできる。

さらに、異なる光配線に代えて、感光性組成物を硬化させることができる光を照射する発光素子と、その受光面が光反射手段として機能する受光素子とを使用することにより、一の光学部品の発光面と他の光学部品の受光面とを接続するコア部を形成することも可能である。

このように、コア部が直接取り付けられた光配線や光学部品では、光導波路（コア部）と光配線等との間で位置合わせが不要である。

次に第四群の本発明の第一の発明の光導波路について説明する。

第四群の本発明の第一の発明の光導波路は、コア部とクラッド部とからなり、その両端のそれぞれが光配線または光学部品と接続された光導波路であって、少なくとも上記コア部は、その両端が引っ張られていることを特徴とする。

第四群の本発明の第一の発明のコア部とクラッド部とからなる光導波路では、コア部の両端が引っ張られているため、該コア部の形状が安定化しており、光導波路内における光損失を低減させることができる。

また、互いに押し付ける力が加わることがないため、該光導波路の端面や、該光導波路の両端に接続された光配線等の端面に傷や変形等が発生せず、伝送光の乱反射や、外部への放射等に起因した接続損失が発生しにくい。

従って、第四群の本発明の第一の発明の光導波路によれば、異なる光配線等同士の低接続損失を達成することができる。

ここで、「その両端が引っ張られている」とは、光導波路における伝送光の進行方向と略同じ方向または略逆の方向（以下、この２方向を合わせて、伝送光の

進行方向と略平行な方向という）、少なくともコア部の両端が引っ張られることにより、少なくとも上記コア部に引張応力が生じている状態をいう。上記引張応力は、その両端に接続された光配線等が引っ張られること等に起因して、少なくともコア部に生じる力である。

従って、重力等により、伝送光の進行方向と略平行な方向にコア部が引っ張られていることも、本発明における「その両端が引っ張られている」ことに該当する。一方、重力等により、伝送光の進行方向と略平行な方向以外の方向、例えば、伝送光の進行方向と略垂直な方向にコア部の両端が引っ張られていることは、本発明における「その両端が引っ張られている」ことには該当しない。

また、第四群の本発明の第一の発明の光導波路には、少なくともコア部の一端が固定され、他端のみが引っ張られているものも含むこととする。このように他端のみが引っ張られている場合も、コア部に生じている引張応力は、その両端が引っ張られているコア部と同様の状態にあり、異なる光配線等同士の低接続損失を達成することができるからである。

上記光学部品としては、ＰＤ（フォトダイオード）、ＡＰＤ（アバランシェフォトダイオード）等の受光素子や、ＬＤ（半導体レーザ）、ＤＦＢ－ＬＤ（分布帰還型－半導体レーザ）、ＬＥＤ（発光ダイオード）等の発光素子等の光素子や、レンズ、ミラー、プリズム、フィルタ等の光部品等が挙げられる。

上記光配線としては、第一群の本発明の第一の発明の光配線接続体を構成する光配線と同様のもの等が挙げられる。なお、第四群の本発明で用いる光配線は、その端末に平坦化処理が施されてもよいし、特に端面処理が施されていなくてもよい。

次に、第四群の本発明の第一の発明の光導波路の構成について説明する。

第四群の本発明の第一の発明の光導波路の長さは、特に限定されるものではないが、その材質等を考慮して設定されることが望ましい。具体的には、通常、５０～５０００μｍ程度であり、１００～３０００μｍ程度であることが望ましい。

上述した範囲内であれば、コア部の両端が引っ張られることにより形状が安定化するという第四群の本発明の第一の発明の効果を充分に得ることができるからである。

上記光導波路の長さが、５０μｍ未満であると、光導波路が短すぎて、その形状が不安定になるおそれが殆どないため、コア部の両端が引っ張られることにより形状が安定化するという第四群の本発明の効果を充分に得ることができないおそれがある。一方、５０００μｍを超えると、光導波路が長すぎて、コア部の両端が引っ張られていても、その形状が安定化しにくくなるため、コア部の両端が引っ張られることにより形状が安定化するという第四群の本発明の効果を充分に得ることが困難になるおそれがある。

第四群の本発明の第一の発明の光導波路において、コア部の断面視形状は、特に限定されるものではなく、略真円の形状等を挙げることができる。なお、ここでいう断面視形状とは、上記コア部における伝送光の進行方向に垂直な該コア部の切断面の形状をいう。

第四群の本発明の第一の発明の光導波路において、コア部の断面の大きさは、特に限定されるものではないが、上記光導波路の端部が、光配線と接続されている場合、上記端部におけるコア部の断面の大きさは、上記光配線のコアの断面の大きさと略同じであることが望ましい。より確実に低接続損失を達成することができるからである。

また、上記光導波路の端部が光素子や光部品等の光学部品と接続されている場合、接続された光学部品が発光素子であれば、上記端部におけるコア部の断面の大きさは、上記発光素子の発光面（発光部）の大きさと略同じであるか、または、上記発光面（発光部）の大きさより大きいことが望ましい。より確実に低接続損失を達成することができるからである。

一方、接続された光学部品が受光素子であれば、上記端部におけるコア部の断面の大きさは、上記受光素子の受光面（受光部）の大きさと略同じであるか、または、上記受光面（受光部）の大きさより小さいことが望ましい。より確実に低接続損失を達成することができるからである。

なお、上記コア部の断面の大きさは、必ずしも一定である必要はない。従って、上記コア部の形状は、特に限定されるものではなく、部分的に太くなっている形状であってもよく、一端から他端に向けて徐々に太くなる形状であってもよい。

ただし、第四群の本発明の第一の発明のコア部の形状は、その一端に接続され

た光配線または光学部品より入射する伝送光の進行方向と、光導波路における伝送光の進行方向と、他端に接続された光配線または光学部品へ出射する伝送光の進行方向とが同じになる形状であることが望ましく、具体的には、円柱形状のコアを有する光配線同士を接続する光導波路であれば、そのコア部の形状は円柱形状であることが望ましい。光導波路内における光損失を低減させることができるからである。

次に、第四群の本発明の第一の発明の光導波路の材質等について説明する。

第四群の本発明の第一の発明の光導波路の材質は特に限定されないが、有機材料からなるものが望ましく、特にコア部は有機材料からなるものが望ましい。上記コア部が有機材料からなる場合、その両端が引っ張られることにより、その形状が安定化しやすく、第四群の本発明の第一の発明の効果を充分に得ることができるからである。

上記有機材料の具体例としては、ＰＭＭＡ（ポリメチルメタクリレート）、重水素化ＰＭＭＡ、重水素フッ素化ＰＭＭＡ、フッ素化ＰＭＭＡ等の樹脂成分に、必要に応じて、単量体、光重合開始剤、増感剤、溶剤等が配合された感光性を有する樹脂組成物；エポキシ樹脂、フッ素化エポキシ樹脂、ポリオレフィン系樹脂、重水素化シリコーン樹脂等のシリコーン樹脂、ベンゾシクロブテンからなる樹脂等の樹脂成分に、必要に応じて、各種添加剤が配合された樹脂組成物等が挙げられる。

なお、本明細書においては、以下、樹脂組成物のうち、特に感光性を有する樹脂組成物を特に感光性組成物ともいうこととする。

上記樹脂組成物としては、感光性組成物が望ましく、特に、上記コア部の材質は感光性組成物が望ましい。このような感光性組成物を用いることが、第四群の本発明の第一の発明の光導波路を形成するのに適しており、特にコア部を形成するのに適しているからである。従って、上記有機材料としては、第一群の本発明の第二の発明で用いる感光性組成物と同様のもの等を用いることができる。

また、上記コア部には、さらに粒子が含まれていてもよい。このような粒子を含む光導波路は、光学部品や光配線に直接取り付けた際に、この光学部品との間で熱膨張係数の整合をはかることができる。

上記粒子の具体例としては、第二群の本発明の光導波路の形成方法で用いる感光性組成物に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。

また、上記粒子の形状や粒径もまた第二群の本発明の光導波路の形成方法で用いる感光性組成物に含まれる粒子と同様である。

上記コア部に粒子が含まれる場合、その配合量は、硬化後の配合量で１０～８０重量%であることが望ましく、２０～７０重量%であることがより望ましい。粒子の配合量が１０重量%未満であると、粒子を配合させる効果があまり得られないことがあり、一方、粒子の配合量が８０重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

第四群の本発明の第一の発明の光導波路において、クラッド部は、コア部内を導波する光を該コア部内に閉じ込める手段として機能するものであれば、特に限定されるものではない。上記クラッド部は、樹脂組成物から形成されていてもよく、また、コア部の周囲に空気等の気体が存在する場合には、該気体がクラッド部として機能することになる。

ただし、第四群の本発明の第一の発明の光導波路において、上記クラッド部は、上記樹脂組成物からなることが望ましい。

上述したように、上記コア部の周囲が空気であっても、通常、上記した材質からなるコア部は、その光屈折率が、空気よりも大きいため光導波路としての役割を果たすことができるが、上記コア部の周囲にクラッド部を形成することにより、より確実に光信号を伝送することができるからである。

なお、第四群の本発明において、樹脂組成物とは、樹脂成分に、必要に応じて各種添加剤配合されたものをいい、勿論、上記感光性組成物も樹脂組成物に含むこととする。

また、上記コア部の材料が感光性組成物であって、該感光性組成物が硬化後に、光屈折率が硬化前よりも大きくなるものである場合には、上記感光性組成物の一部を硬化させて、コア部を形成した際に、該コア部の周囲に残る未硬化の感光性組成物がクラッド部としての役割を果たすことができるものの、この場合、クラッドは流動性を有しており、光導波路の信頼性という点であまり望ましくない。従って、クラッド部は硬化することにより安定化しているほうが望ましい。

上記クラッド部の材質としては、その光屈折率が、上記コア部の光屈折率よりも小さいものであれば特に限定されず、具体的には、上記コア部の材質と同様のもの等が挙げられる。

また、上記クラッド部の形状としては特に限定されるものではなく、上記クラッド部の外観としては、円柱状や角柱状等を挙げることができる。

また、上記クラッド部にも上記した粒子が含まれていてもよい。

第四群の本発明の第一の発明の光導波路において、少なくともコア部の両端が引っ張られている力の大きさは、上述した光導波路の太さ、長さ、材質等に応じて、上記光導波路が破断したり、該光導波路とその両端に接続された光配線等とが外れたりしてしまうおそれのない範囲内で設定されることが望ましい。また、少なくともコア部の両端が引っ張られている力の大きさは、常に一定である必要はない。

また、第四群の本発明の第一の発明の光導波路は、少なくともコア部の両端が引っ張られている状態を維持するための手段を備え、該手段は上記光導波路と一体的に構成されていることが望ましい。その両端が引っ張られた状態で、容易に光導波路を移動させることができるからである。

ただし、第四群の本発明の第一の発明の光導波路は、必ずしも、上述したような手段を備えていなくてもよい。光導波路に接続された光配線等が、光学微動台（例えば、Xステージ等）等の装置に設置され、該装置により光配線が引っ張られることにより、コア部の両端が引っ張られている場合、上記光導波路は、上述したような手段を備えていないが、コア部の両端が引っ張られているので、第四群の本発明の第一の発明の光導波路である。なお、この場合、光配線は光学微動台に直接載置されていてもよいし、光ファイバ固定台等の光配線を固定する部材を介して載置されていてもよい。

次に、第四群の本発明の第一の発明の光導波路について、図面を用いて説明する。

図３２（ａ）～（ｃ）は、それぞれ第四群の本発明の第一の発明の光導波路の一例を模式的に示す断面図である。

なお、図３２において、白抜きの矢印は、引っ張る力がかかっている方向を示

している。

（ａ）に示す光導波路４１００は、コア部４１０４と、空気のクラッド部（図示せず）とからなり、その一端が光配線４１０２のコア４１０３と接続され、残りの一端が光配線４１１２のコア４１１３と接続されている。光配線４１０２、４１１２は、それぞれが異なる光学微動台等の装置（図示せず）に載置され、該装置によって引っ張られており、該装置によって光配線４１０２、４１１２がそれぞれ矢印に示す方向に引っ張られているため、光導波路４１００のコア部４１０４は、その両端が引っ張られている。

（ｂ）に示す光導波路４１１０は、（ａ）に示す光導波路４１００のコア部４１０４の周囲に樹脂組成物からなるクラッド部４１０５が形成された光導波路である。

また、光配線４１０２、４１１２は、上記光学微動台等の装置により引っ張られている力が取り除かれているが、光導波路４１１０のコア部４１０４は、その両端が引っ張られている状態を維持している。従って、クラッド部４１０５は、その両端が引っ張られている状態を維持するための手段としても機能していることになる。

（ｃ）に示す光導波路４１２０は、（ａ）に示す光導波路４１００の両端に接続された光配線４１０２、４１１２を一体的に覆う被覆層４１０６が形成された光導波路である。

また、光配線４１０２、４１１２は、上記光学微動台等の装置により引っ張られている力が取り除かれているが、光導波路４１２０のコア部４１０４は、その両端が引っ張られている状態を維持している。従って、被覆層４１０６は、その両端が引っ張られている状態を維持するための手段として機能していることになる。

また、第四群の本発明の第一の発明の光導波路は、コア部の両端が引っ張られる力を調節することができるようにすることにより、Ｏｎ／Ｏｆｆスイッチとして機能させることができる。すなわち、コア部の両端が引っ張られる力を強めて該コア部の形状を安定化させ、伝送光の光損失を低減させることにより、伝送光の通過を可能にして、スイッチを「Ｏｎ」とし、また、上記コア部の両端が引っ

張られる力を弱めて該コア部の形状を不安定化させ、伝送光の光損失を増大させることにより、伝送光の通過を困難にし、スイッチを「Ｏｆｆ」とすることができるのである。

さらに、第四群の本発明の第一の発明の光導波路は、コア部の両端が引っ張られる力を精度よく調節することができるようにすることにより、光アッテネータ（光減衰器）として機能させることもできる。

すなわち、コア部の両端が引っ張られる力を調節し該コア部の形状を変化させ、伝送光の光損失を調節することにより、上記光導波路を通過する伝送光の強度を調整することもできるのである。

このような第四群の本発明の第一の発明の光導波路は、例えば、後述する第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法により形成することができる。

次に、第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法について説明する。

第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法は、異なる光配線のそれぞれの一端が略向き合い、かつ、少なくとも向き合った一端がともに感光性組成物中に浸漬されるように、上記光配線を配置した後、上記光配線の少なくとも一方から他方の光配線に光を照射することにより、上記光配線同士を接続するコア部を形成し、さらに、上記コア部の両端を引っ張ることを特徴とする。

第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、コア部を、その両端のそれぞれが光配線と接続された状態で形成することができ、さらに、上記コア部の両端を引っ張るため、従来技術のように、光配線同士を接続する際に押し付けて固定する必要がなく、また、コア部と光配線とが押し付けられることもない。その結果、接続時に、光配線等の端面に傷や変形等を発生させることなく光導波路を形成することができる。また、コア部の両端を引っ張るため、コア部が流動することがなく、その形状が安定化した光導波路を得ることができる。

従って、第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法により得られた光導波路によれば、該光導波路に接続された光配線間の低接続損失を達成することができる。

なお、第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、異なる光配線のそれぞれの一端が略向き合い、かつ、少なくとも向き合った一端がともに感光

性組成物中に浸漬されるように、上記光配線を配置するのであるが、光配線に代えて、光素子や光部品等の光学部品を用いることも可能である。

従って、発光素子の発光面（発光部）と、受光素子の受光面（受光部）とが略向き合い、かつ、少なくとも向き合った発光面および受光面がともに感光性組成物中に浸漬されるように、上記発光素子および受光素子を配置してもよい。また、光配線と光学部品とを向き合うように配置し、これらを接続する光導波路を形成してもよい。

また、「異なる光配線のそれぞれの一端が略向き合い」とは、必ずしも、異なる光配線の光軸が合致するように配置されていなくてもよく、光配線の少なくとも一方から他方の光配線に光を照射することにより、上記光配線同士を接続するコア部を形成することができる範囲内であれば、異なる光配線の光軸がズレていてもよいことを意味する。

ここでは、まず、異なる光配線の光軸が合致するように上記光配線を配置する場合について説明することとし、異なる光配線の光軸がズレている場合については、後述することとする。

以下、第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法について、図面を参照しながら説明する。ここでは、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法を説明する際に参照した図２０を参照しながら説明する。

第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、まず、異なる光配線のそれぞれの一端が向き合い、かつ、少なくとも向き合った一端がともに感光性組成物中に浸漬されるように、上記光配線を配置する。

具体的には、まず、光ファイバ１０１２、１０１２′を、それぞれの一端が向き合うように配置し、この光ファイバ１０１２、１０１２′の端部間を包囲するように感光性組成物１０１１を塗布する等により、光ファイバ１０１２、１０１２′の端部をともに、感光性組成物１０１１中に浸漬する（図２０（ａ）参照）。

次に、感光性組成物１０１１を硬化させるための光を、一方の光ファイバ１０１２から、向き合うように配置された光ファイバ１０１２′に向けて照射する（図２０（ｂ）参照）。

このように、一方の光ファイバ１０１２から他方の光ファイバ１０１２′に向

かって光を照射することにより、感光性組成物１０１１が、光の経路に応じて、光ファイバ１０１２側から除々に硬化し、光ファイバ１０１２と光ファイバ１０１２′とを接続する光導波路のコア部が形成されることとなる（図２０（ｃ）～（ｄ）参照）。

なお、本明細書においては、光を照射することにより成長させる硬化物には、半硬化物も含むこととする。従って、光を照射することにより感光性組成物を硬化させることには、感光性組成物を半硬化させることも含むものとする。

上述した２本の光ファイバ間を接続する光導波路の形成方法では、１本の光ファイバのみを介して光を照射しているが、この方法に代えて、２本の光ファイバのそれぞれから他方の光ファイバに向かって光を照射してもよい。この場合、２本の光ファイバを介して同時に光を照射してもよいし、それぞれの光ファイバから交互に光を照射してもよい。

また、第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法において、感光性組成物を硬化させる際に照射する光としては特に限定されず、感光性組成物の組成を考慮して適宜選択すればよく、上記感光性組成物が紫外線領域にて感光性を有する組成物であれば、紫外線領域の波長の光を照射すればよい。また、紫外線領域の波長の光を照射する光源としては、高圧水銀ランプ等を用いることができる。また、メタルハライドランプやキセノンランプ、レーザ等も使用することができる。

このように、第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、照射した光の経路に応じて、光配線側から除々にコア部が形成されていくこととなる。

従って、第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法で用いる感光性組成物は、硬化後に、その光屈折率が硬化前よりも高くなるものであることが望ましい。硬化後に光屈折率が高くなることにより、光配線を介して照射した光が形成されたコア部に閉じ込められつつ、先端から集中的に照射されることとなり、光の経路に応じた光導波路をより確実に形成することができるからである。

第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、光配線の一端部を感光性組成物に浸漬した状態でコア部の形成を行うため、この感光性組成物の硬化後の光屈折率の下限は、上記光配線のコアの光屈折率の９０％であることが望ま

しく、その上限は１１０％であることが望ましい。

上記範囲の光屈折率を有するコア部を形成することができる感光性組成物を用いると、該光配線との接続性に優れたコア部をより形成することができるからである。

上記感光性組成物の硬化後の光屈折率の下限は、上記光配線のコアの光屈折率の９５％であることがより望ましく、９８％であることがさらに望ましい。一方、その上限は、上記光配線のコアの光屈折率の１０５％であることがより望ましく、１０２％であることがさらに望ましい。

従って、例えば、上記光配線のコアの材料が純粋石英ガラスであり、その光屈折率n_Dが約１．４６である場合には、上記感光性組成物としては、硬化後の光屈折率n_Dが、約１．３１～約１．６１であるものを用いることが望ましい。

また、光配線や光導波路に用いる樹脂等の光屈折率は、その波長に依存して変化するが、その比（光導波路のコア部の光屈折率／光配線のコアの光屈折率）は、例えば、紫外線領域～近赤外線領域において殆ど変わらない。

また、硬化前のコア部の光屈折率、すなわち、上記感光性組成物等自体の光屈折率もまた、その下限は、上記光配線のコアの光屈折率の９０％であることが望ましく、９５％がより望ましく、９８％がさらに望ましい。一方、その上限は、１１０％であることが望ましく、１０５％がより望ましく、１０２％がさらに望ましい。

このように第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、硬化後に上記した範囲の光屈折率を有する感光性組成物を選択して使用することが望ましいが、上記した範囲外の光屈折率となる感光性組成物であっても、その光屈折率を調整して使用することができる。また、ここで、感光性組成物の光屈折率を調整する場合、硬化前後のコア部の光屈折率が上記範囲になるように調整することが望ましい。

上記感光性組成物の光屈折率を調整する方法としては、第一群の本発明の第二の発明で説明した方法と同様の方法、すなわち、分子屈折や分子容を調整する方法を用いることができる。

なお、上記「光配線のコアの光屈折率」の定義は、第二群の本発明と同様であ

る。

このような工程を経ることにより、第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、光の経路に応じて硬化したコア部と、未硬化のクラッド部とからなる光導波路を形成することができる。

しかしながら、未硬化のクラッド部は、通常液体であり、この状態では、コア部が流動しやすく、光導波路として非常に不安定である。

従って、第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、上記コア部を形成した後、上記コア部の両端を引っ張り、その形状を安定化させる。

上記コア部の両端を引っ張る方法としては、異なる光配線をそれぞれ別の光学微動台等の装置に載置し、その状態で、異なる光配線を接続するコア部を形成した後、該装置により異なる光配線を引っ張る方法を挙げることができる。なお、光学微動台等の装置は、必ずしも、２台用いる必要はなく、１台用いることとしてもよい。その場合、一の光配線を該一の光配線を固定するための台に載置・固定し、他の光配線を光学微動台等の装置に載置して、該装置により該他の光配線を引っ張ればよい。また、上記コア部の両端を引っ張る方法として、該コア部を引っ張る力に重力を用いる方法を採ることも可能である。すなわち、異なる光配線を接続するコア部を形成した後、一の光配線を持ち上げ、該コア部を鉛直方向にぶら下げることにより、該コア部の両端を引っ張ることも可能である。

なお、このように一の光配線を固定し、他の光配線のみを引っ張る場合や、一の光配線を持ち上げ、コア部を鉛直方向にぶら下げる場合にも、上記コア部は、その両端が引っ張られていることとなる。

上記コア部を引っ張る力の大きさは、上述した光導波路の太さ、長さ、材質等を考慮して設定することが望ましいが、具体的には、該コア部の長さが５～５０％程度延びる力であることが望ましい。なお、この力は常に一定である必要はない。

第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、上述した方法でコア部を引っ張った後、または、引っ張っている際、該コア部の周囲に安定なクラッド部を形成することが望ましい。

コア部の両端を引っ張った後、または、引っ張っている際、コア部の周囲に安

定なクラッド部を形成することにより、コア部の両端が引っ張られた状態が維持された光導波路を形成することができるからである。

従って、得られた光導波路は、該光導波路の両端に接続された光配線を引っ張る力を取り除いた後でも、コア部の両端が引っ張られた状態を維持することができる。また、安定なクラッド部を形成することにより、より確実に光信号を伝送することができる光導波路となる。

なお、「引っ張っている際」とは、引っ張ることによりコア部の少なくとも一の端部に変位が生じている状態をいう。また、「引っ張った後」とは、引っ張る力を取り除いた状態をいうのではなく、コア部の両端を引っ張っている状態であり、かつ、コア部の端部に生じていた変位が停止した状態をいう。従って、「引っ張っている際」であっても、「引っ張った後」であっても、コア部には引張応力が生じていることになる。

上記クラッド部を形成する場合には、上記コア部を形成した後、その周囲の未硬化の感光性組成物を除去し、続いて、上記コア部を別の樹脂組成物（感光性組成物であってもよいし、感光性組成物でなくてもよい）に浸漬した後、この樹脂組成物に硬化処理を施すことにより安定なクラッド部を形成することができる。

この方法は、未硬化の感光性組成物を除去する際等に、コア部の取り扱いを極めて慎重に行わなければならず、あまり実用的ではなかった。

しかしながら、第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法によれば、光配線同士を引っ張りながら、該光配線に接続されたコア部を未硬化の感光性組成物から持ち上げること等により、コア部を引っ張りながら、該コア部の形状を安定化させた状態で、その周囲の未硬化の感光性組成物を除去することができる。その後、コア部を引っ張った状態を保持したまま、上記コア部を別の樹脂組成物に浸漬し、この樹脂組成物に硬化処理を施すことにより、安定化した形状のコア部と、安定なクラッド部とからなる光導波路を形成することができる。

なお、コア部の周囲の未硬化の感光性組成物を除去する際には、特に、引っ張る等の処理を施さず、上記コア部を別の樹脂組成物に浸漬した後、該樹脂組成物に硬化処理を施す前にのみコア部を引っ張る処理を行ってもよい。

また、上記した方法以外に、第一群の本発明の第二の光導波路の形成方法で説

明した方法と同様の方法、すなわち、感光性組成物として、予め、コア形成用樹脂とクラッド形成用樹脂とを混合しておいた感光性組成物を用いて、コア部とクラッド部とを形成する方法も用いることができる。

ここで、上記コア形成用樹脂および樹脂クラッド形成用樹脂を含む感光性組成物としては、第一群の本発明の第二の発明で用いたものと同様の感光性組成物を用いることができる。

この第四群の本発明の第二の発明では、まず、感光性組成物中に、コア形成用樹脂の重合は可能であるが、クラッド形成用樹脂の重合は実質的にほとんど不可能な強度の光を照射することにより、第一群の本発明の第二の発明の場合と同様、コア形成用樹脂のみが優先的に硬化し、その光の経路に応じたコア部が形成されるとともに、その周囲を未硬化の感光性組成物が包囲した状態となる。

次に、上述した方法で、コア部を引っ張った後、または、引っ張っている際に、クラッド形成用樹脂を硬化することにより、コア部の周囲に安定なクラッド部を形成することができる。なお、このような方法を用いてクラッド形成用樹脂を硬化する際には、第一群の本発明の第二の発明と同様、クラッド形成用樹脂を硬化する際に、未硬化のコア形成用樹脂が硬化することもある。

このような形成方法を用いることにより、光配線との接続性に優れるとともに、系全体が固体化して安定性に優れる光導波路を形成することができる。

ここでは、感光性組成物中に光配線の一端を浸漬して光導波路を形成する方法について説明したが、このとき、光配線に代えて、発光素子等の光素子を使用し、その発光面（発光部）を感光性組成物中に浸漬したり、該発光面に感光性組成物を塗り付けたりすることにより、光学部品の発光面に直接取り付けられたコア部を形成することができる。

このように、コア部が直接取り付けられた光配線や光学部品では、光導波路（コア部）と光配線等との間で位置合わせが不要である。

次に、異なる光配線の光軸が完全に合致していない場合の光導波路の形成方法について説明する。ここでは、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法を説明する際に参照した図２１を参照しながら説明する。

２本の光ファイバから他方の光ファイバに向かって、同時に光を照射すること

により、２本の光ファイバの光軸がズレていたとしても、２本の光ファイバ間を接続するコア部を形成することができる。

すなわち、まず、光学的に接続する２本の光ファイバ１０２２、１０２２′の一端を感光性組成物１０２１に浸漬するとともに、その一端同士がほぼ対向するように光ファイバを配置する。なお、光ファイバ同士の光軸はズレている（図２１（ａ）参照）。

次に、２本の光ファイバ１０２２、１０２２′のそれぞれから感光性組成物１０２１を硬化させるための光を相手側の光ファイバ１０２２′、１０２２に向けて照射する（図２１（ｂ）参照）。この場合、光ファイバ１０２２、１０２２′から出射される互いの出射光Ｘ、Ｙが重なり合う部分Ｚにおいて光の強度が高くなる。そこで、その重畳部分Ｚの光の強度をコア形成用樹脂のみが重合可能な強度となるように設定すれば、互いの出射光が重なり合う部分Ｚにコア部１０２４が形成されることになる（図２１（ｃ）参照）。

この方法では、一対の光ファイバ１０２２、１０２２′の光軸がズレていたとしても、両光ファイバ１０２２、１０２２′の端部同士を結ぶ光の経路にコア部２４が形成され、高い確率で両者を光学的に結合させることできる。

また、第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、上述したように光導波路を形成した場合、その後、光ファイバ１０２２、１０２２′の光軸を合致させるようにコア部１０２４を引っ張ってもよく、光ファイバ１０２２、１０２２′の光軸がズレたままコア部１０２４を引っ張ってもよい。

なお、ここでは、感光性組成物を用いて光導波路を形成する方法について説明したが、第四群の本発明の第二の発明の光導波路が感光性組成物以外の樹脂組成物からなる場合には、以下のような方法により光導波路を形成することができる。

すなわち、異なる光配線をそれぞれの一端が向き合うように配置し、それぞれの一端の間に、熱硬化性樹脂等を含む樹脂組成物が充填された筒状のコア部形成用部材を配置して、所定の温度で加熱することにより、異なる光配線間を接続するコア部を形成し、その後、上記コア部を残してコア部形成用部材を取り除き、コア部をその両端から引っ張ることにより、第四群の本発明の第一の発明の光導波路を形成することができる。

次に、第五群の本発明の第一の発明の光導波路について説明する。

第五群の本発明の第一の発明の光導波路は、光配線と独立して形成された光導波路であって、コア部の形状が、その一端に向かって徐々に細くなる形状であることを特徴とする。

以下、第五群の本発明の第一の発明の光導波路においては、上記コア部の細くなった一端を、頂部ともいうこととし、他の一端を、底部ともいうこととする。

第五群の本発明の第一の発明の光導波路は、コア部の形状がその一端に向かって徐々に細くなる形状であるため、底部から入射した光を集束させることができ、集束させた光を頂部から効率よく出射させることができる。

ここで、「コア部の形状がその一端に向かって徐々に細くなる形状」とは、頂部が底部よりも小さくなっている形状であれば特に限定されず、四角柱の平行する一組の面のみが、略同一の傾斜を有するように削られたような形状であってよい。また、略円錐状、略角錐状、氷柱状等、頂部が底部よりも小さくなっており、かつ、頂部と底部とが略相似形を有するような形状や、頂部が底部よりも小さくなっており、かつ、頂部と底部とが非相似形（例えば、頂部が円形で、底部が多角形等）を有するような形状が望ましい。より確実に底部から入射した光を集束させることができるからである。

また、コア部の形状が、頂部が底部よりも小さくなっており、かつ、頂部と底部とが非相似形を有するような形状である場合には、断面が円形の光ファイバのコアと、断面が四角形の光配線のコア（例えば、石英やポリマーからなる平面導波路のコア）とを光導波路を介して接続する場合や、断面が円形の光ファイバのコアと、四角形をしたレーザダイオードの出射口とを光導波路を介して接続する場合等に有用である。

従来は、このような断面形状の異なる光配線や光学部品同士を接続する場合には、断面形状が異なることに起因して、光接続損失が生じるおそれがあったが、上述したように、頂部と底部とが非相似形を有するような形状の光導波路を使用する場合には、その断面形状を除々に変化させることにより、互いに接続する光配線や光学部品同士の断面形状の違いに起因した光接続損失の発生を抑制することができ、さらには、底部から入射した光をより確実に頂部に向かって集束させ

ることができる。

また、「光配線と独立して形成されている」とは、光配線の延長として同じ材料により一体的に形成されているのではなく、異なる材料により異なる時期に形成されていることを意味し、両者が接着された状態で形成されているか否かは問題としない。従って、この光導波路は、後述するように、独立した部品として取り扱うこともできる。ただし、光配線の先端に光導波路を形成した際には、これらがお互いに接着された状態となっており、そのまま使用することが望ましい。位置合わせを行うことなく、光信号を確実に受信することができるからである。

第五群の本発明の第一の発明の光導波路では、光学部品同士や光配線同士、また、光学部品と光配線とを光学的に接続する際に、これらの間に第五群の本発明の第一の発明の光導波路を、その底部から頂部に向かって光信号が伝送されるように介在させることにより、コリメートレンズや集光レンズ等の高価なレンズを用いることなく、光信号を確実に伝送することができる。

また、上記コア部の底部を、光信号を出射する側の光学部品や光配線に直接取り付けることにより、該コア部を介して、光信号を確実に、かつ、効率よく伝送することができる。

なお、上記光学部品としては、ＰＤ（フォトダイオード）、ＡＰＤ（アバランシェフォトダイオード）等の受光素子や、ＬＤ（半導体レーザ）、ＤＦＢ－ＬＤ（分布帰還型－半導体レーザ）、ＬＥＤ（発光ダイオード）等の発光素子や、レンズ、ミラー、プリズム、フィルタ等の光部品等の光素子等が挙げられる。

上記光配線としては、第一群の本発明の第一の発明の光配線接続体を構成する光配線と同様のもの等が挙げられる。なお、第五群の本発明で用いる光配線は、その端末に平坦化処理が施されてもよいし、特に端面処理が施されていなくてもよい。

第五群の本発明の第一の発明の光導波路は、コア部の形状が、その一端に向かって徐々に細くなる形状を有していればよく、その材質は特に限定されない。

従って、上記コア部は、無機材料からなるものであってもよいし、有機材料からなるものであってもよい。

これらのなかでは、加工性に優れるとともに、低コストであるという点で有機

材料からなるものが望ましい。

上記無機材料の具体例としては、$LiNbO_3$（ニオブ酸リチウム）、ＹＩＧ（イットリウム鉄ガーネット）等の絶縁体結晶；ＧａＡｓ（ガリウム砒素）、ＩｎＰ（インジウムリン）等の半導体化合物；石英ガラスや$SiO_2-B_2O_3-Na_2O$等の多成分系ガラス等が挙げられる。

上記有機材料の具体例としては、ＰＭＭＡ（ポリメチルメタクリレート）、重水素化ＰＭＭＡ、重水素フッ素化ＰＭＭＡ、フッ素化ＰＭＭＡ等の樹脂成分に、必要に応じて、単量体、光重合開始剤、増感剤、溶剤等が配合された感光性組成物；エポキシ樹脂、フッ素化エポキシ樹脂、ポリオレフィン系樹脂、重水素化シリコーン樹脂等のシリコーン樹脂、ベンゾシクロブテンからなる樹脂等の樹脂成分に、必要に応じて、各種添加剤が配合された樹脂組成物等が挙げられる。

これらのなかでは、感光性組成物が望ましい。このような感光性組成物を用いることが、上記した形状を有するコア部を形成するのに適しているからである。従って、上記有機材料としては、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成で用いる感光性組成物と同様のもの等を用いることもできる。

さらに、上記感光性組成物は、石英にＧｅ、Ｐ等をドープしたもの等からなる無機組成物であってもよい。

なお、このような感光性組成物を用いて上記した形状のコア部を形成する方法については後述する。

また、上記コア部には、さらに粒子が含まれていてもよい。このような粒子を含む光導波路は、光学部品や光配線に直接取り付けた際に、この光学部品との間で熱膨張係数の整合をはかることができる。

上記粒子の具体例としては、第二群の本発明の光導波路の形成方法で用いる感光性組成物に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。

また、上記粒子の形状や粒径もまた第二群の本発明の光導波路の形成方法で用いる感光性組成物に含まれる粒子と同様である。

上記コア部に粒子が含まれる場合、その配合量は、硬化後の配合量で１０～８０重量％であることが望ましく、２０～７０重量％であることがより望ましい。粒子の配合量が１０重量％未満であると、粒子を配合させる効果があまり得られ

ないことがあり、一方、粒子の配合量が８０重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

第五群の本発明の第一の発明の光導波路では、上記した形状のコア部の周囲に、クラッド部が形成されていることが望ましい。上記コア部の周囲にクラッド部を形成することにより、より確実に光信号を伝送することができるからである。

ここで、上記コア部の材料が感光性組成物であって、該感光性組成物が硬化後に、光屈折率が硬化前よりも大きくなるものである場合には、上記感光性組成物の一部を硬化させて、コア部を形成した際に、該コア部の周囲に残る未硬化の感光性組成物がクラッド部としての役割を果たすことができる。しかしながら、この場合、クラッドは流動性を有しており、光導波路の信頼性という点であまり望ましくない。従って、クラッド部は硬化することにより安定化しているほうが望ましい。

また、上記コア部が上述したような材質からなるものである場合、その光屈折率は、空気よりも大きいため、特に上記コア部の周囲に無機材料や有機材料からなるクラッド部を形成しなくても、コア部の周囲に存在する空気がクラッドとしての役割を果たし、該コア部において光信号を伝送することができる。

従って、第五群の本発明の第一の発明の光導波路においては、空気もまた安定なクラッド部としての役割を果たすことができる。

上記クラッド部の材質としては、その光屈折率が、上記コア部の光屈折率よりも小さいものであれば特に限定されず、具体的には、上記コア部の材質と同様のもの等が挙げられる。

また、上記クラッド部の形状としては特に限定されず、その外観が、上記コア部と同様、一端に向かって徐々に細くなる形状であってもよいし、円柱状や角柱状等であってもよい。

また、上記クラッド部にも上記した粒子が含まれていてもよい。

なお、上記コア部や上記クラッド部の光屈折率を調整する方法としては、従来公知の方法を用いることができる。

すなわち、上記光導波路が無機材料からなるものである場合には、チタニア（TiO_2）、アルミナ（Al_2O_3）、ゲルマニア（GeO_2）、五酸化リン（P_2

O_5）、イオウ（S）等の光屈折率を上げるドーパントや、ボロニア（B_2O_3）、フッ素（F）等の光屈折率を下げるドーパント等を配合することより光屈折率を調整することができる。

このような第五群の本発明の第一の発明の光導波路を形成する方法としては、上記コア部が無機材料からなるものである場合には、従来公知の方法を用いることができる。

すなわち、無機材料からなる光導波路を形成する方法としては、気相エピタキシ（ＶＰＥ）、液相エピタキシ（ＬＰＥ）、分子線エピタキシ（ＭＰＥ）等を用いたエピタキシャル成長による方法；プラズマＣＶＤ、熱ＣＶＤ、光ＣＶＤ等の化学堆積法や、真空蒸着法、スパッタリング等の物理堆積法（ＰＶＤ）等の堆積法等を用いて形成することができる。

また、このような方法を用いて無機材料からなるコア部を形成する際に、コア部の形状を、その一端に向かって徐々に細くなる形状とするには、このような形状に原材料を成長させたり、堆積させたりしてもよいし、まず、円柱状や角柱状の光導波路を形成し、その後、エッチング処理や研磨処理等を施すことにより上記した形状の光導波路としてもよい。

また、上記コア部が有機材料からなるものである場合には、後述する。第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法により形成することができる。

なお、以上の説明においては、その一端に向かって徐々に細くなる形状のコア部について説明したが、コア部は、図３４（ａ）～（ｄ）に示すような形状のものであってもよい。

すなわち、（ａ）に示すコア部５０１１では、その一端に向かって徐々に細くなった後、端部近傍で一度太くなり、その後、もう一度細くなっている。（ｂ）に示すコア部５０１２では、その一端に向かって徐々に細くなっていくが、端部では尖塔状とならず、急激に細くなって、ほぼ球面を形成している。（ｃ）に示すコア部５０１３では、その一端に向かって徐々に細くなりかけた後、短い距離で太くなり、再び徐々に細くなっている。（ｄ）に示すコア部５０１４では、その一端に向かって徐々に細くなってはいるものの、途中でほぼ垂直に屈曲している。

さらに、第五群の本発明の第一の発明の光導波路は、図３５に示すように、コア部５０５４がアレイ状に多数形成されたものであってもよい。このような光導波路では、一度に、多数の光学部品同士、光配線同士を確実に光学的に接続することができ、また、一度に、多数の光学部品と光配線とを光学的に接続することができ、光信号を確実に伝送することができる。

次に、第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法について説明する。

第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法は、感光性組成物中に、光配線を介して光を照射することにより、上記光を集束させる形状を有する上記感光性組成物の硬化物を成長させ、その一端に向かって徐々に細くなる形状のコア部を形成することを特徴とする。

第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、その一端に向かって徐々に細くなる形状のコア部を好適に形成することができる。

第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、照射した光の経路に応じた硬化物を形成させることによりコア部を形成しており、また、この硬化物を、照射した光を集束させる形状で成長させていくため、照射した光は、感光性組成物中で集束するような光路をとることとなり、その結果、その一端に向かって徐々に細くなる形状のコア部を形成することができる。

第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、感光性組成物中に、光配線を介して光を照射することにより、上記感光性組成物を硬化させることとなるが、ここで、光を照射する際には、

（ｉ）上記光配線の一端を上記感光性組成物中に浸漬して光を照射する方法（以下、第五群の本発明の第二の発明の第一の形成方法ともいう）を用いてもよいし、

（ii）上記感光性組成物を容器内に入れておき、この容器の壁面を介して光を照射する方法（以下、第五群の本発明の第二の発明の第二の形成方法ともいう）を用いてもよい。

第五群の本発明の第二の発明の第一の形成方法では、光配線に直接取り付けられた光導波路を形成することができ、第五群の本発明の第二の発明の第二の形成方法では、主に、光学部品同士や光配線同士、また、光学部品と光配線とを光学

的に接続する際に、レンズに代えて用いることが可能な光導波路を形成することができる。

ここでは、まず、第五群の本発明の第二の発明の第一の形成方法について図面を参照しながら説明する。

図３６（ａ）～（ｃ）および図３７（ａ）～（ｃ）は、それぞれ、第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の一例（第五群の本発明の第二の発明の第一の形成方法）を説明するための模式図である。

第五群の本発明の第二の発明の第一の形成方法では、まず、感光性組成物中に光配線の一端を浸漬し、次に、この光配線を介して、上記感光性組成物に光を照射することにより光の経路に応じたコア部を形成し光導波路とする。

具体的には、まず、感光性組成物５００１を光配線５００２の先端部を包み込むように塗り付けたり（図３６（ａ）、図３７（ａ）参照）、感光性組成物を容器に入れ、ここに光配線の一端を浸漬したりする。

次に、光配線５００２を介して、感光性組成物５００１に光を照射することにより、この感光性組成物５００１の硬化物を成長させ、照射する光の経路に応じたコア部を形成する。

ここで、感光性組成物５００１の硬化物を成長させる際に、照射する光を集束させる形状の硬化物を成長させることにより（図３６（ｂ）、図３７（ｂ）参照）、その一端に向かって徐々に細くなる形状のコア部を形成することができる（図３６（ｃ）、図３７（ｃ）参照）。

このような光を集束させる形状の硬化物を形成する方法としては、光配線の光を出射する側の端部に集光レンズやコリメートレンズを取り付けておき、この集光レンズ等を介して光を照射する方法（図３７参照）、弱い強度の光を照射する方法、これらを組み合わせた方法等が挙げられる。

なお、弱い強度の光を照射する場合、その具体的な強度は、感光性組成物の組成によって異なるため一概には言えない。

以下、光配線を介して弱い強度の光を照射した際に、光を集束させる形状の硬化物が形成される理由について簡単に説明する。

光ファイバ等の光配線を介して光を照射した場合、光配線の出射側の端面での

光の強度分布は、光配線の中心部分で一番強く、その外縁部に向かって連続的に弱くなる正規分布に近い形を有している。そのため、光配線を介して弱い強度の光を感光性組成物に照射した場合には、この強度部分を反映した硬化物が形成されることとなり、この硬化物の形状が光を集束させる形状となると推察される。

なお、光配線を介して強い強度の光を照射した場合でも光配線の出射端側の光の強度部分は、正規分布に近い形を有することがあるものの、端面外縁部から照射される光も感光性組成物を硬化させるのに充分な強度を有しており、この場合、光の強度分布を反映した硬化物を形成することができず、硬化物の形状も光を集束させる形状とはならないものと推察される。

このように、第五群の本発明の第二の発明の第一の形成方法では、照射する光を集束させる形状の硬化物が成長していくことにより、その一端に向かって徐々に細くなる形状のコア部が形成されることとなる。

また、第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法において、感光性組成物を硬化させる際に照射する光としては特に限定されず、感光性組成物の組成を考慮して適宜選択すればよく、紫外線領域にて感光性を有する組成物であれば、紫外線領域の波長の光を照射する光源、高圧水銀ランプ等を用いることができる。また、メタルハライドランプやキセノンランプ、レーザ等も使用することができる。

また、ここで用いる感光性組成物は、硬化後に、その光屈折率が硬化前よりも高くなるものである必要がある。硬化後に光屈折率が高くなることにより、光配線を介して照射した光が形成されたコア部に閉じ込められつつ、その先端から集束するように照射されることとなるからである。

この第五群の本発明の第二の発明の第一の形成方法の場合、光配線の一端部を感光性組成物に浸漬した状態でコア部の形成を行うため、この感光性組成物の硬化後の光屈折率の下限は、上記光配線のコアの光屈折率の９０％であることが望ましく、その上限は１１０％であることが望ましい。

上記範囲の光屈折率を有するコア部を形成することができる感光性組成物を用いると、該光配線との接続性により優れたコア部を形成することができるからである。

上記感光性組成物の硬化後の光屈折率の下限は、上記光配線のコアの光屈折率の９５％であることがより望ましく、９８％であることがさらに望ましい。一方、その上限は、上記光配線のコアの光屈折率の１０５％であることがより望ましく、１０２％であることがさらに望ましい。

従って、例えば、上記光配線のコアの材質が純粋石英ガラスであり、その光屈折率n_Dが約１．４６である場合には、上記感光性組成物としては、硬化後の光屈折率n_Dが、約１．３１～約１．６１であるものを用いることが望ましい。

また、光配線や光導波路に用いる樹脂等の光屈折率は、その波長に依存して変化するが、その比（光導波路のコア部の光屈折率／光配線のコアの光屈折率）は、例えば、紫外線領域～近赤外線領域において殆ど変わらない。

また、硬化前のコア部の光屈折率、すなわち、上記感光性組成物自体の光屈折率もまた、その下限は、上記光配線のコアの光屈折率の９０％であることが望ましく、９５％がより望ましく、９８％がさらに望ましい。一方、その上限は、１１０％であることが望ましく、１０５％がより望ましく、１０２％がさらに望ましい。

このように第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、硬化後に上記した範囲の光屈折率を有する感光性組成物を選択して使用することが望ましいが、上記した範囲外の光屈折率となる感光性組成物であっても、その光屈折率を調整して使用することができる。また、ここで、感光性組成物の光屈折率を調整する場合、硬化前後のコア部の光屈折率が上記範囲になるように調整することが望ましい。

上記感光性組成物の光屈折率を調整する方法としては、例えば、第一群の本発明の第二の発明で説明した方法と同様の方法、すなわち、分子屈折や分子容を調整する方法を用いることができる。

なお、上記「光配線のコアの光屈折率」の定義は、第二群の本発明と同様である。

ここでは、感光性組成物中に光配線の一端を浸漬して光導波路を形成する方法について説明したが、このとき、光配線に代えて、発光素子等の光素子を使用し、その発光面（発光部）を感光性組成物中に浸漬したり、該発光面に感光性組成物

を塗り付けたりすることにより、光学部品の発光面に直接取り付けられたコア部を形成することができる。

このように、コア部が直接取り付けられた光配線や光学部品では、光導波路（コア部）と光配線等との間で位置合わせが不要である。

次に、第五群の本発明の第二の発明の第二の形成方法について図面を参照しながら説明する。

図３８（ａ）～（ｃ）は、第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法の一例（第五群の本発明の第二の発明の第二の形成方法）を説明するための模式図である。

第五群の本発明の第二の発明の第二の形成方法では、まず、感光性組成物を容器に入れ、次に、この容器の壁面を介して、上記感光性組成物に光を照射することにより光の経路に応じたコア部を形成し光導波路とする。

なお、上記容器の材質としては、照射する光を透過するものであれば特に限定されず、また、上記容器の形状も特に限定されない。

具体的には、まず、感光性組成物５０２１を円筒状の容器５０２５内に入れ、この容器５０２５の底面に光配線５０２２の一端部を取り付け固定する（図３８（ａ）参照）。

次に、光配線５０２２から、容器５０２５の壁面（底面）を介して、感光性組成物５０２１に光を照射することにより、この感光性組成物５０２１の硬化物を成長させ、照射する光の経路に応じたコア部を形成する。

ここで、感光性組成物５０２１の硬化物を成長させる際に、照射する光を集束させる形状の硬化物を成長させることにより（図３８（ｂ）参照）、その一端に向かって徐々に細くなる形状のコア部を形成することができる（図３８（ｃ）参照）。

このような光を集束させる形状の硬化物を形成する方法としては、光配線の容器の壁面に取り付ける側の端部に集光レンズやコリメートレンズを取り付けておき、この集光レンズ等を介して光を照射する方法、弱い強度の光を照射する方法、これらを組み合わせた方法等が挙げられる。

なお、第五群の本発明の第二の発明の第二の形成方法においても、弱い強度の

光を照射する場合の光の強度は、感光性組成物の組成や容器の材質等によって異なるため、一概には言えない。

このように、第五群の本発明の第二の発明の第二の形成方法においても、照射する光を集束させる形状の硬化物が成長していくことにより、その一端に向かって徐々に細くなる形状のコア部が形成されることとなる。

また、第五群の本発明の第二の発明の第二の形成方法において、感光性組成物を硬化させる際に照射する光としては、第五群の本発明の第二の発明の第一の形成方法と同様のもの等が挙げられ、その光源としても第五群の本発明の第二の発明の第一の形成方法で用いるものと同様のものを用いることができる。

また、第五群の本発明の第二の発明の第二の形成方法で用いる感光性組成物は、第五群の本発明の第二の発明の第一の形成方法で用いる感光性組成物と同様、硬化後に、その光屈折率が硬化前よりも高くなるものである必要がある。

このような第五群の本発明の第二の発明の第一または第二の形成方法を用いることにより、その一端に向かって徐々に細くなる形状のコア部を形成することができる。

また、第五群の本発明の第二の発明の第一または第二の形成方法において、光配線を介して照射した光の経路に応じたコア部を形成する際に、この光の経路上に受光面（受光部）が配置されるように、受光素子等の光素子を配置しておきます。この状態を維持したまま光を照射することによりコア部を形成した場合には、感光性組成物の硬化物が上記受光面に向かって集束するように成長していくため、光学部品の受光面に直接取り付けられたコア部を形成することができる。また、このような方法で形成した、コア部が直接取り付けられた光学部品では、光信号を確実に受信することができる。

第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、上述した方法でコア部を形成した後、該コア部の周囲に安定なクラッド部を形成することが望ましい。

安定なクラッド部を形成することにより、より確実に光信号を伝送することができる光導波路となるからである。

上記クラッド部を形成する場合には、上記コア部を形成した後、その周囲の未硬化の感光性組成物を除去し、続いて、上記コア部を別の樹脂組成物（感光性組

成物であってもよいし、感光性組成物でなくてもよい）に浸漬した後、この樹脂組成物に硬化処理を施すことにより安定なクラッド部を形成することができる。

しかしながら、この方法は、未硬化の感光性組成物を除去する際等に、コア部の取り扱いを極めて慎重に行わなければならず、あまり実用的ではない。

従って、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法でも説明した方法、すなわち、感光性組成物として、予め、コア形成用樹脂とクラッド形成用樹脂とを混合しておいた感光性組成物を用いてコア部とクラッド部とを形成する方法を用いることが望ましい。

ここで、上記コア形成用樹脂および上記クラッド形成用樹脂とを含む感光性組成物としては、第一群の本発明の第二の発明で用いたものと同様の感光性組成物を用いることができる。

この第五群の本発明の第二の発明では、上述した弱い強度の光を照射する方法や、集光レンズ等を介して光を照射する方法を用いて感光性組成物中へ光を照射する際に、コア形成用樹脂の重合は可能であるが、クラッド形成用樹脂の重合は実質的に殆ど不可能な強度の光を照射することにより、第一群の本発明の第二の発明の場合と同様、コア形成用樹脂のみが優先的に硬化し、その光の経路に応じたコア部が形成されるとともに、その周囲を未硬化の感光性組成物が包囲した状態となる。

この後、クラッド形成用樹脂を硬化することによりコア部の周囲に安定なクラッド部を形成することができる。なお、第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法においても、第一群の本発明の第二の発明と同様、クラッド形成用樹脂を硬化する際に、未硬化のコア形成用樹脂が硬化することもある。

このような形成方法を用いることにより、光配線との接続性に優れるとともに、系全体が固体化して安定性に優れる光導波路を形成することができる。

また、図３４（ａ）～（ｃ）に示すような形状の光導波路を形成する場合は、例えば、上述した方法で感光性組成物に光を照射する際に、光導波路の形状に応じて、照射する光の強度を経時的に変化させればよい。また、図３４（ｄ）に示すような形状の光導波路を形成する場合には、例えば、上述した方法で感光性組成物に光を照射する際に、予め、光の経路にミラー等を配置しておけばよい。

また、コア部を形成する際、レジスト形成法、金型成形法、露光・現像法、ＲＩＥ（Reactive Ion Etching）による方法等を用いることもできる。

次に、第六群の本発明の光配線接続体について説明する

第六群の本発明の光配線接続体は、複数の光配線が、光信号を伝送することができるように接続された光配線接続体であって、

上記光配線接続体は、屈曲部を有しており、

互いに接続された上記光配線は、その光屈折率が異なり、

上記光配線のうちの少なくとも一の光配線は、他の光配線と接続された側の端面が、光軸と垂直に交わらないことを特徴とする。

第六群の本発明の光配線接続体は、上述したように屈曲部を有するものであるが、上記光配線接続体では、上記屈曲部が、滑らかな曲線状の屈曲部でなく、折れ曲がった屈曲部であっても、光配線接続体に要求される特性、すなわち、優れた光伝送能を有している。

さらに、第六群の本発明の光配線接続体として、折れ曲がった屈曲部を有する光配線接続体とする場合には、複雑な設計を必要とせず、光伝送能に優れる光配線接続体を容易に設計することができる。加えて、上記光配線接続体を光導波路部品として使用する場合には、そのサイズをコンパクトにすることができる。

また、第六群の本発明の光配線接続体を利用すると、ミラー等の付加的な光学部品を使用することなく、任意の角度で光信号の光路を屈曲させることができ、従来の電気配線設計に見られたようなピッチ変換、配線長合わせ、合分岐線などの複雑な配線設計を、光配線設計においても簡単に取り込むことができる。

上記光配線接続体は、複数の光配線が、光信号を伝送することができるように接続されたものである。

上記光配線とは、紫外線、可視光、赤外線等の光を通し、それにより情報を伝達するためのものであれば特に限定されず、その具体例としては、光ファイバ、光導波路等が挙げられる。

また、上記光配線は、コアのみからなるものであってもよいし、コアとクラッドとからなるものであってもよい。

上記光配線の材料としては、紫外線、可視光、赤外線等の光を通す材料であれ

ば特に限定されず、無機材料であってもよいし、有機材料であってもよい。

上記無機材料としては、ＬｉＮｂＯ$_3$（ニオブ酸リチウム）、ＹＩＧ（イットリウム鉄ガーネット）等の絶縁体結晶；Ｓｉ（シリコン）、ＧａＡｓ（ガリウム砒素）、ＩｎＰ（インジウムリン）等の半導体化合物；石英ガラスやＳｉＯ$_2$－Ｂ$_2$Ｏ$_3$－Ｎａ$_2$Ｏ等の多成分系ガラス等が挙げられる。

また、上記無機材料としては、石英ガラスを主成分とするものや、ソーダ石灰ガラス、ホウ硅ガラス等を主成分とする多成分ガラス等も挙げられる。

さらに、上記無機材料としては、石英にＧｅ、Ｐ等をドープした感光性を有する無機組成物等も挙げられる。

上記有機材料としては、ＰＭＭＡ（ポリメチルメタクリレート）、重水素化ＰＭＭＡ、重水素フッ素化ＰＭＭＡ、フッ素化ＰＭＭＡ等の樹脂成分に、必要に応じて、単量体、光重合開始剤、増感剤、溶剤等が配合された感光性組成物；エポキシ樹脂、フッ素化エポキシ樹脂、ポリオレフィン系樹脂、シリコーン樹脂、重水素化シリコーン樹脂等のシリコーン樹脂、ベンゾシクロブテンからなる樹脂等の樹脂成分に、必要に応じて、各種添加剤が配合された樹脂組成物等が挙げられる。

また、上記樹脂組成物は、感光性組成物であってもよく、感光性組成物を用いる場合には、上記エポキシ樹脂やオレフィン系樹脂等に感光性を付与し、これらの樹脂に、必要に応じて、単量体、光重合開始剤、増感剤等を配合したものを感光性組成物として用いることができる。

なお、上記エポキシ樹脂や、ポリオレフィン系樹脂等に感光性を付与する方法としては、これらの樹脂の末端や側鎖にアリル基やアクリロイル基を付与する方法等が挙げられる。

また、アリル基やアクリロイル基を分子の末端または側鎖にもつポリエン化合物と、ポリチオール化合物と、光重合開始剤と、必要に応じて、各種添加剤や溶剤等とを含むものも感光性組成物として用いることができる。

また、上記感光性組成物としては、光を照射することにより硬化反応が進行するものであればよく、例えば、エポキシ樹脂と、芳香族ジアゾニウム塩、芳香族ヨードニウム塩等の光を照射することによりルイス酸を発生する光開始剤とを含

むものも用いることができる。

さらに、ベンゾインアルキルエーテル、アセトフェノン誘導体類、ベンゾフェノンやその誘導体等の光を照射することによりラジカルを生成する光開始剤と、ラジカル重合機構により重合が進行する樹脂成分とを含むものや、塩素化アセトフェノンやその誘導体等の光を照射することにより強酸が遊離する光開始剤と、酸により重合が進行する樹脂成分とを含むものも感光性組成物として用いることができる。

なお、本明細書において、感光性組成物には、光の照射により化学反応を起す高分子のみならず、光の照射により、光重合反応が進行する単量体、例えば、（メタ）アクリル酸メチル等も含むものとし、さらには、２種類以上の樹脂成分および／または単量体が、光の照射により化学反応を起し、樹脂複合体を形成するものも含むものとする。

また、上記光配線には、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。

粒子を配合することにより、光配線同士の間で熱膨張係数の整合をはかることができる。

上記粒子としては、第二群の本発明の光導波路の形成方法で用いる感光性組成物に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。また、上記粒子の形状や粒径は、第二群の本発明の光導波路の形成方法で用いる感光性組成物に含まれる粒子と同様である。

上記光配線に粒子が含まれる場合、その配合量の下限は、硬化後の配合量で１０重量％であることが望ましく、２０重量％であることがより望ましい。また、上記配合量の上限は、８０重量％であることが望ましく、７０重量％であることがより望ましい。粒子の配合量が１０重量％未満であると、粒子を配合させる効果があまり得られないことがあり、一方、粒子の配合量が８０重量％を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

また、上記光配線の他の光配線と結合する部分の形状は特に限定されず、平坦化処理が施されていてもよいし、特に平坦化処理が施されていなくてもよい。また、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上であってもよ

い。

また、上記光配線の形状は特に限定されず、直線状であってもよいし、曲線状であってもよい。

また、上記光配線の形状は、円柱状、四角柱状等、光軸に垂直な方向に、任意の位置で切断した断面形状が全て同一の形状であってもよいし、テーパー型、紡錘型等、光軸に垂直な方向に、任意の位置で切断した断面形状のそれぞれが異なる形状であってもよい。

以下、第六群の本発明の光配線接続体の具体的な実施形態について説明する。

上記光配線接続体の実施形態の一例としては、少なくとも光配線Ａと光配線Ｂとを有し、上記光配線Ａの端面と上記光配線Ｂの端面とが接続され、上記光配線Ａと上記光配線Ｂとの接続部で折れ曲がった形態（以下、第六群の本発明の第一の実施形態ともいう）が挙げられる。

図４１は、第六群の本発明の光配線接続体の一例を模式的に示す断面図である。なお、通常、光配線とはコアとクラッドとからなるものであるが、図４１においては、光配線のコアのみを図示している。

図４１に示す光配線接続体６１００は、光配線６１０１と光配線６１０２とからなるものであり、光配線６１０１の端面６１０１ａと、光配線６１０２の端面６１０２ａとが接続されている。

ここでは、光配線６１０１が上記光配線Ａに該当し、光配線６１０２が上記光配線Ｂに該当することとなる。

また、光配線接続体６１００では、光配線６１０１の光屈折率（n_{11}）と光配線６１０２の光屈折率（n_{12}）とが異なり、光配線６１０１の光配線６１０２と接続した側の端面６１０１ａは、光軸（図中、太線矢印で示す）とのなす角α_1が９０°ではない。なお、図４１に示すα_2も光軸と端面とのなす角と考えることができるが、本明細書において光軸と端面とのなす角とは、９０°よりも小さい角、すなわち、図４１に示すα_1のみをいうこととする。

また、光配線接続体６１００は、光配線６１０１と光配線６１０２とのなす角θ_1が、下記式（１）の関係を満足している。

なお、第六群の本発明において、２本の光配線のなす角とは、一の光配線の光

軸と他の光配線の光軸とのなす角をいう。

$$\sin(90-\alpha_1) = (n_{12}/n_{11}) \times \sin(90-\alpha_1-\theta_1) \cdots (1)$$

上記式（１）は、スネルの法則に基づいて算出することができるものであり、通常、光屈折率の異なる２本の光配線が、一直線上に接続されている場合には、光配線同士の界面での屈折に起因して、光信号を伝送した際に、大きな伝送損失が発生することとなるのであるが、光屈折率の異なる２本の光配線が、上記式（１）を満足するように接続されている場合には、接続部での屈折に起因した光伝送能の低下が発生しない。従って、第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体では、上記式（１）を満足していることが望ましい。また、光配線Ａ、Ｂの光屈折率の大小によっては、後述する式（１′）を満足していることも望ましい。

このような光配線接続体６１００は、光配線６１０１と光配線６１０２との接続部で折れ曲がった形態を有しているにもかかわらず、確実に光信号を伝送することができる。

また、図４１に示した光配線接続体６１００では、$n_{11} < n_{12}$、すなわち、「光配線Ａの光屈折率」＜「光配線Ｂの光屈折率」であるが、第一の実施形態の光配線接続体における光配線Ａおよび光配線Ｂの光屈折率の大小関係は、「光配線Ａの光屈折率」＞「光配線Ｂの光屈折率」であってもよく、このとき、光配線Ｂは図４１に示した方向とは逆側に折れ曲がることとなる。すなわち、図４１に示す光配線接続体６１００では、光配線６１０２が光配線６１０１の光軸を基準に図中下側に折れ曲がっているのに対し、「光配線Ａの光屈折率」＞「光配線Ｂの光屈折率」の場合には、光配線Ｂが、光配線Ａの光軸を基準に逆側に折れ曲がることとなる。

この場合、光配線接続体は下記式（１′）の関係を満たすことにより光配線Ａと光配線Ｂとの間で確実に光信号を伝送することができる。

$$\sin(90-\alpha_1) = (n_{12}/n_{11}) \times \sin(90-\alpha_1-(-\theta_1)) = (n_{12}/n_{11}) \times \sin(90-\alpha_1+\theta_1) \cdots (1')$$

なお、上記式（１′）を満足する場合、すなわち、光配線Ｂが光配線Ａの光軸を基準に、図４１に示した方向とは逆側に折れ曲がる場合には、光配線Ａと光配

線Ｂとのなす角は負の値をとることとなり、これを上記式（1′）では、（－θ_1）と示すこととする。

このように、第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体が上記式（１）や式（1′）を満足する場合には、光配線６１０１の光屈折率（n_{11}）、光配線６１０２の光屈折率（n_{12}）、および、光配線６１０１の端面６１０１ａが光軸となす角α_1の組み合わせによって、光配線６１０１と光配線６１０２とのなす角θ_1（以下、折れ曲がり角θ_1ともいう）を任意に選択することができる。

以下、その具体例について、図４９、および、図５０に示したグラフを参照しながら説明する。

図４９は、光配線６１０２の光屈折率（n_{12}）と、光配線６１０１と光配線６１０２とのなす角θ_1との関係を示すグラフである。図４９に示すグラフでは、光配線６１０１の光屈折率（n_{11}）を、n_{11}＝１．４８に固定し、光配線６１０１の端面６１０１ａが光軸となす角α_1を４０°、４５°、５０°とした場合における、上記光配線６１０２の光屈折率（n_{12}）と上記折れ曲がり角θ_1とをそれぞれ、横軸と縦軸とにプロットしている。

図４９に示すグラフより明らかなように、光配線６１０１の光屈折率（n_{11}）を１．４８に固定し、光配線６１０１の端面６１０１ａが光軸となす角α_1を４０°とした場合には、光配線６１０２の光屈折率（n_{12}）を１．４～１．６の間で選択することにより、折れ曲がり角θ_1を－４．０８°～４．８８°の間で選択することができる。また、上記角α_1を４５°とした場合には、光配線６１０２の光屈折率（n_{12}）を１．４～１．６の間で選択することにより、折れ曲がり角θ_1を－３．３８°～４．１５°の間で選択することができ、上記角α_1を５０°とした場合には、光配線６１０２の光屈折率（n_{12}）を１．４～１．６の間で選択することにより、折れ曲がり角θ_1を－２．８１°～３．５２°の間で選択することができる。

なお、上記折れ曲がり角θ_1が正の値をとるのは、$n_{11}<n_{12}$で、上記式（１）を満足する場合であり、上記折れ曲がり角θ_1が負の値をとるのは、$n_{11}>n_{12}$で、上記式（1′）を満足する場合である。

ここでは、光配線６１０２の光屈折率（n_{12}）を選択することにより、光配

線６１０１と光配線６１０２とのなす角θ_1（折れ曲がり角θ_1）を選択することができることを明らかとしたが、上述したように、光配線６１０１の端面６１０１ａが光軸となす角α_1を選択することによっても、光配線６１０１と光配線６１０２とのなす角θ_1（折れ曲がり角θ_1）を選択することができる。

図５０は、光配線６１０１の端面６１０１ａが光軸となす角α_1と、光配線６１０１と光配線６１０２とのなす角θ_1との関係を示すグラフである。なお、図５０に示すグラフでは、光配線６１０１の光屈折率（n_{11}）を、n_{11}＝１．４８に固定し、光配線６１０２の光屈折率（n_{12}）をn_{12}＝１．４、１．５、１．６とした場合における、上記角α_1と上記折れ曲がり角θ_1とをそれぞれ、横軸と縦軸とにプロットしている。

図５０に示すグラフより明らかなように、光配線６１０１の光屈折率（n_{11}）を１．４８に固定し、光配線６１０２の光屈折率（n_{12}）をn_{12}＝１．４とした場合には、光配線６１０１の端面６１０１ａが光軸となす角α_1を１８．９°～４５°の間で選択することにより、折れ曲がり角θ_1を－１８．５°～－３．４°の間で選択することができる。なお、この場合において、上記角α_1が１８．９°より小さい場合には、光配線６１０１の光軸と光配線６１０１の端面６１０１ａの法線とのなす角が、この端面６１０１ａの臨界角よりも大きくなるため、光配線６１０１と光配線６１０２とを介した光信号の伝送が困難となる。

また、上記n_{12}＝１．５とした場合には、光配線６１０１の端面６１０１ａが光軸となす角α_1を１５°～４５°の間で選択することにより、折れ曲がり角θ_1を０．７６°～２．６３°の間で選択することができ、上記n_{12}＝１．６とした場合には、光配線６１０１の端面６１０１ａが光軸となす角α_1を１５°～４５°の間で選択することにより、折れ曲がり角θ_1を４．１５°～１１．７°の間で選択することができる。

このように、光配線６１０１の端面６１０１ａが光軸となす角α_1を選択することによっても、光配線６１０１と光配線６１０２とのなす角θ_1（折れ曲がり角θ_1）を選択することができる。

この図５０に示した場合も、図４９に示した場合と同様、上記折れ曲がり角θ_1が正の値をとるのは、$n_{11}<n_{12}$で、上記式（１）を満足する場合であり、上

記折れ曲がり角θ_1が負の値をとるのは、$n_{11}>n_{12}$で、上記式（1′）を満足する場合である。

図４９、５０のグラフに示した例では、光配線６１０１の光屈折率（n_{11}）を固定していたが、光配線６１０１の光屈折率（n_{11}）を選択した場合にも、同様に、光配線６１０１と光配線６１０２とのなす角θ_1（折れ曲がり角θ_1）を選択することができる。

なお、「光配線Ａの光屈折率」＞「光配線Ｂの光屈折率」で、光配線Ａの光軸と光配線Ａの端面の法線とのなす角が、該端面の臨界角よりも大きい場合には、光配線Ａと光配線Ｂとの間で光信号の伝送を行うことができなくなるため、（９０－α_1）の値は、光配線Ａの端面の臨界角よりも小さいことが必要である。

このように、第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体では、光配線６１０１および光配線６１０２の光屈折率、光配線６１０１の端面６１０１ａが光軸となす角、ならびに、光配線６１０１と光配線６１０２とのなす角等を適宜選択することにより、所望の折れ曲がり角度を有する光配線接続体とすることができる。

第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体において、光配線６１０１と光配線６１０２とのなす角θ_1の大きさの絶対値は特に限定されないが、その下限は、０．１°が望ましく、０．５°がより望ましい。一方、上記角θ_1の上限は、１０°が望ましく、７°がより望ましい。上記角θ_1が、０．１°未満では、光屈折率の異なる光配線同士を接続する効果をほとんど得ることができず、上記角θ_1が、１０°を超えると、光配線６１０１と光配線６１０２との界面での光信号の反射量が大きくなりすぎることがあるからである。

なお、第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体の設計において、上記角θ_1が上記範囲を満足するように設計するには、上述したように、光配線６１０１の光屈折率（n_{11}）、光配線６１０２の光屈折率（n_{12}）、および、光配線６１０１の端面が光軸となす角α_1のうちの少なくとも一つを調節すればよい。

なお、上記光配線接続体において、光配線Ａと光配線Ｂとの接続部で折れ曲がっているとは、光配線Ａの光軸と光配線Ｂの光軸とが平行でないことをいう。

上記光配線接続体の実施形態の別の一例としては、少なくとも光配線Ｃと光配

線Ｄとを有し、上記光配線Ｃの端部の側面と上記光配線Ｄの端面とが接続され、上記光配線Ｃと上記光配線Ｄとの接続部で折れ曲がっている形態（以下、第六群の本発明の第二の実施形態ともいう）が挙げられる。

図４２は、第六群の本発明の光配線接続体の一例を模式的に示す断面図である。なお、通常、光配線とはコアとクラッドとからなるものであるが、図４２においては、光配線のコアのみを図示している。

図４２に示す光配線接続体６２００は、光配線６２０１と光配線６２０２とからなるものであり、光配線６２０１の端部６２０１ａの側面６２０１ｂと、光配線６２０２の端面６２０２ａとが接続されている。

ここでは、光配線６２０１が上記光配線Ｃに該当し、光配線６２０２が上記光配線Ｄに該当することとなる。

なお、第六群の本発明の光配線接続体において、光配線の端部の側面とは、光配線の端部の近傍の側面を意味する。また、必ずしもコア自身の側面には限定されず、特定の材料よりなるクラッド、被覆等がコア周囲に存在する場合は、クラッド、被覆等を介した部分であってもよい。

また、光配線接続体６２００では、光配線６２０１の光屈折率（n_{21}）と光配線６２０２の光屈折率（n_{22}）とが異なり、光配線６２０１の光配線６２０２と接続した側の端面は光軸（図中、太線矢印で示す）とのなす角α_{21}が９０°ではない。

また、光配線接続体６２００では、光信号は、光配線６２０１の端面６２０１ａでの反射を介して、光配線６２０１と光配線６２０２との間で伝送されることとなる。

従って、光配線６２０１の光屈折率（n_{21}）と光配線６２０１の端面６２０１ａと接する媒体の光屈折率（n_{23}）との大小関係は、$n_{21} > n_{23}$であることが望ましく、さらには、光配線６２０１の端面６２０１ａの法線と、光配線６２０１の光軸とのなす角（$90 - \alpha_{21}$）は、臨界角に近いことが望ましい。臨界角に近いと、光配線６２０１と光配線６２０２との間でより確実に光信号が伝送されることとなるからである。

なお、上記臨界角は、光配線６２０１の光屈折率n_{21}と、光配線６２０１の

端面６２０１ａと接する媒体の光屈折率n_{23}とから、下記式（２）を用いることにより容易に算出することができる。なお、下記式（２）中、θが臨界角である。

$$\sin\theta = (n_{23}/n_{21}) \cdots (2)$$

また、光配線接続体６２００では、光屈折率の異なる光配線６２０１と光配線６２０２とが接続されているため、光配線６２０１の端面６２０１ａで反射して光配線６２０２に伝送される光信号は、光配線６２０１と光配線６２０２との界面で屈折することとなる。従って、第六群の本発明の第二の実施形態の光配線接続体では、光配線６２０１側から伝送され、光配線６２０１の端面で反射した光（以下、第六群の本発明の第二の実施形態の光配線接続体の説明においては、単に反射光という）の光軸と光配線６２０２の光軸とは一直線上にないことが望ましい。

具体的には、「光配線６２０１の光屈折率n_{21}」＞「光配線６２０２の光屈折率n_{22}」の場合には、図４２に示した光配線接続体６２００のように反射光の光軸と光配線６２０２の光軸とのなす角θ_2が、下記式（３）の関係を満足することが望ましい。

$$\sin(90-\alpha_{22}) = (n_{21}/n_{22}) \times \sin(90-\alpha_{22}-\theta_2) \cdots (3)$$

なお、式中α_{22}は、光配線６２０２の端面６２０２ａと光軸とのなす角である。

また、光屈折率n_{21}＜光屈折率n_{22}の場合には、光配線６２０２は図４２に示した方向とは逆側に折れ曲がることとなる。すなわち、図４２に示す光配線接続体６２００では、光配線６２０２が光配線６２０１の反射光の光軸を基準に、図中右側に折れ曲がっているのに対し、「光配線Ｃの光屈折率」＜「光配線Ｄの光屈折率」の場合には、光配線Ｄは、光配線Ｃの反射光の光軸を基準に逆側に折れ曲がることとなる。

この場合、反射光の光軸と光配線６２０２の光軸とのなす角θ_2が、下記式（３′）の関係を満足することが望ましい。

$$\sin(90-\alpha_{22}) = (n_{21}/n_{22}) \times \sin(90-\alpha_{22}-(-\theta_2)$$

）＝（n_{21}／n_{22}）×ｓｉｎ（９０－α_{22}＋θ_2）・・・（３′）

なお、上記式（３′）を満足する場合、すなわち、光配線Ｄが光配線Ｃの光軸を基準に、図４１に示した方向とは逆側に折れ曲がる場合には、光配線Ｃと光配線Ｄとのなす角は負の値をとることとなり、これを上記式（３′）では、（－θ_2）と示すこととする。

このような光配線接続体６２００は、光配線６２０１および光配線６２０２の接続部で折れ曲がった形態を有しているにもかかわらず、確実に光信号を伝送することができる。

第六群の本発明の第二の実施形態の光配線接続体では、光配線６２０１および光配線６２０２の光屈折率、光配線６２０１の端面６２０１ａが光軸となす角、光配線６２０２の端面６２０２ａが光軸となす角等を適宜選択することにより所望の折れ曲がり角度を有する光配線接続体とすることができる。

また、第六群の本発明の第二の実施形態の光配線接続体においては、光配線６２０１の端面で光信号が反射することとなるため、光配線接続体６２００における光配線６２０１の端面６２０１ａの法線と光配線６２０１の光軸とのなす角（９０－α_{21}）の大きさは、光配線６２０１の端面における臨界角と同じか、これよりも大きいことが望ましく、上記臨界角よりも２～３°程度大きいことがより望ましい。上記角（９０－α_{21}）の大きさが、臨界角よりも２～３°程度大きい場合には、製造時に設計から若干のバラツキが生じたとしても、得られた光配線接続体では、光配線６２０１の端面６２０１ａにおいて、光信号がより確実に反射されることとなるからである。

なお、上記光配線接続体において、光配線Ｃと光配線Ｄとの接続部で折れ曲がっているとは、光配線Ｃの光軸と光配線Ｄの光軸とが平行でないことをいう。

上記光配線接続体の実施形態のさらに別の一例としては、少なくとも光配線Ｅと光配線Ｆと光配線Ｇとを有し、上記光配線Ｅの端部の側面と上記光配線Ｆの端面とが接続されるとともに、上記光配線Ｅの光配線Ｆが接続された側の端面と、上記光配線Ｇの端面とが接続され、上記光配線Ｅと上記Ｆとの接続部、および、上記光配線Ｅと上記光配線Ｇとの接続部で折れ曲がっている形態（以下、第三の実施形態ともいう）が挙げられる。

図４３は、第六群の本発明の光配線接続体の一例を模式的に示す断面図である。なお、通常、光配線とはコアとクラッドとからなるものであるが、図４３においては、光配線のコアのみを図示している。

図４３に示す光配線接続体６３００は、光配線６３０１と光配線６３０２と光配線６３０３とからなるものであり、光配線６３０１の端部６３０１ａの側面６３０１ｂと、光配線６３０２の端面６３０２ａとが接続されるとともに、光配線６３０１の光配線６３０２が接続された側の端面６３０１ａと、光配線６３０３の端面６３０３ａとが接続されている。

ここでは、光配線６３０１が上記光配線Ｅに該当し、光配線６３０２が上記光配線Ｆに該当し、光配線６３０３が上記光配線Ｇに該当することとなる。

また、光配線接続体６３００では、光配線６３０１の光屈折率（n_{31}）と光配線６３０２の光屈折率（n_{32}）とが異なり、光配線６３０１の光配線６３０２と接続した側の端面６３０１ａは光軸（図中、太線矢印で示す）とのなす角α_{31}が９０°ではなく、さらに、光配線６３０１の光屈折率と光配線６３０３の光屈折率（n_{33}）とが異なる。

また、光配線接続体６３００では、光配線６３０１と光配線６３０３とのなす角θ_{31}が所定の関係を満足している。具体的には、第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体６１００の光配線６１０１と光配線６１０２とのなす角θ_{1}が満足している上記式（１′）で表される関係と同様の関係を満足している。

なお、図４３に示した光配線接続体６３００では、「光配線６３０１の光屈折率n_{31}」＞「光配線６３０３の光屈折率n_{33}」である。

この理由は以下の通りである。

既に、第六群の本発明の第二の実施形態の光配線接続体を説明する際にも同様の趣旨を述べたように、光配線６３０１の端面６３０１ａでの光の反射を介して光配線６３０１と光導波路６３０２との間で光信号の伝送を行う場合には、光配線６３０１の光屈折率（n_{31}）と光配線６３０１の端面６３０１ａと接する媒体（光配線６３０３）の光屈折率（n_{33}）との大小関係は、$n_{31}>n_{33}$であることが望ましいことによる。また、光配線６３０１の端面６３０１ａの法線と、光配線６３０１の光軸とのなす角（$90-\alpha_{31}$）は、臨界角に近いことが望ま

しいからである。なお、上記（９０－α_{31}）の角度が、臨界角に近い程、光配線６３０１と光配線６３０２との間でより確実に光信号が伝送されることとなる。

なお、光配線接続体６３００では、光配線６３０１と光配線６３０２との間で光信号の伝送を行うとともに、光配線６３０１と光配線６３０３との間でも光信号の伝送を行うため、必ずしも光配線６３０１の端面６３０１ａの法線と、光配線６３０１の光軸とのなす角（９０－α_{31}）は、臨界角に近ければ近い程望ましいというわけではなく、上記（９０－α_{31}）の角度は、光配線６３０１と光配線６３０２との間で光伝送能、および、光配線６３０１と光配線６３０３との間で光伝送能を考慮して適宜選択すればよい。

また、光配線接続体６３００では、光屈折率の異なる光配線６３０１と光配線６３０２とが接続されているため、光配線６３０１の端面６３０１ａで反射して光配線６３０２に伝送される光信号は、光配線６３０１と光配線６３０２との界面で屈折することとなる。従って、第三の実施形態の光配線接続体では、光配線６３０１側から伝送され、光配線６３０１の端面で反射した光（以下、第六群の本発明の第三の実施形態の光配線接続体の説明においては、単に反射光という）の光軸と光配線６３０２の光軸とは一直線上にないことが望ましく、反射光の光軸と光配線６３０２の光軸とのなす角θ_{32}が、所定の関係を満足していることが望ましい。

具体的には、第六群の本発明の第二の実施形態の光配線接続体６２００において、反射光の光軸と光配線６２０２の光軸とのなす角θ_2が満足している上記式（３）または（３′）で表される関係と同様の関係を満足していることが望ましい。

このような光配線接続体６３００は、光配線６３０１と光配線６３０２との接続部、および、光配線６３０１と光配線６３０３との接続部で折れ曲がった形態を有しているにもかかわらず、光配線６３０１と光配線６３０２との間で光信号の伝送を行うことができるとともに、光配線６３０１と光配線６３０３との間で光信号の伝送を行うことができる。従って、第六群の本発明の第三の実施形態の光配線接続体は、光カップラ（光分岐結合器）として機能することができる。

第三の実施形態の光配線接続体では、光配線６３０１、光配線６３０２および

光配線６３０３の光屈折率、光配線６３０１の端面６３０１ａが軸となす角、光配線６３０２の端面６３０２ａが光軸となす角等を適宜選択することにより所望の折れ曲がり角度を有する光配線接続体とすることができる。

また、第六群の本発明の第三の実施形態の光配線接続体において、光配線６３０１と光配線６３０３とのなす角θ_{31}の大きさの絶対値は特に限定されないが、その下限は、７°が望ましく、１０°がより望ましい。一方、上記角θ_{31}の上限は、光配線６３０１の端面６３０１ａにおける臨界角より７°小さいことが望ましく、上記臨界角より１０°小さいことがより望ましい。上記角θ_{31}の大きさが、７°未満では、光配線６３０１の端面６３０１ａにおいて、光信号があまり反射せず、光配線６３０１と光配線６３０２との間で光信号を充分に伝送することができないことがあり、一方、上記角θ_{31}の大きさが、上記臨界角よりも７°小さい角度を超える場合には、光配線６３０１の端面６３０１ａにおいて、光信号のほとんどが反射してしまい、光配線６３０１と光配線６３０３との間で光信号を充分に伝送することができないことがあるからである。

なお、第六群の本発明の第三の実施形態の光配線接続体の設計において、上記角θ_{31}が上記範囲を満足するように設計するには、光配線６３０１の光屈折率（n_{31}）、光配線６３０２の光屈折率（n_{32}）、光配線６３０３の光屈折率（n_{33}）、および、光配線６３０１の端面が光軸となす角α_{31}のうちの少なくとも一つを調節すればよい。

なお、上記光配線接続体において、光配線Ｅと光配線Ｆとの接続部で折れ曲がっているとは、光配線Ｅの光軸と光配線Ｆの光軸とが平行でないことをいい、上記光配線接続体において、光配線Ｅと光配線Ｇとの接続部で折れ曲がっているとは、光配線Ｅの光軸と光配線Ｇの光軸とが平行でないことをいう。

なお、第六群の本発明の第一～第三の実施形態の光配線接続体は、２本または３本の光配線が接続されたものであるが、第六群の本発明の光配線接続体の実施形態は、このような形態に限定されるわけではなく、３本以上の光配線が接続されたものであってもよいし、実施形態の光配線接続体に光配線以外の個別な部品、すなわち。レンズ、ミラー、プリズム、フィルタ等の光部品や、発光素子、受光素子等の光素子などに代表される光学部品が接続されていてもよい。

また、第六群の本発明の光配線接続体は、上述した第一～第三の実施形態の光配線接続体を任意に組み合わせたものであってもよい。

また、光カップラとして用いることができる第六群の本発明の光配線接続体の実施形態は、図４３に示した実施形態に限定されるわけではなく、図４７、４８に示すような実施形態であってもよい。

図４７および図４８は、それぞれ第六群の本発明の光配線接続体の実施形態を模式的に示す断面図である。なお、通常、光配線とは、コアとクラッドとからなるものであるが、図４７、４８においては、光配線のコアのみを図示している。

図４７に示す光配線接続体６４００は、光配線６４０１と光配線６４０２と光配線６４０３とからなるものであり、光配線６４０１の端面の一部６４０１ａと、光配線６４０２の端面６４０２ａとが接続されるとともに、光配線６４０１の端面の別の一部６４０１ｂと、光配線６４０３の端面６４０３ａとが接続されている。また、この光配線接続体６４００は、図４７に示すとおり、光配線６４０１と光配線６４０２との接続部および光配線６４０１と光配線６４０３との接続部で折れ曲がった形態を有している。

なお、光配線６４００において、光配線６４０１と光配線６４０２との接続部で折れ曲がっているとは、光配線６４０１の光軸と光配線６４０２の光軸とが平行でないことをいい、光配線６４０１と光配線６４０３との接続部で折れ曲がっているとは、光配線６４０１の光軸と光配線６４０３の光軸とが平行でないことをいう。

また、光配線接続体６４００では、光配線６４０１の光屈折率と光配線６４０２の光屈折率とが異なり、光配線６４０１の光配線６４０２と接続する端面は、光軸（図中、太線矢印で示す）とのなす角が垂直でない。さらに、光配線６４０１の光屈折率と光配線６４０３の光屈折率とが異なり、光配線６４０１の光配線６４０３と接続する端面は、光軸（図中、太線矢印で示す）とのなす角も垂直でない。

なお、光配線接続体６４００を構成するそれぞれの光配線の光屈折率は、光配線６４０１の光屈折率＜光配線６４０２の光屈折率、かつ、光配線６４０１の光屈折率＜光配線６４０３の光屈折率の関係を有している。ここで、光配線６４０

２と光配線６４０３は、同一であってもよいし、異なっていてもよい。

図４８に示す光配線接続体６５００は、光配線６５０１と光配線６５０２と光配線６５０３とからなるものであり、光配線６５０１の端面の一部６５０１ａと、光配線６５０２の端面６５０２ａとが接続されるとともに、光配線６５０１の端面の別の一部６５０１ｂと、光配線６５０３の端面６５０３ａとが接続されている。また、この光配線接続体６５００は、図４８に示すとおり、光配線６５０１との光配線６５０２との接続部および光配線６５０１と光配線６５０３との接続部で折れ曲がった形態を有している。

なお、光配線６５００において、光配線６５０１と光配線６５０２との接続部で折れ曲がっているとは、光配線６５０１の光軸と光配線６５０２の光軸とが平行でないことをいい、光配線６５０１と光配線６５０３との接続部で折れ曲がっているとは、光配線６５０１の光軸と光配線６５０３の光軸とが平行でないことをいう。

また、光配線接続体６５００では、光配線６５０１の光屈折率と光配線６５０２の光屈折率とが異なり、光配線６５０１の光配線６５０２と接続する端面は、光軸（図中、太線矢印で示す）とのなす角が垂直でなく、さらに、光配線６５０１の光屈折率と光配線６５０３の光屈折率とが異なり、光配線６５０１の光配線６５０３と接続する端面は、光軸（図中、太線矢印で示す）とのなす角も垂直でない。

なお、光配線接続体６５００を構成するそれぞれの光配線の光屈折率は、光配線６５０１の光屈折率＞光配線６５０２の光屈折率、かつ、光配線６５０１の光屈折率＞光配線６５０３の光屈折率の関係を有している。ここで、光配線６５０２と光配線６５０３は、同一であってもよいし、異なっていてもよい。

なお、光配線接続体６４００と光配線接続体６５００との実施形態の違いは、図４７および図４８から明らかなように、光配線６４０１と光配線６５０１とのそれぞれの端面の形状にある。

すなわち、光配線接続体６４００では、光配線６４０１側と反対側に突出するような形状の端面（６４０１ａ、６４０１ｂ）が形成されているのに対し、光配線接続体６５００では、光配線６５０１側に凹むような形状の端面（６５０１ａ、

６５０１ｂ）が形成されている。

このような光配線接続体６４００、６５００は、上述したように光カップラとして用いることができる。

なお、光配線接続体６４００において、光配線６４０２の光屈折率と光配線６４０３の光屈折率とが同一であり、さらに、端面６４０１ａが光軸となす角度と端面６４０１ｂが光軸となす角度とが同一である場合には、光配線接続体６４００は、光信号をその強度が１：１になるように分岐することができる。さらに、光配線接続体６５００においても同様に、光配線６５０２の光屈折率と光配線６５０３の光屈折率とが同一であり、さらに、端面６５０１ａが光軸となす角度と端面６５０１ｂが光軸となす角度とが同一である場合には、光配線接続体６５００は、光信号をその強度が１：１になるように分岐することができる。

また、ここまで、図面を参照しながら説明した光配線接続体は、光配線同士の接続部で折れ曲がった形状の屈曲部を有するものであったが、第六群の本発明の光配線接続体は、場合によっては、滑らかな曲線状の屈曲部を有するものであってもよい。

具体例としては、光屈折率n_hの光配線Ｈと、光屈折率n_iの光配線Ｉとが曲線状の光配線Ｊを介して接続され、光配線Ｊの光屈折率が、光配線Ｈ側から光配線Ｉに向かってn_hからn_iへと傾斜的に変化する形態の光配線接続体等が挙げられる。

このような形態の光配線接続体もまた、光屈折率の異なる光配線が接続されたものであるが、光信号を確実に伝送することができる。

なお、上述した曲線状の屈曲部を有する光配線接続体では、光配線Ｈおよび／または光配線Ｉの光配線Ｊと接続された側の端面が、光軸と垂直に交わらない。

次に、第六群の本発明の光配線接続体を製造する方法について説明する。

第六群の本発明の光配線接続体の製造方法は特に限定されず、自己形成光導波路の技術を利用する方法などを用いることができる。

以下、この方法について図面を参照しながら説明する。なお、ここでは、第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体を製造する方法を例に説明する。

図４４（ａ）～（ｃ）は、第六群の本発明の光配線接続体を製造する方法の一

例を説明するための模式図である。なお、通常、光配線とは、コアとクラッドとからなるものであるが、図４４においては、光配線のコアのみを示している。

この製造方法では、まず、光配線接続体を構成する光配線のうちの一の光配線（光配線Ａ）を出発材料とする。

上記光配線Ａの具体例としては、上述したように、光ファイバや光導波路等が挙げられ、この光配線Ａは、光配線Ｂと接続されることとなる端面の形状が光軸と垂直に交わらない形状となるように処理を施しておく。

また、ここで用いる光配線Ａは、図４４に示すように、コアのみからなるものであってもよいし、コアとクラッドとからなるものであってもよい。また、コアまたはクラッドの外周部に被覆などが存在していてもよい。

上記光配線が光ファイバである場合、その端面を上記した形状にする方法としては、研磨処理等を用いることができる。

また、上記光配線が光導波路である場合、その端面を上記した形状にする方法としては、研磨処理や、レーザやダイシングブレード等による切削加工等を用いることができる。また、光導波路を作製する際に、上記した形状の端面を有するように光導波路を作製してもよい。

次に、上述した感光性組成物中に、少なくとも光配線Ａの処理した端面が浸漬されるように、上記光配線を配置し、上記光配線を介して上記感光性組成物中に光を照射することにより、光の経路に応じたコアを形成し、光配線Ａに接続された他の光配線（光配線Ｂ）とする。

具体的には、まず、感光性組成物６００１を光配線Ａの処理した端面を包み込むように塗り付けたり（図４４（ａ）参照）、感光性組成物を容器に入れ、ここに、光配線Ａの処理した端面側を浸漬したりする。なお、図４４中、６００２が光配線Ａであり、６００２ａが光配線Ａの端面である。

また、第六群の本発明の光配線接続体は、光屈折率の異なる光配線が接続されたものであり、上述したように、接続される光配線の光屈折率と、一の光配線の端面の光軸とのなす角と、光配線同士のなす角とが、所定の関係を満足するものであることが望ましい。

従って、この自己形成光導波路の技術を利用した製造方法により光配線接続体

を製造する場合には、硬化後に所望の光屈折率となる感光性組成物を選択して使用すればよいが、これ以外の感光性組成物であっても、その光屈折率を調整することにより使用することができる。

なお、感光性組成物の光屈折率を調整する場合、硬化後の光屈折率が所望の値になるとともに、硬化前の光屈折率が所望の値になるように調整することが望ましい。

上記感光性組成物の光屈折率を調整する方法としては、第一群の本発明の第二の発明で説明した方法と同様の方法、すなわち、分子屈折や分子容を調整する方法を用いることができる。

また、上記光配線Ａの処理が施された端面は、上述したように、平坦化処理が施されていてもよいし、特に平坦化処理が施されていなくてもよく、その端面の面粗度Ｒａは、０．１μｍ以上であってもよい。

従って、上記端面は、任意の切断方法（ニッパ等の切断器具で切断する等）で所定の角度に切断しただけであってもよい。

この製造方法では、上述したように、光配線Ａの一端を包み込むように感光性組成物を塗布したり等した後、光配線Ａを介して感光性組成物６００１中に光を照射する（図４４（ｂ）参照）

このように光配線Ａを介して光を照射することにより、感光性組成物６００１が、光の経路に応じて、光配線Ａ側から硬化しはじめ、光配線Ａと結合した光導波路（光配線Ｂ）が形成されることとなる（図４４（ｃ）参照）。なお、図４４中、６００４が光配線Ｂである。

また、図４４（ｃ）に示す光配線Ｂは、コアのみからなるものであり、この状態では、コアからなる光配線Ｂの周囲の未硬化の感光性組成物がクラッドとしての役割を果たすことができるため、光信号を伝送することができる。

なお、後述するように、コアからなる光配線Ｂの周囲の未硬化の感光性組成物を硬化してコアとクラッドとからなる光配線Ｂとしてもよい。

このような第六群の本発明の光配線接続体の製造方法では、照射した光の経路に応じて、光配線Ａ側から除々に光配線Ｂが形成されていくこととなる。

従って、この製造方法で用いる感光性組成物は、硬化後に、その光屈折率が硬

化前よりも高くなるものであることが望ましい。硬化後に光屈折率が高くなることにより、光配線Ａを介して照射した光が形成された光配線Ｂに閉じ込められつつ、該光配線Ｂの先端から集中的に照射されることとなり、光の経路に応じた光導波路（光配線Ｂ）をより確実に形成することができるからである。

また、この製造方法において、感光性組成物を硬化させる際に照射する光としては特に限定されず、感光性組成物の組成を考慮して適宜選択すればよく、波長２００～５００ｎｍの紫外線を含む光等を用いることができる。

また、このような波長の光を照射する光源としては、高圧水銀ランプ等を用いることができる。また、メタルハライドランプやキセノンランプ、レーザ等も使用することができる。

また、この製造方法において、光配線Ａを介して光を照射する際には、通常、光配線Ａの感光性組成物に浸漬した側と反対側の端部から光を導入することとなるが、場合によっては、光配線Ａの側面から光を導入してもよい。光配線Ａの形状等によっては、光配線Ａの側面から光を導入したほうが、効率よく光を導入することができる場合があるからである。

このような工程を経ることにより、光配線Ａと光配線Ｂ（光導波路）とが結合した光配線接続体を製造することができる。

また、この光配線接続体の製造方法では、光配線Ａと接続され、コアからなる光配線Ｂを形成した後、上述したように、コアの周囲に硬化したクラッドを形成し、コアとクラッドとからなる光配線Ｂとしてもよい。光配線としてより安定することとなるからである。

以下、光配線Ｂをコアとクラッドとからなる光配線とする方法について説明する。

具体的には、上記コアを形成した後、その周囲の未硬化のクラッドに硬化処理を施すことにより、固体のクラッドを形成することができる。そこで、上記コアを形成した後、未硬化のクラッドに光を照射することにより、系全体を固体化することが可能である。しかしながら、上記感光性組成物として１種類の感光性組成物のみを含むものを使用する場合には、硬化処理を施してクラッドを形成することにより、コアとクラッドとがほぼ同一の光屈折率を有することとなり、コア

に光を閉じ込めることができなくなるため、光配線Ｂとして機能しなくなってしまう。

そのため、以下のような方法を用いて固体化したクラッドを形成することにより、系全体が固体化した安定な光導波路（光配線Ｂ）とすることが望ましい。

すなわち、上記コアを形成した後、その周囲の未硬化の感光性組成物を除去し、続いて、上記コアを別の樹脂や樹脂組成物に浸漬した後、硬化処理を施すことによりクラッドを形成する方法を用いることができる。しかしながら、上述したように、コアのみが硬化した状態では、該コアは非常に不安定なことがあり、この状態で未硬化の感光性組成物を除去することは、取り扱いを極めて慎重に行わなければない。

従って、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法でも説明した方法、すなわち、感光性組成物として、予め、コア形成用樹脂とクラッド形成用樹脂とを混合しておいた感光性組成物を用いてコア部とクラッド部とを形成する方法を用いることが望ましい。

ここで、上記コア形成用樹脂および上記クラッド形成用樹脂とを含む感光性組成物としては、第一群の本発明の第二の発明で用いたものと同様の感光性組成物を用いることができる。

この製造方法では、上述したように、光配線Ａを介して感光性組成物中へ光を照射する際に、コア形成用樹脂の重合は可能であるが、クラッド形成用樹脂の重合は実質的に殆ど不可能な強度の光を照射することにより、第一群の本発明の第二の発明の場合と同様、コア形成用樹脂のみが優先的に硬化し、その光の経路に応じたコア部が形成されるとともに、その周囲を未硬化の感光性組成物が包囲した状態となる。

この後、クラッド形成用樹脂を硬化することによりコア部の周囲に安定なクラッド部を形成することができる。なお、ここでは、第一群の本発明の第二の発明と同様、クラッド形成用樹脂を硬化する際に、未硬化のコア形成用樹脂が硬化することもある。

このような製造方法を用いることにより、第一の実施形態の光配線接続体を製造することができる。

また、上述した自己形成光導波路の技術を利用して、第二の実施形態の光配線接続体を製造する場合には、光配線Ａに代えて、光配線Ｃを用い、少なくとも光配線Ｃの光配線Ｄと接続されることとなる部分が、感光性組成物中に浸漬されることとなるように光配線Ｃを配置する以外は、上述した第一の実施形態の光配線接続体を製造する方法と同様の方法を用いて製造することができる。このとき、光配線Ｃの端面には、光軸とのなす角が所望の角度となるように研磨処理や切削加工を施しておく。

また、光配線Ｃの端面とのなす角は、光配線Ｃの光屈折率や形成する光配線Ｄの光屈折率、光配線Ｃの端面が光配線Ｄを形成する際に接することとなる部分の媒体（例えば、感光性組成物）の光屈折率、光配線Ｃと光配線Ｄとの折れ曲がり具合等を考慮して適宜決定すればよい。

さらに、上述した自己形成光導波路の技術を利用して、第三の実施形態の光配線接続体を製造する場合には、光配線Ａに代えて、光配線Ｅを用い、少なくとも光配線Ｅの端面および光配線Ｅの光配線Ｆと接続されることとなる部分が、感光性組成物中に浸漬されることとなるように光配線Ｅを配置する以外は、上述した第一の実施形態の光配線接続体を製造する方法と同様の方法を用いて製造することができる。このとき、光配線Ｅの端面には、光軸とのなす角が所望の角度となるように研磨処理や切削加工を施しておく。

また、光配線Ｅの端面とのなす角は、光配線Ｅの光屈折率や、形成する光配線Ｆおよび光配線Ｇの光屈折率、感光性組成物の光屈折率、光配線Ｅと光配線Ｆとの折れ曲がり具合、光配線Ｅと光配線Ｇとの折れ曲がり具合、第三の実施形態の光配線接続体を光カップラとする場合の該光カップラの特性等を考慮して適宜決定すればよい。

また、第六群の本発明の光配線接続体を製造する方法としては、反応性イオンエッチングを用いた方法、露光現像法、金型形成法、レジスト形成法、これらを組み合わせた方法等の従来公知の光導波路の形成方法を利用する方法等も用いることができる。

ここでは、上述したそれぞれの方法を用いて、第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体を製造する方法について説明する。

上記反応性イオンエッチングを用いた方法を利用する製造方法では、

(i) まず、基板や離型フィルム、クラッド用樹脂層上に、光配線Aを形成するためのコア形成用樹脂を塗布し、さらに、必要に応じて、硬化処理を施すことによりコア形成用樹脂層とする。

(ii) 次に、上記コア形成用樹脂層上に、マスク形成用の樹脂層を形成し、次いで、このマスク形成用の樹脂層に露光現像処理を施すことにより、コア形成用樹脂層上にマスク（エッチングレジスト）を形成する。

(iii) コア形成用樹脂層に反応性イオンエッチングを施すことにより、マスク非形成部分のコア形成用樹脂層を除去し、光配線Aのコアを形成する

(iv) その後、上記 (i) ～ (iii) の工程を、光配線Bを形成するためのコア形成用樹脂を用いて行い、光配線Aのコアと接続された光配線Bのコアを形成する。このような工程を経ることにより、第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体を製造することができる。

また、クラッド用樹脂層上に光配線Aおよび光配線Bのコアを形成した場合には、このコアを覆うように、さらにクラッド用樹脂層を形成してもよい。

また、場合によっては、上述した反応性イオンエッチングを用いる方法により、光配線Aと光配線Bとを別々に形成した後、両者を接続してもよい。

また、上記露光現像法を利用する製造方法では、

(i) まず、基板や離型フィルム、クラッド用樹脂層上に、光配線Aを形成するためのコア形成用樹脂を塗布し、さらに、必要に応じて、半硬化処理を施すことによりコア形成用樹脂層を形成する。

(ii) 次に、上記コア形成用樹脂層上に、光配線Aのコア形成部分に対応したパターンが描画されたマスクを載置し、その後、露光現像処理を施すことにより、光配線Aのコアを形成する。

(iii) その後、上記 (i) および (ii) の工程を、光配線Bを形成するためのコア形成用樹脂を用いて行い、光配線Aのコアと接続された光配線Bのコアを形成する。このような工程を経ることにより、第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体を製造することができる。

また、クラッド用樹脂層上に光配線Aおよび光配線Bのコアを形成した場合に

は、このコアを覆うように、さらにクラッド用樹脂層を形成してもよい。

また、場合によっては、上述した露光現像法により、光配線Ａと光配線Ｂとを別々に形成した後、両者を接続してもよい。

また、上記金型形成法を利用する方法では、

(i) まず、基板や離型フィルム、クラッド用樹脂層上に金型形成により光配線Ａのコアを形成するための溝を形成する。

(ii) 次に、上記溝内に光配線Ａを形成するためのコア形成用樹脂を印刷により充填し、その後、硬化処理を施すことにより光配線Ａのコアを形成する。

(iii) その後、上記 (i) および (ii) と同様の工程を、光配線Ｂを形成するために行い、光配線Ａのコアと接続された光配線Ｂのコアを形成する。このような工程を経ることにより、第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体を製造することができる。

また、クラッド用樹脂層上に光配線Ａおよび光配線Ｂのコアを形成した場合には、このコアを覆うように、さらにクラッド用樹脂層を形成してもよい。

また、場合によっては、上述した金型成形法により、光配線Ａと光配線Ｂとを別々に形成した後、両者を接続してもよい。

また、上記レジスト形成法を利用する製造方法では、

(i) まず、基板や離型フィルム、クラッド用樹脂層上にレジスト用樹脂組成物を塗布した後、露光現像処理を施すことにより、上記クラッド用樹脂層等上のコア非形成部分に、コア形成用レジストを形成する。

(ii) 次に、上記レジスト非形成部分に光配線Ａを形成するためのコア形成用樹脂の塗布し、さらに、コア形成用樹脂を硬化した後、上記コア形成用レジストを剥離することにより、光配線Ａのコアを形成する。

(iii) その後、上記 (i) および (ii) と同様の工程を、光配線Ｂを形成するために行い、光配線Ａのコアと接続された光配線Ｂのコアを形成する。このような工程を経ることにより、第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体を製造することができる。

また、クラッド用樹脂層上に光配線Ａおよび光配線Ｂのコアを形成した場合には、このコアを覆うように、さらにクラッド用樹脂層を形成してもよい。

また、場合によっては、上述したレジスト成形法により、光配線Ａと光配線Ｂとを別々に形成した後、両者を接続してもよい。

なお、上述した反応性イオンエッチング等を用いた方法等を利用する製造方法では、同一の材料からなるクラッドを形成している。一例としては、光配線Ａと光配線Ｂとを別々に形成した後、両者を接続する場合には、光配線Ａに形成するクラッドと光配線Ｂに形成するクラッドとは、異なる材料からなるものであってもよい。

また、ここでは、反応性イオンエッチングを用いた方法、露光現像法、金型形成法、レジスト形成法等により、第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体を製造する方法について説明したが、第六群の本発明の第二または第三の実施形態の光配線接続体も略同様の方法を用いて製造することができる。

すなわち、第六群の本発明の第二の実施形態の光配線接続体を製造する場合には、光配線Ａを形成する方法と同様の方法を用いて、光配線Ｃを形成し、光配線Ｂを形成する方法と同様の方法を用いて光配線Ｄを形成すればよい。

また、第六群の本発明の第三の実施形態の光配線接続体を製造する場合には、光配線Ａを形成する方法と同様の方法を用いて、光配線Ｅを形成し、光配線Ｂを形成する方法と同様の方法を２回繰り返すことにより、光配線Ｆおよび光配線Ｇを形成すればよい。

また、第六群の本発明の光配線接続体は、上述したように、３本以上の光配線が接続されたものであってもよい。そこで、以下に、３本の光配線が接続された光配線接続体であって、接続する光配線同士の光屈折率が異なるの光配線接続体を製造する方法を簡単に説明しておく。

図４５（ａ）～（ｃ）は、第六群の本発明の光配線接続体を製造する方法の一例を説明するための模式図である。なお、通常、光配線とは、コアとクラッドとからなるものであるが、図４５においては、光配線のコアのみを示している。

具体的には、まず、２本の光配線６０１２、６０１２′を対向配置し、この光ファイバ６０１２、６０１２′の端部間を包囲するように感光性組成物を塗布する等により、光配線６０１２、６０１２′の端部６０１２ａ、６０１２ａ′をともに、感光性組成物６０１１に浸漬する（図４５（ａ）参照）。

光配線６０１２、６０１２′の具体例としては、上述したように、光ファイバや光導波路等が挙げられ、両者の光屈折率は同一でも異なっていてもよい。また、この光配線６０１２、６０１２′のそれぞれの端面６０１２ａ、６０１２ａ′には、光軸と端面とが垂直に交わらないように処理を施しておく。

なお、光配線の端面を処理する方法としては、上述した研磨処理や切削加工等が挙げられる。また、光導波路を作製する際に、上記した形状の端面を有するように光導波路を作製してもよい。

次に、上述した感光性組成物６０１１を硬化させるための光を、一方の光配線６０１２から対向する他方の光配線６０１２′に向けて照射する（図４５（ｂ）参照）。

このように、一方の光配線６０１２から他方の光配線６０１２′に向かって光を照射することにより、感光性組成物６０１１が、光の経路に応じて、光配線６０１２側から除々に硬化し、光配線６０１２と光配線６０１２′とを接続する光配線６０１４が形成されることとなる（図４５（ｃ）参照）。

この後、必要に応じて、上記した方法と同様の方法を用いて光配線６０１４の周囲に硬化したクラッドを形成することにより、３本の光配線が接続され、それぞれの接続部で折れ曲がった光配線接続体とすることができる。

また、上述した２本の光配線間を接続する光配線接続体の製造方法では、１本の光配線のみを介して光を照射している。この方法に代えて、２本の光配線のそれぞれから他方の光配線に向かって光を照射してもよい。この場合、２本の光配線を介して同時に光を照射してもよいし、それぞれの光配線から交互に光を照射してもよい。

なお、このような製造方法で製造された光配線接続体では、光配線６０１４の光屈折率は、光配線６０１２、６０１２′の光屈折率と異なる。

次に、第七群の本発明の光導波路の形成方法について説明する。

第七群の本発明の光導波路の形成方法は、感光性組成物中に光を照射することによってその光の経路に応じた光導波路を形成する光導波路の形成方法であって、

単一の照射領域を備えた光源から出射された光を並列に載置された複数本の光配線を通過させて上記感光性組成物中に照射することにより、上記各光配線の先

端に複数本の光導波路を形成することを特徴とする。

第七群の本発明の光導波路の形成方法によれば、単一の照射領域を備えた光源に対して複数本の光導波路を一括して形成させることができるため、上述した従来の形成方法と比較して、光導波路の製造効率が飛躍的に広まる。なお、複数本の光配線に光を照射する場合でも、１本毎にレンズで集光しなくても、光源の照射出力を大きくするか、あるいは感光性組成物の感度を高くすることにより、光導波路の形成に必要な光強度は十分に確保することができる。

ところで、光源から出射される光が拡散することにより、出射光の光経路の中心付近の光強度が高く、端付近の光強度が低いという、山形の光強度分布が生じることがある。そうすると、出射光を通す光配線の位置によって入光する光の強度に差が生じ、ひいては各光配線の先端に形成される光導波路の成長速度に差が生じてしまうことになる。

従って、第七群の本発明の光導波路の形成方法では、上記光配線の入光端が、上記光源の出射端から所定距離だけ離して設けられていることが望ましい。

このようにすると、光源から出射された光の強度分布がほぼ均一な中心部分の光を複数本の光配線に入光させることが可能となる。従って、光配線の先端に形成される複数の光導波路をそれぞれ均一に形成することができるようになる。

さらに、第七群の本発明の光導波路の形成方法では、上記光源の出射端の面積は上記光配線の入光端の面積よりも大きくされていることが望ましい。この場合にも、複数本の光配線にそれぞれ均一な幾度の光を入光させることができ、光配線の先端に均一な光導波路を形成させることが可能である。

上記光源の出射端の面積を大きくする方法としては、光源から出射端までの光ガイドを太くしたり、複数本の光ガイドを束ねて使用したりする構造がある。

また、第七群の本発明の光導波路の形成方法では、上記感光性組成物に照射される光は、光学的に結合すべき対をなす一方の光配線からそれぞれ相手側の光配線に向けて照射されることが望ましい。

上記構成とすることにより、各光配線から出射される互いの出射光が重なり合う部分において、光強度が高くなる。従って、各光配線の光軸がずれていた場合でも、両光配線の端部を結ぶ経路に光導波路が形成され、高い確率で光学的な結

合を達成することが可能となる。

なお、第七群の本発明の光導波路の形成方法で用いる感光性組成物としては、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法で用いる感光性組成物と同様のもの等が挙げられる。

次に、第八群の本発明の光導波路の形成方法について説明する。

第八群の本発明の光導波路の形成方法は、樹脂収容部内に感光性組成物を収容し、上記感光性組成物内に光を照射することによって、光の照射域を線状に硬化させる光導波路の形成方法であって、

上記樹脂収容部内は、上記光の照射域から周囲に散乱した後に回帰してくる光の回帰率が上記光導波路の形成方向に沿って異なるようにしたことを特徴とする。

感光性組成物内において、光の照射域から周囲に散乱した後に回帰してくる光が多い場合には、光の照射域の光の強度が高くなり、所定以上の強度の光が分布している領域の直径が大きくなるため、形成される光導波路の直径が大きくなる。逆に、回帰してくる光が少ない場合には、光の照射域の光の強度は低くなるため、形成される光導波路の直径は小さくなる。よって、第八群の本発明の光導波路の形成方法のように、光導波路の形成方向に沿って光の回帰率を異なる構成とすることにより、軸方向における光導波路の直径をある程度の範囲内で調整することが可能となる。

このように、光導波路の形成方向に沿って光の回帰率を異ならせる方法のひとつとしては、樹脂収容部の内面における反射率を変化させる方法がある。また、他の方法としては、光の照射域と樹脂収容部の内面との距離を変化させる方法がある。

光の回帰率を光導波路の形成方向に沿って異ならせるためのひとつの方法は、上述したように、樹脂収容部の内面における光の反射率を変化させることである。

具体的には、反射率を高くするためには、光導波路を形成する感光性組成物よりも低い屈折率を有する物質にて樹脂収容部の内面を形成すればよい。そのようにすると、ある一定の入射角以上の光は樹脂収容部の内面において全反射されるので、反射率を高めることとなる。なお、物質によっては照射光を吸収するものもあるので、照射光の波長範囲において吸収効率の低いものを使用することが好

ましい。樹脂収容部の内面を構成するのに好ましい物質としては、具体的には、照射光が紫外領域の場合には石英ガラスであり、可視領域であれば石英ガラス、ソーダガラス、ホウケイ酸ガラス等であり、赤外領域では石英ガラス等である。さらに反射率を高めたい場合には、樹脂収容部の内面に例えばスパッタなどによって金属をコーティングすれば、あらゆる角度にて入射される照射光をほとんどすべて反射させることができ、感光性組成物中に照射される光の強度を高くすることができる。

一方、反射率を低くするためには、照射光を吸収させればよく、そのためには、樹脂収容部の内面を照射光を吸収させる物質にて形成すればよい。具体的には、照射光が紫外線である場合には、Ｃｅ、Ｇｅなど紫外線領域にて吸収係数の大きなものドープしたガラスが効果的であり、紫外から可視領域の場合はＦｅ、ＣＯ、Ｎｉ、Ｃｕ、Ｍｎ等の遷移金属イオンをドープした、いわゆる着色ガラスが有効である。また、ＣｄＳ－ＣｄＳｅ混晶系ガラスなどを用いたシャープカットフィルタなどは、その混晶比によって吸収波長を制御できる。また、一般に有機材料は無機材料よりも電子遷移や分子振動に基づく吸収が大きいので、紫外から赤外の領域にわたり、光を吸収することができる。あるいは、樹脂収容部の内面を、光導波路を形成する感光性組成物とほぼ同じ屈折率を有する物質にて形成すればよい。同じ屈折率であれば光は反射されないため、反射率は低くなる。

また、光の回帰率を光導波路の形成方向に沿って異ならせるための他の方法は、照射された光を透過させることである。その一番簡単な方法は、光導波路が形成される領域の近接に何も置かないことである。領域の遠方には異物質があってもよく、この場合は反射される光があっても充分にその強度は減衰するので、形成される光導波路の形状にはほとんど影響を及ぼさない。

上述した内容を確認するために下記の手順にて実験を行い、光導波路の形成状況について観察を行った。

① ファイバカッタなどで端面処理を施したＧＩ型石英製マルチモードファイバ（フジクラ社製；コア／クラッド＝５０μｍ／１２５μｍ）を１ｍ程度用意した。

② ファイバの片端より、高圧水銀ランプを光源とした紫外線照射装置（松下

マシンアンドビジョン社製、５２５２Ｌ）より紫外線を入射した。ファイバの出射端から出射される紫外線照度を紫外線照度計（ウシオ電機社製ＵＩＴ－１５０）を用いて０．７～０．８mW／ｃｍ^{2}になるように、高圧水銀にランプの照射強度を調整した。

＜自由空間での形成＞

③－Ａ　長さ１ｃｍ、内径６mm程度のアクリル製の筒を用意し、底面をスライドガラス上に接着剤にて固定した。筒内部に紫外線を照射することによりラジカル重合を起こす紫外線硬化型樹脂（ロックタイト社製、Ｌｏｃｔｉｔｅ３５８）を注ぎこみ、出射側のファイバ端を樹脂の中に入れた。ファイバは筒の中心部あたりに位置させ、動かないように固定した。

＜ガラスＶ溝中の形成＞

③－Ｂ　出射側のファイバの端部を石英ガラス製の光ファイバ用Ｖ溝基板（モリテックス社製石英Ｖ溝）に位置させ、さらにそのファイバの端部全体に、上記紫外線硬化型樹脂を隙間無く埋まる様に塗布した。石英製Ｖ溝押さえ板にてファイバの端部および紫外線硬化型樹脂を動かない様に挟み込んだ。

④　③－ＡおよびＢの状態にファイバを保持したまま、②にて照度を調整した紫外線をファイバの出射端より紫外線硬化型樹脂中に照射した。

上記①～④の操作を行い、ファイバの出射端より自己形成される光導波路を観察したところ、③－ＡおよびＢのいずれの方法においても１０秒で約１．５mmの光導波路が形成されることが顕微鏡（キーエンス社製ＶＨ－７０００）上確認された。

また、可視光をファイバの出射端より照射し、光導波路からの漏光を観察することによっても、光導波路の形状に沿って漏光が観察され、出射した光が光導波路内に閉じこめられていることを確認した。

さらに上記のように形成した光導波路の軸方向における径の変化を確認したところ、いずれも出射端近傍の光導波路の径はファイバのコアと同じく５０μm程度であり、出射端近傍から離れるにつれて少しずつ太くなり、５００μmから６００μm離れたところでは径が６０μm程度であった。しかし③－Ａに示した方法にて作製した光導波路はその後徐々に細くなり、１mm付近の径は約４５μm、

１．２ｍｍ付近の径は約３０μｍであった。一方、③－Ｂで作製した光導波路は１ｍｍ付近の径は約６５μｍ、１．２ｍｍ付近でも約５０μｍの径を保持していた。

上記実験結果からわかるように、紫外線の照射域とアクリル製の筒との間に距離を設けた③－Ａにおいては、照射域内に回帰する光の強度が非常に弱いため、先端側ほど光の強度が徐々に低下して形成される光導波路の径が小さくなる。これに対し、紫外線を反射する石英製のＶ溝基板のＶ溝中に紫外線を照射した③－Ｂにおいては、照射域から散乱した光はＶ溝および押さえ板表面で反射され、照射域内に回帰して光の強度が高くなるため、径の大きい光導波路が得られる。

なお、第八群の本発明の光導波路の形成方法で用いる感光性組成物としては、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法で用いる感光性組成物と同様のもの等が挙げられる。

発明を実施するための最良の形態

以下、上述した第一群～第八群の本発明に係る実施形態について詳細に説明する。なお、第一群～第八群の本発明に係る実施形態は、これらに限定されるわけではない。

（実施例１）

Ａ．感光性組成物の準備

感光性組成物として、紫外線照射時にラジカル重合反応により硬化するアクリレート系の紫外線硬化性接着剤（ロックタイト社製、Ｌｏｃｔｉｔｅ３５８；以下、樹脂Ａという）を用意した。

なお、この樹脂Ａの波長５８９ｎｍにおける光屈折率は、硬化前：約１．４８、硬化後：約１．５１である。

Ｂ．光導波路の形成（図２４参照）

（１）ＧＩ型石英製マルチモードファイバ（フジクラ社製、コア／クラッド＝５０μｍ／１２５μｍ）を１ｍ程度用意した。

なお、この光ファイバは、感光性組成物に浸漬する側を切断用治具（ニッパ）で切断した後、通常の方法で端面側から１０ｍｍ程度の被覆層を剥がしてクラッ

ドを露出させ、その後は特に平坦化処理を施さなかったものである。

また、光ファイバの感光性組成物に浸漬する側のコアの端面の粗度は、Ｒａが１μｍで、Ｒｍａｘが１０μｍであった。なお、この端面の粗度は、キーエンス社製のレーザ変位計を用いて測定した。

また、この光ファイバのコアの波長５８９ｎｍにおける光屈折率は、約１．４８である。

（２）次に、光ファイバ１００２の一端に、２５０Ｗの高圧水銀ランプを光源とした紫外線照射装置１００５（松下マシンアンドビジョン社製、５２５２Ｌ）より２００～５００ｎｍの波長範囲に分光分布を持つ紫外線を含む光を入射して、光ファイバ１００２の他端から出射される紫外線照度を紫外線照度計（ウシオ電機社製、ＵＩＴ－１５０）を用いて０．３ｍＷ／ｃｍ^{2}になるように調整した。

（３）次に、出射側の光ファイバ１００２の端部を光ファイバ用Ｖ溝基板１００６（モリテックス社製、石英Ｖ溝）に位置させ、さらに、その光ファイバ１００２の端部全体に、上記Ａの工程で用意した感光性組成物１００１を隙間無く埋まるように塗布した。その後、Ｖ溝押さえ板にて光ファイバ１００２の端部および感光性組成物１００１を動かないように挟み込んだ。

（４）次に、上記（３）の状態に光ファイバ１００２を保持したまま、上記（２）にて照度を調整した紫外線を含む光を光ファイバ１００２の出射端より感光性組成物１００１中に照射し、コア部を形成した。

また、この（４）の工程においては、紫外線を含む光を１秒間、３秒間、および、１０秒間照射した際に、形成したコア部の形状を顕微鏡（キーエンス社製、ＶＨ－７０００）を用いて観察した。その結果、紫外線を含む光を１秒間照射した際には約３００μｍ、３秒間の照射では約５００μｍ、１０秒間の照射では約１ｍｍのコア部が形成されていた。

上記（４）の工程終了後に、形成されたコア部に、可視光を光ファイバ１００２の出射端より照射し、光導波路からの漏光観察したところ、光導波路形状に沿って漏光が観察され、安定した光導波路が形成されていることが確認された。

また、本実施例で形成した光導波路のコア部の光屈折率は、該コア部が接続された光ファイバ１００２のコアの光屈折率の１０２％である。

なお、この光配線のコアの光屈折率に対する、光導波路のコア部の光屈折率の相対値（１０２％）は、上述した光ファイバのコアの波長５８９ｎｍにおける光屈折率（約１．４８）と、上記樹脂Ａの波長５８９ｎｍにおける硬化後の光屈折率（約１．５１）とから算出したものである。また、以下の実施例、参考例および比較例においてもその算出方法は同様である。

また、このようにして作製した、光ファイバと光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、５０ｄＢであった。なお、反射減衰量の測定は、ＪＩＳ　Ｃ　５９６１　６．２．４に記載されている方法（４）に準じて行った。

（実施例２）

実施例１のＢの（３）の工程において、照射光の光路上に石英ガラスからなるあて板を、光ファイバの端面に対する傾きが４５°となるように配置した以外は、実施例１と同様にして光導波路を形成した（図１５参照）。

本実施例で形成した光導波路を顕微鏡観察したところ、光導波路の光ファイバと結合した側と反対側の端面に、光ファイバの端面に対する傾きが４５°の光路変換ミラーが形成されていることが確認できた。

また、本実施例で形成した光導波路について、未硬化の感光性組成物を取り除き、コア部の周囲を空気からなるクラッド部とした状態で、実施例１と同様に、可視光を光ファイバの出射端より照射したところ、光導波路の光ファイバと結合した側と反対側の端面において、可視光の光路が９０°変換されていることが確認された。

また、本実施例で作製した、光ファイバと光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、５０ｄＢであった。

（実施例３）

実施例１のＢの（３）の工程において、照射光の光路上に、その反射面の材質がアルミニウムであるミラーを、光ファイバの端面に対する傾きが４５°となる

ように配置した以外は、実施例１と同様にして光導波路を形成した（図１６参照）。

本実施例で形成した光導波路を顕微鏡観察したところ、光導波路が途中で９０°屈曲していることが確認できた。

また、本実施例で形成した光導波路について、実施例１と同様に、可視光を光ファイバの出射端より照射し、光導波路の漏光を観察したところ、光導波路の途中で光路が９０°変換されていることが確認された。

また、本実施例で作製した、光ファイバと光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、５０ｄＢであった。

（実施例４）

実施例１のＢの（３）の工程において、照射光の光路上の一部に、その反射面の材質がアルミニウムであるミラーを、光ファイバの端面に対する傾きが４５°となるように配置した以外は、実施例１と同様にして光導波路を形成した（図１８（ｂ）参照）。

本実施例で形成した光導波路を顕微鏡観察したところ、光導波路の途中に光路変換ミラーが形成されるとともに、該光導波路がこの部分で２方向に分岐していることが確認された。

また、本実施例で形成した光導波路について、実施例１と同様に、可視光を光ファイバの出射端より照射し、光導波路の漏光を観察したところ、光導波路の途中で光路が２つに分岐していることが確認され、さらに、２つの端面のそれぞれから可視光が出射していることが確認された。

また、本実施例で作製した、光ファイバと光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、５０ｄＢであった。

（実施例５）

Ａ．感光性組成物の調製

実施例１のＡと同様、樹脂Ａを用意した。

Ｂ．光導波路の形成（図２５参照）

（１）実施例１で用いたものと同様の長さ１ｍ程度のＧＩ型石英製マルチモー

ドファイバ（フジクラ社製、コア／クラッド＝５０μｍ／１２５μｍ）を２本ずつ、５組（計１０本）用意した。なお、光ファイバとしては、感光性組成物に浸漬する側を切断用治具（ニッパ）により切断した後、通常の方法により端面から１０ｍｍ程度の被覆層を剥がしてクラッドを露出させ、その後、特に平坦化処理を施さなかったものを用いた。これらの光ファイバの端面の粗度は、各光ファイバにおいてバラツキがあったが、平均してＲａが２μｍで、Ｒｍａｘが２０μｍであった。

（２）上記一組の光ファイバ１０１２、１０１２′の片端より、２５０Ｗの高圧水銀ランプを光源とした紫外線照射装置１０１５（松下マシンアンドビジョン社製、５２５２Ｌ）より２００～５００ｎｍの波長範囲に分光分布を持つ紫外線を含む光を入力して、出射側とするそれぞれの光ファイバ１０１２、１０１２′のもう一方の端から照射される紫外線照度を紫外線照度計（ウシオ電機社製、ＵＩＴ－１５０）を用いて０．３ｍＷ／ｃｍ^{2}になるように調整をした。

（３）次に、それぞれの出射側の光ファイバ１０１２、１０１２′の端部を５００μｍ程度の間隔をあけて光ファイバ用Ｖ溝基板１０１６（モリテックス社製、石英Ｖ溝）に付き合わせて位置させ、さらにその付き合わせ部全体に、上記Ａの工程で用意した感光性組成物１０１１を光ファイバ１０１２、１０１２′間に隙間無く埋まるように塗布した。その後、Ｖ溝押さえ板にて付き合わせ部および感光性組成物１０１１を動かないように挟み込んだ。

（４）上記（３）の状態に光ファイバ１０１２、１０１２′を保持したまま、一方の光ファイバ１０１２の入射側に波長８５０ｎｍのＬＥＤ光源（安藤電機製、ＡＱ２１４０およびＡＱ４２１５）を用いて、出力約－１０ｄＢｍ（約０．１ｍＷ）の光を入射し、他方の光ファイバ１０１２′の入射側から出射される光出力をパワーメータ（安藤電機社製、ＡＱ２１４０およびＡＱ２７３０）を用いて測定した。

（５）さらに、上記（３）の状態に光ファイバ１０１２、１０１２′を保持したまま、上記（２）で照度を調整した紫外線を含む光を含む光をそれぞれの光ファイバ１０１２、１０１２′の出射端より同時に、感光性組成物１０１１中に１

～２秒間照射した。

上記（１）～（４）の工程を、５組の光ファイバのそれぞれについて行ったところ、感光性組成物１０１１の硬化が未だ行われておらず、上記（４）の工程終了時においては、全ての組において８ｄＢ以上の光出力の損失が測定された。また、上記（５）の工程終了時においては、全ての組で双方の光ファイバ１０１２、１０１２′の出射端よりコア部が形成され、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが顕微鏡で観察された。

また、上記（５）の工程終了後、上記（４）の工程で用いた方法と同様の方法により、波長８５０ｎｍでの光出力の損失を測定したところ、１．６～３．３ｄＢであり、この値は上記（４）の工程終了後に各組の光ファイバ間で測定した値よりも大幅に減少していた。このことは、各組の光ファイバにおいて、２本の光ファイバ１０１２、１０１２′が確実に光結合されていることを示しており、上記（５）の工程終了後、コア部を介して光が導波していることが確認された。

また、本実施例で作製した、２本の光ファイバと光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、５組とも５０ｄＢ以上であった。

なお、本実施例で形成した光導波路のコア部の光屈折率は、該コア部が接続された光ファイバのコアの光屈折率の１０２％である。

（実施例６）

実施例５のＢの（１）の工程において、実施例１で用いたものと同様の長さ１ｍ程度のＧＩ型石英製マルチモードファイバを２本ずつ、５組（計１０本）用意した。なお、光ファイバとしては、感光性組成物に浸漬する側を切断用治具（ニッパ）により切断した後、被覆層を剥がす処理を施さず、さらに、特に平坦化処理も施さなかったものを用いた以外は実施例１と同様にして光導波路を形成した。なお、切断した光ファイバの端面の粗度は、各光ファイバにおいてバラツキがあったが、平均してＲａが２μｍで、Ｒｍａｘが２０μｍであった。また、本実施例で使用した光ファイバは、感光性組成物に浸漬する側の端面付近に被覆層が残っている。

本実施例で形成した光導波路について、コア部の形状を顕微鏡観察したところ

、安定な形状で観察され、また、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが顕微鏡で観察された。

さらに、実施例５で用いた方法と同様の方法を用いて、５組の光ファイバについて、光出力の損失を測定したところ、各組ともに光ファイバから同時に光照射した前後において、上記損失が８ｄＢ以上から、１．５～３．３ｄＢに大幅に減少していることが確認された。

また、本実施例で作製した、２本の光ファイバと光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、５組とも５０ｄＢ以上であった。

なお、本実施例で形成した光導波路のコア部の光屈折率は、該コア部が接続された光ファイバのコアの光屈折率の１０２％である。

（実施例７）

Ａ．感光性組成物の準備

感光性組成物として、紫外線照射時に硬化する紫外線硬化性接着剤（アーデル社製、ＯＰＴＯＫＬＥＢ　ＨＶ１６；以下、樹脂Ｂという）を用意した。

なお、この樹脂Ｂの波長５８９ｎｍにおける光屈折率は、硬化前：約１．５７、硬化後：約１．６０である。

Ｂ．光導波路の形成

上記Ａの工程で用意した感光性組成物（樹脂Ｂ）を用いた以外は、実施例５と同様にして、上記樹脂Ｂからなる光導波路のコア部を形成した。このコア部の形状を顕微鏡観察したところ、安定な形状で観察された。また、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが確認された。

さらに、実施例５で用いた方法と同様の方法を用いて、５組の光ファイバについて、光出力の損失を測定したところ、各組ともに光ファイバから同時に光照射した前後において、上記損失が８ｄＢ以上から、２．３～６．５ｄＢに減少していることが確認された。

また、本実施例で作製した、２本の光ファイバと光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、５組とも５０ｄＢ以上であった。

なお、本実施例で形成した光導波路のコア部の光屈折率は、該コア部が接続さ

れた光ファイバのコアの光屈折率の１０８％である。

（実施例８）

Ａ．感光性組成物の準備

感光性組成物として、上記樹脂Ｂ、および、紫外線照射時に硬化するアクリレート系の紫外線硬化性接着剤（ダイキン社製、オプトダイン　ＵＶ２０００；以下、樹脂Ｃという）を用意した。

なお、この樹脂Ｃの波長５８９ｎｍにおける光屈折率は、硬化前：約１．４５、硬化後：約１．４８である。

Ｂ．光配線の形成（図７２参照）

（１）平坦な石英ガラス板１５１４上に、上記樹脂Ｂをスピンコートで、硬化後の膜厚が約４０μｍとなるように塗布し、コア形成用樹脂層１５１３′を形成した（図７２（ａ）参照）。

（２）次に、コアパターン（幅４０μｍ）が描画されたマスク（図示せず）を、コア形成用樹脂層上に載置し、その後、露光処理を施して直線状のコア１５１３を形成した。さらに、未露光部分をアルコールで除去した後（図７２（ｂ）参照）、形成したコア１５１３の上に上記樹脂Ｃを適量塗布し、その後、露光処理を施して上記樹脂Ｃを硬化させた。

（３）このような工程を経ることにより、コア１５１３が樹脂Ｂの硬化物からなり、クラッドが石英ガラス１５１４と樹脂Ｃの硬化物１５１５とからなる光配線（直線状導波路）を形成した（図７２（ｃ）参照）。

（４）以上の光配線を５本作製し、それぞれの配線をほぼ真中で破断切断した。

Ｃ．光導波路の形成（図７３参照）

（１）上記Ｂの工程を経て作製した５組（計１０本）の光配線（直線状導破路）を用意した。なお、光配線の感光性組成物に浸漬する側のコアの端面は、破断切断した後、特に、平坦化処理を施さなかったものを用いた。これらの光配線の端面の粗度は、各光配線のそれぞれでばらつきはあったが平均してＲａが２μｍで、Ｒｍａｘが２０μｍであった。

（２）上記一組の光配線１５１２、１５１２′の片端より、２５０Ｗの高圧水

銀ランプを光源とした紫外線照射装置（松下マシンアンドビジョン社製、５２５２Ｌ）より２００～５００ｎｍの波長範囲に分光分布を持つ紫外線を含む光を、光ファイバを通じて入力して、出射側とするそれぞれの光配線１５１２、１５１２′のもう一方の端から照射される紫外線照度を紫外線照度計（ウシオ電機社製、ＵＩＴ－１５０）を用いて０．３ｍＷ／ｃｍ^{2}になるように調整をした。

（３）次に、それぞれの出射側の光配線１５１２、１５１２′の端部を５００μｍ程度の間隔をあけて付き合わせて位置させ、さらにその付き合わせ部全体に、上記Ａの工程で用意した感光性組成物（樹脂Ｃ）１５１１を光配線１５１２、１５１２′間に隙間無く埋まるように塗布した（図７３（ａ）参照）。その後、押さえ板にて付き合わせ部および樹脂Ｃを動かないように挟み込んだ。

（４）上記（３）の状態に光配線１５１２、１５１２′を保持したまま、一方の光配線１５１２の入射側に波長８５０ｎｍのＬＥＤ光源（安藤電機製、ＡＱ２１４０およびＡＱ４２１５）を用いて、出力約－１０ｄＢｍ（約０．１ｍＷ）の光を入射し、他方の光配線１５１２′の入射側から出射される光出力をパワーメータ（安藤電機社製、ＡＱ２１４０およびＡＱ２７３０）を用いて測定した。

（５）さらに、上記（３）の状態に光配線１５１２、１５１２′を保持したまま、上記（２）の工程で照度を調整した紫外線を含む光をそれぞれの光配線１５１２、１５１２′の出射端より同時に、感光性組成物（樹脂Ｃ）１５１１中に１～２秒間照射した（図７３（ｂ）参照）。

上記（５）の工程終了時においては、全ての組で双方の光配線１５１２、１５１２′の出射端よりコア部が形成され、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが顕微鏡で観察された（図７３（ｃ）参照）。

実施例５で用いた方法と同様の方法を用いて、５組の光配線について、光出力の損失を測定したところ、各組ともに光配線から同時に光を照射した前後において、上記損失が８ｄＢ以上から２．５～６．８ｄＢへと減少していることが確認された。

また、本実施例で作製した、２本の光配線と光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、５組とも５０ｄＢ以上であった。

なお、本実施例で形成した光導波路のコア部の光屈折率は、該コア部が接続された光配線のコアの光屈折率の９３％である。

（実施例９）

Ａ．感光性組成物の準備

感光性組成物として、紫外線照射時に硬化する紫外線硬化性接着剤（Ｎｏｌａｎｄ社製、ＮＯＡ７２；以下、樹脂Ｄという）を用意した。

なお、この樹脂Ｄの波長５８９ｎｍにおける光屈折率は、硬化前：約１．５３、硬化後：約１．５６である。

Ｂ．光導波路の形成

上記Ａの工程で用意した感光性組成物（樹脂Ｄ）を用いた以外は、実施例５と同様にして、上記樹脂Ｄからなる光導波路のコア部を形成した。このコア部の形状を顕微鏡観察したところ、安定な形状で観察された。また、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが確認された。

さらに、実施例５で用いた方法と同様の方法を用いて、５組の光ファイバについて、光出力の損失を測定したところ、各組ともに光ファイバから同時に光照射した前後において、上記損失が８ｄＢ以上から、２．１～５．７ｄＢにかなり減少していることが確認された。

また、本実施例で作製した、２本の光ファイバと光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、５組とも５０ｄＢ以上であった。

なお、本実施例で形成した光導波路のコア部の光屈折率は、該コア部が接続された光ファイバのコアの光屈折率の１０５％である。

（実施例１０）

Ａ．感光性組成物の準備

感光性組成物として、上記樹脂Ｃ、および、上記樹脂Ｄを用意した。

Ｂ．光配線の形成

実施例８のＢの（１）～（４）の工程と同様の方法を用いて、コアが樹脂Ｄの硬化物からなり、クラッドが石英ガラスと樹脂Ｃの硬化物とからなる光配線（直線状導波路）を５本形成し、それぞれの光配線をほぼ真中で破断切断した。

Ｃ．光導波路の形成

（１）上記Ｂの工程を経て作製した５組（計１０本）の光配線（直線状導破路）を用意した。なお、光配線の感光性組成物に浸漬する側のコアの端面は、破断切断した後、特に、平坦化処理を施さなかったものを用いた。これらの光配線の端面の粗度は、各光配線のそれぞれでばらつきはあったが平均してＲａが２μｍで、Ｒｍａｘが２０μｍであった。

これらの光配線を用い、実施例８のＣの（２）～（５）の工程と同様の方法を用いて、コアが樹脂Ｃよりなる光導波路の形成を行った後、コア部の形状を顕微鏡で観察したところ、安定な形状で観察された。また、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが顕微鏡で観察された。

また、実施例５と同様の方法を用いて、光出力の損失を５組の光配線について測定したところ、各組ともに光配線から同時に光を照射した前後において、上記損失が８ｄＢ以上から１．９～５．６ｄＢと、かなり減少していることが確認された。

また、本実施例で作製した、２本の光配線と光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、５組とも５０ｄＢ以上であった。

なお、本実施例で形成した光導波路のコア部の光屈折率は、該コア部が接続された光配線のコアの光屈折率の９５％である。

（実施例１１）

Ａ．感光性組成物の準備

感光性組成物として、上記樹脂Ａ、および、上記樹脂Ｃを用意した。

Ｂ．光配線の形成

実施例８のＢの（１）～（４）の工程と同様の方法を用いて、コアが樹脂Ａの硬化物からなり、クラッドが石英ガラスと樹脂Ｃの硬化物とからなる光配線（直線状光導波路）を５本形成し、それぞれの配線を真中より破断切断した。

Ｃ．光導波路の形成

（１）上記Ｂの工程を経て作製した５組（計１０本）の光配線（直線状導破路）を用意した。なお、光配線の感光性組成物に浸漬する側のコアの端面は、破断

切断した後、特に、平坦化処理を施さなかったものを用いた。これらの光配線の端面の粗度は、各光配線のそれぞれでばらつきはあったが平均してＲａが２μｍで、Ｒｍａｘが２０μｍであった。

これらの光配線を用い、実施例８のＣの（２）～（５）の工程と同様の方法を用いて、コアが樹脂Ｃよりなる光導波路の形成を行った後、コア部の形状を顕微鏡で観察したところ、安定な形状で観察された。また、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが顕微鏡で観察された。

また、実施例５と同様の方法を用いて、光出力の損失を５組の光配線について測定したところ、各組ともに光配線から同時に光を照射した前後において、上記損失が８ｄＢ以上から１．８～３．４ｄＢと、大幅に減少していることが確認された。

また、本実施例で作製した、２本の光配線と光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、５組とも５０ｄＢ以上であった。

なお、本実施例で形成した光導波路のコア部の光屈折率は、該コア部が接続された光配線のコアの光屈折率の９８％である。

（実施例１２）

Ａ．感光性組成物の準備

感光性組成物として、樹脂Ｃを用意した。

Ｂ．光導波路の形成

上記Ａに代えて、上記Ａの工程で用意した感光性組成物（樹脂Ｃ）を用いた以外は、実施例５と同様にして、上記樹脂Ｃからなる光導波路のコア部を形成した。このコア部の形状を顕微鏡観察したところ、安定な形状で観察された。また、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが確認された。

さらに、実施例５で用いた方法と同様の方法を用いて、５組の光ファイバについて、光出力の損失を測定したところ、各組ともに光ファイバから同時に光照射した前後において、上記損失が８ｄＢ以上から、１ｄＢ以下に大幅に減少していることが確認された。

また、本実施例で作製した、２本の光ファイバと光導波路とからなる光伝送構

造体の反射減衰量を測定したところ、５組とも６０ｄＢ以上であった。

なお、本実施例で形成した光導波路のコア部の光屈折率は、該コア部が接続された光ファイバのコアの光屈折率の１００％である。

（参考例１）

Ａ．感光性組成物の準備

感光性組成物として、樹脂Ｃ、紫外線照射時に硬化する紫外線硬化性接着剤（ダイキン社製、オプトダイン　ＵＶ１０００；以下、樹脂Ｅという）、および、同じく紫外線照射時に硬化する紫外線硬化性接着剤（アーデル社製、ＯＰＴＯＫＬＥＢ　ＨＶ１５３；以下、樹脂Ｆという）を用意した。

なお、この樹脂Ｅの波長５８９ｎｍにおける光屈折率は、硬化前：約１．４２、硬化後：約１．４５であり、樹脂Ｆの波長５８９ｎｍにおける光屈折率は、硬化前：約１．６０、硬化後：約１．６３である。

Ｂ．光配線の形成

実施例８のＢの（１）～（４）の工程と同様の方法を用いて、コアが樹脂Ｆの硬化物からなり、クラッドが石英ガラスと樹脂Ｃの硬化物とからなる光配線（直線状導波路）を５本形成し、それぞれの光配線をほぼ真中で破断切断した。

Ｃ．光導波路の形成

（１）上記Ｂの工程を経て作製した５組（計１０本）の光配線（直線状導破路）を用意した。なお、光配線の感光性組成物に浸漬する側のコアの端面は、破断切断した後、特に、平坦化処理を施さなかったものを用いた。これらの光配線の端面の粗度は、各光配線のそれぞれでばらつきはあったが平均してＲａが２μｍで、Ｒｍａｘが２０μｍであった。

（２）これらの光配線を用い、さらに、樹脂Ｃに代えて樹脂Ｅを用いた以外は、実施例８のＣの（２）～（５）の工程と同様にして、コア部が樹脂Ｅよりなる光導波路の形成を行った後、コア部の形状を顕微鏡で観察したところ、安定な形状で観察された。また、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが顕微鏡で観察された。

また、実施例５と同様の方法を用いて、光出力の損失を５組の光配線について

測定したところ、各組ともに光配線から同時に光を照射した前後において、上記損失が８ｄＢ以上から３．１～７．９ｄＢと、減少していることが確認された。

また、本参考例で作製した、２本の光配線と光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、５組とも５０ｄＢ以上であった。

なお、本参考例で形成した光導波路のコア部の光屈折率は、該コア部が接続された光配線のコアの光屈折率の８９％である。

（参考例２）

Ａ．感光性組成物の準備

感光性組成物として、上記樹脂Ｅ、および、樹脂Ｆを用意した。

Ｂ．光配線の形成（図７４参照）。

（１）平坦な石英ガラス板５２４上に、旭硝子社製、サイトップ（以下、樹脂Ｇという）をスピンコートで、乾燥後の膜厚が約２０μｍとなるように塗布し、乾燥して下部クラッド５２５ａを形成した。

なお、上記樹脂Ｇの波長５８９ｎｍにおける光屈折率は、乾燥後、約１．３４である。

（２）形成した下部クラッド５２５ａに、上記樹脂Ｅをスピンコートで、硬化後の膜厚が約４０μｍとなるように塗布し、コア形成用樹脂層５２３′を形成した（図７４（ａ）参照）。

（３）次に、コアパターン（幅４０μｍ）が描画されたマスク（図示せず）を、コア形成用樹脂層５２３′上に載置し、その後、露光処理を施して直線状のコア５２３を形成した。

（４）さらに、コア形成用樹脂層５２３′の未露光部分をアルコールで除去し（図７４（ｂ）参照）、その後、コア５２３上を含む下部クラッド５２５ａ上に、上記樹脂Ｇを適量塗布、乾燥し、コア５２３の周囲にクラッド５２５を形成した。

このような工程を経ることにより、コアが樹脂Ｅの硬化物からなり、クラッドが樹脂Ｇからなる光配線（直線状導波路）を形成した（図７４（ｃ）参照）。

（５）以上の光配線を５本作製し、それぞれの配線をほぼ真中で破断切断した

。

C．光導波路の形成

（1）上記Bの工程を経て作製した5組（計10本）の光配線（直線状導破路）を用意した。なお、光配線の感光性組成物に浸漬する側のコアの端面は、破断切断した後、特に、平坦化処理を施さなかったものを用いた。これらの光配線の端面の粗度は、各光配線のそれぞれでばらつきはあったが平均してRaが2μmで、Rmaxが20μmであった。

これらの光配線を用い、さらに、樹脂Cに代えて樹脂Fを用いた以外は、実施例8のCの（2）～（5）の工程と同様にして、コアが樹脂Fよりなる光導波路の形成を行った後、コア部の形状を顕微鏡で観察したところ、安定な形状で観察された。また、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが顕微鏡で観察された。

実施例5で用いた方法と同様の方法を用いて、5組の光配線について、光出力の損失を測定したところ、各組ともに光配線から同時に光を照射した前後において、上記損失が8dB以上から2．9～7．8dBへと減少していることが確認された。

また、本参考例で作製した、2本の光配線と光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、5組とも50dB以上であった。

なお、本参考例で形成した光導波路のコア部の光屈折率は、該コア部が接続された光配線のコアの光屈折率の112%である。

（比較例1）

（1）実施例1で使用したものと同様のGI型石英製マルチモードファイバを2本ずつ、5組（計10本）用意した。なお、光ファイバの他方の光ファイバと付き合わせる側のコアの端面は、切断用治具（ニッパ）を用いて切断した後、通常の方法で端面側から10mm程度の被覆層を剥がしてクラッドを露出させ、その後は、特に平坦化処理を施さなかった。これら端面の粗度は、各光ファイバそれぞれでばらつきはあったが平均してRaが2μmで、Rmaxが20μmであった。

この一組の光ファイバを光ファイバ用Ｖ溝基板（モリテックス社製、石英Ｖ溝）上で、５００μｍ程度の間隔をあけて付き合わせて載置した。

その後、Ｖ溝押さえ板を用いて、２本の光ファイバを動かないように固定した。

この付き合わせて接続した２本の光ファイバの反射減衰量を、５組それぞれについて測定したところ、全ての組で２５ｄＢ以上であった。なお、反射減衰量の測定は、ＪＩＳ　Ｃ　５９６１　６．２．４に記載されている方法（４）に準じて行った。

また、比較例１で対向配置した５組の光ファイバ間の接続損失を測定したところ、３０～５５ｄＢであった。なお、接続損失の測定は、実施例５の（４）の工程で用いた方法と同様の方法、すなわち、一の光ファイバの付き合わせた側と反対の側から出力約－１０ｄＢｍ（約０．１ｍＷ）の光を入射し、他方の光ファイバの付き合わせた側と反対の側から出射される光出力を測定する方法を用いた。

なお、本比較例では、光導波路を形成していないが、２本の光ファイバの間隙には空気（光屈折率：１．００）が存在しており、これは、接続された光ファイバのコアの光屈折率の６８％である。

（比較例２）

実施例１２において、下記の光ファイバを用いた以外は、実施例１２と同様にして光伝送構造体を作製した。

すなわち、実施例１２で用意したものと同様の長さ１ｍ程度のＧＩ型石英製マルチモードファイバを２本ずつ、５組（計１０本）用意し、光ファイバの感光性組成物に浸漬する側のコアの端面を、切断用治具（ニッパ）を用いて切断した後、通常の方法で端面側から１０ｍｍ程度の被覆層を剥がしてクラッドを露出させ、さらに端面をアルミナ砥粒を用いて垂直、平滑に研磨した光ファイバを用いた。これら端面の粗度は、各光ファイバのそれぞれでばらつきはあったが平均してＲａが０．０５μｍであった。

上記した端面処理を施した光ファイバを用い、実施例１２と同様にして上記樹脂Ｃからなる光導波路のコア部を形成し、このコア部の形状を顕微鏡観察したと

ころ、安定な形状で観察された。また、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが確認された。

さらに、実施例１２で用いた方法と同様の方法を用いて、５組の光ファイバについて、光出力の損失を測定したところ、各組ともに光ファイバから同時に光照射した前後において、上記損失が８ｄＢ以上から、１ｄＢ以下に大幅に減少していることが確認された。

また、本比較例で作製した、２本の光ファイバと光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、５組とも６０ｄＢ以上であった。

なお、本実施例で形成した光導波路のコア部の光屈折率は、該コア部が接続された光ファイバのコアの光屈折率の１００％である。

（比較例３）

実施例１２において、下記の光ファイバを用いた以外は、実施例１２と同様にして光伝送構造体を作製した。

すなわち、実施例１２で用意したものと同様の長さ１ｍ程度のＧＩ型石英製マルチモードファイバを２本ずつ、５組（計１０本）用意し、光ファイバの感光性組成物に浸漬する側のコアの端面を、切断用治具（ニッパ）を用いて切断した後、通常の方法で端面側から１０ｍｍ程度の被覆層を剥がしてクラッドを露出させ、光ファイバカッタを用いて切断することにより、端面を垂直に鏡面処理した光ファイバを用いた。これら端面の粗度は、各光ファイバのそれぞれでばらつきはあったが平均してＲａが０．０１μｍ以下であった。

上記した端面処理を施した光ファイバを用い、実施例１２と同様にして上記樹脂Ｃからなる光導波路のコア部を形成し、このコア部の形状を顕微鏡観察したところ、安定な形状で観察された。また、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが確認された。

さらに、実施例１２で用いた方法と同様の方法を用いて、５組の光ファイバについて、光出力の損失を測定したところ、各組ともに光ファイバから同時に光照射した前後において、上記損失が８ｄＢ以上から、１ｄＢ以下に大幅に減少していることが確認された。

また、本比較例で作製した、２本の光ファイバと光導波路とからなる光伝送構造体の反射減衰量を測定したところ、５組とも６０ｄＢ以上であった。

なお、本実施例で形成した光導波路のコア部の光屈折率は、該コア部が接続された光ファイバのコアの光屈折率の１００％である。

実施例１～１２、参考例１～２、および、比較例１～３の結果を表１に示す。

表１

	光配線の端面形状	光配線の端面状態		①光配線のコアの屈折率	②光導波路のコア層の屈折率	①に対する②の相対値(%)	光配線間の接続損失 (min～max)(dB)	反射減衰量 (dB)
		Ra(μm)	Rmax(μm)					
実施例1	破断面	1	10	1.48	1.51	102	—	50
実施例2	破断面	1	10	1.48	1.51	102	—	50
実施例3	破断面	1	10	1.48	1.51	102	—	50
実施例4	破断面	1	10	1.48	1.51	102	—	50
実施例5	破断面	2	20	1.48	1.51	102	1.6～3.3	50以上
実施例6	破断面	2	20	1.48	1.51	102	1.5～3.3	50以上
実施例7	破断面	2	20	1.48	1.60	108	2.3～6.5	50以上
実施例8	破断面	2	20	1.60	1.48	93	2.5～6.8	50以上
実施例9	破断面	2	20	1.48	1.56	105	2.1～5.7	50以上
実施例10	破断面	2	20	1.56	1.48	95	1.9～5.6	50以上
実施例11	破断面	2	20	1.51	1.48	98	1.8～3.4	50以上
実施例12	破断面	2	20	1.48	1.48	100	1以下	60以上
参考例1	破断面	2	20	1.63	1.45	89	3.1～7.9	50以上
参考例2	破断面	2	20	1.45	1.63	112	2.9～7.8	50以上
比較例1	破断面	2	20	1.48	1.00(※)	68	30～55	25以上
比較例2	平面研磨面	0.05	—	1.48	1.48	100	1以下	60以上
比較例3	鏡面	0.01以下	—	1.48	1.48	100	1以下	60以上

(※)比較例1では、光配線同士の間に光導波路を形成しておらず、ここにいう光屈折率は、光配線同士の間に存在する空気の光屈折率である

表１に示した結果から明らかなように、実施例１～４で作製した光伝送構造体は、光配線の光導波路と結合する端面のコアに、平坦化処理が施されておらず、面粗度Ｒａが１μｍであったが、その反射減衰量は５０ｄＢであり、好適に光通信用デバイスとして使用することができることが明らかとなった。

また、実施例１２に係る光伝送構造体と、比較例２および３に係る光伝送構造体とを比較した場合、光配線のコアの端面のＲａにかかわらず、すなわち、光配線の端面処理の有無にかかわらず、得られた光伝送構造体の特性（光配線間の接続損失、反射減衰量）に差がない。この結果からも、上記光伝送構造体が、光通信用デバイスとして好適に用いることができることが明らかとなった。

また、実施例５、７～１２、参考例１、２と、比較例１を比較した場合、光導波路を形成した実施例５、７～１２、参考例１、２のほうが、光導波路を形成しなかった比較例１と比較して光伝送性に優れることは、接続損失の比較から明らかである。

さらに、実施例５、７～１２、参考例１、２のそれぞれを詳細に比較すると、光導波路のコア部の光屈折率と、該コア部が接続した光導波路のコアの光屈折率とがほぼ等しいとき（実施例１２）、その接続損失および損失のばらつきが最小となる。また、光導波路のコア部の光屈折率が、該コア部が接続した光導波路のコアの光屈折率の９８～１０２％であるとき（実施例５および実施例１１）、９５～１０５％であるとき（実施例９および１０）、９０～１１０％であるとき（実施例７および８）には、この順序で接続損失およびそのばらつきが大きくなっていることが分かる。

また、光導波路のコア部の光屈折率が、該コア部の接続した光配線のコアの光屈折率の８５～１１５％であるとき（参考例１および２）には、さらに、接続損失、および、そのバラツキが大きくなっており、上記光導波路のコア部の光屈折率が、上記光配線のコアの光屈折率の９０～１１０％である場合に比べて、その光伝送能が劣ることが明らかとなった。

また、実施例５と実施例６とを比較した結果、光伝送構造体の接続損失には、光配線の光導波路と接続する側の端部の被覆層の有無は影響がないことが明らか

となった。

（実施例１３）光導波路の形成（図２８参照）

（１）ファイバカッタを用いて端面処理を施した、長さ約１ｍのＧＩ型石英製マルチモード光ファイバ（フジクラ社製、コア／クラッド＝５０／１２５μｍ）を用意した。

さらに、光ファイバ２０４２の端面２０４２ｂに着色テープを貼り付け、紫外線照射装置２０４５（松下マシンアンドビジョン社製、５２５２Ｌ）を用いて照射する紫外線を含む光が、光ファイバ２０４２の端面２０４２ｂから入射しないようにした。

（２）次に、光ファイバ２０４２の側面を湾曲させた。なお、光ファイバ２０４２の湾曲させた箇所における曲率半径は１００ｍｍ程度であった。ここで曲率半径とは、光を入射させる箇所における曲率円の半径をいう。

さらに、高圧水銀ランプを光源とした紫外線照射装置２０４５よりライトガイド２０４８を通じて照射された紫外線を含む光を、光ファイバ２０４２の湾曲させた側面を介して入射させた。このとき、ライトガイド２０４８の軸（中心軸）と、光を入射させる箇所における光ファイバ２０４２の光軸とを略合致させた状態で、光ファイバ２０４２の湾曲させた側面を介して紫外線を含む光を入射させた。

その後、出射側とする光ファイバ２０４２の端面２０４２ａから照射される紫外線の強度を紫外線照度計（ウシオ電機社製、ＵＩＴ－１５０）を用いて測定した。

その結果、紫外線の強度は、０．０１ｍＷ／ｃｍ^{2}以下（検出限界以下）であった。しかし、光ファイバ２０４２の端面２０４２ａから光が照射されていることは、光ファイバ２０４２の端面２０４２ａから光（ランプ光に含まれる可視光線）が視認することができたことにより確認した。

（３）次に、光ファイバ２０４２の端面２０４２ａを光ファイバ用Ｖ溝基板２０４６（モリテックス社製、石英Ｖ溝）上に載置し、端面２０４２ａの全体に感光性組成物２０４１（樹脂Ａ）を隙間なく埋まるように塗布した。

次に光ファイバ用Ｖ溝基板２０４６上にＶ溝押さえ板を載置し、該押さえ板に

て光ファイバ２０４２の端面２０４２ａおよび感光性組成物２０４１を動かないように固定した。

（４）次に、光ファイバ２０４２を固定したまま、上記（２）の工程と同様の方法を用いて、紫外線を含む光を感光性組成物２０４１に照射することにより（図２８参照）、感光性組成物２０３１を硬化させ、光導波路を形成した。

上記（４）の工程で紫外線を含む光を５分間照射した結果、その長さが約３０μｍ～約５０μｍのコア部が形成されているのが、顕微鏡（キーエンス社製、ＶＨ－７０００）により確認された。

（実施例１４）光導波路の形成

光ファイバの湾曲した側面を介して、光ファイバの一の端面から感光性組成物に光を照射する際、紫外線照射装置よりライトガイドを通じて照射された紫外線を含む光を、集光レンズ（松下マシンアンドビジョン社製）により集光した後、上記光ファイバの湾曲した側面を介して入射させることとした以外は、実施例１３と同様にして光導波路を形成した。

なお、上記紫外線照射装置より照射した紫外線の強度は、実施例１３と同じとした。また、紫外線を含む光を照射した時間についても、実施例１３と同様に５分間とした。

その結果、実施例１３で形成したコア部（長さ：約３０～５０μｍ）より長いコア部が形成されているのが、顕微鏡により確認された。

実施例１４において形成したコア部が、実施例１３において形成したコア部より長かったのは、紫外線照射装置よりライトガイドを通じて照射された紫外線を含む光を、集光レンズにより集光させることにより、光ファイバの湾曲した側面を介して入射させる紫外線の強度を強くするとともに、効率よく光ファイバのコアに光を入射させることができたためであると考えられる。

（実施例１５）光導波路の形成（図３０参照）

（１）ファイバカッタを用いて端面処理を施した、長さ約１ｍのＧＩ型石英製マルチモード光ファイバ（フジクラ社製、コア／クラッド＝５０／１２５μｍ）を２本用意した。

（２）光ファイバ３０１２′の片端より、２５０Ｗの高圧水銀ランプを光源と

した光照射手段である紫外線照射装置（松下マシンアンドビジョン社製、５２５２Ｌ）（図示せず）より紫外線を含む光を入射し、出射側とする光ファイバ３０１２′の他端から照射される紫外線の強度を０．３ｍＷ／ｃｍ^{2}程度になるように調整した。なお、紫外線の強度の測定は、紫外線照度計（ウシオ電機社製、ＵＩＴ－１５０）を用いて行った。

（３）次に、光ファイバ３０１２、３０１２′の端部３０１２ａ、３０１２′ａを５００μｍ程度の間隔をあけて光ファイバ用Ｖ溝基板３０１６（モリテックス社製、石英Ｖ溝）に付き合わせて配置させ、さらに、その付き合わせ部全体に、紫外線硬化型樹脂組成物３０１１（樹脂Ａ）を隙間なく埋まるように塗布した。その後、Ｖ溝押さえ板にて付き合わせ部および感光性組成物３０１１を動かないように挟み込んだ。

（４）上記（３）の状態に光ファイバ３０１２、３０１２′を保持したまま、一方の光ファイバ３０１２′の入射端に波長８５０ｎｍのＬＥＤ光源（安藤電気製、ＡＱ２１４０およびＡＱ４２１５）を用いて、出力約－１０ｄＢｍ（約０．１ｍＷ）の光を入射し、他方の光ファイバ３０１２の入射端から出射される光出力をパワーメータ（安藤電気社製、ＡＱ２１４０およびＡＱ２７３０）を用いて測定した。

（５）次に、光ファイバ３０１２の入射端側に、アルミミラー（図示せず）を配置した。このとき、光ファイバ３０１２の入射端側の端面と、上記アルミミラーの反射面とは平行であり、それらの距離は１０μｍ以下であった。

（６）さらに、上記（５）の状態に光ファイバ３０１２、３０１２′を保持したまま、上記（２）で照度を調整した紫外線を含む光を光ファイバ３０１２′の出射端より、感光性組成物３０１１中に１～２秒間照射し、その後、上記アルミミラーを取り除いた。

上記（１）～（４）の工程を行ったところ、感光性組成物３０１１の硬化が未だ行われておらず、上記（４）の工程終了時においては、８ｄＢ以上の光出力の損失が測定された。また、上記（６）の工程終了時においては、双方の光ファイバ３０１２、３０１２′の出射端よりコア部が形成され、それぞれのコア部が結合していることが顕微鏡（キーエンス社製、ＶＨ－７０００）で観察された。

（７）上記（６）の工程を行った後、上記（４）の工程と同様の方法を用いて、光ファイバ３０１２′の入射側から出射される光出力の測定を実施した。

その結果、３ｄＢ以下の光出力の損失が測定された。

上記（７）の工程終了時において測定された光出力の損失（３ｄＢ以下）が、上記（４）の工程終了時において測定された光出力の損失（８ｄＢ以上）より少なかったことは、双方の光ファイバ３０１２、３０１２′の出射端の間にコア部からなる光導波路が形成され、上記光導波路により、光ファイバ３０１２、３０１２′が接続されていることを示している。

上記（６）の工程終了後、可視光を光ファイバ３０１２の出射端より照射し、光導波路からの漏光を観察することによっても、光導波路形状に沿って漏光が観察され、形成した光導波路に出射した光が上記光導波路内に閉じ込められていることが確認された。

また、実施例１５とは別に、図２９に示すように、受光素子３０１８を備えた光学部品３０１７を設けた光ファイバ３０１２と、光ファイバ３０１２′とを用いて、上述した実施例１５と同様の方法により、コア部からなる光導波路を形成した。その後、この光導波路について、光ファイバ３０１２′から伝送光を入射したところ、受光素子３０１８により上記伝送光を受光することができた。

（実施例１６）光導波路の形成（図３１参照）

（１）上述した実施例１５の（１）～（３）の工程と同様の方法を用いて、異なる光ファイバ３０２２、３０２２′のそれぞれの端部が向き合い、かつ、少なくとも向き合った一端がともに感光性組成物３０２１中に浸漬されるように、異なる光ファイバ３０２２、３０２２′を配置し、さらに、光ファイバ３０２２′の片端より紫外線照射装置を用いて紫外線を含む光を入射し、出射側とする光ファイバ３０２２′の他端から照射される紫外線の強度を０．３ｍＷ／ｃｍ^{2}程度になるように調節した。

なお、図３１では、光ファイバ３０２２の端部３０２２ｂには、受光素子３０２８を備えた光学部品３０２７が設けられているが、実施例１６で使用した光ファイバ３０２２の端部３０２２ｂには、光学部品３０２７は設けられていない。

（２）次に、一方の光ファイバ３０２２′の入射端に波長８５０ｎｍのＬＥＤ

光源（安藤電気製、ＡＱ２１４０およびＡＱ４２１５）を用いて、出力約－１０ｄＢｍ（約０．１ｍW）の光を入射し、他方の光ファイバ３０２２の入射端から出射される光出力をパワーメータ（安藤電気社製、ＡＱ２１４０およびＡＱ２７３０）を用いて測定した。

（３）次に、光ファイバ３０２２側に、光フィルタ３０２９（誘電体多層膜フィルタ）を設けた。

なお、図３１では、光ファイバ３０２２にコアを分断するスリットを形成し、該スリットに光フィルタを差し込んでいるが、実施例１６では、光ファイバ３０２２の入射端側に光フィルタ３０２９を設けた。

（４）さらに、上記（３）の状態に光ファイバ３０２２、３０２２′を保持したまま、上記（１）で強度を調整した紫外線を含む光を光ファイバ３０２２′の出射端より、感光性組成物3･0２１中に１～２秒間照射し、その後、光フィルタ３０２９を取り除いた。

上記（１）の工程を行ったところ、感光性組成物３０１１の硬化が未だ行われておらず、上記（２）の工程終了時においては、８ｄＢ以上の光出力の損失が測定された。また、上記（４）の工程終了時においては、双方の光ファイバ３０２２、3.０２２′の出射端よりコア部が形成され、それぞれのコア部が結合していることが顕微鏡（キーエンス社製、ＶＨ－７０００）で観察された。

（５）上記（４）の工程を行った後、上記（２）の工程と同様の方法を用いて、光ファイバ３０２２′の入射側から出射される光出力の測定を実施した。

その結果、３ｄＢ以下の光出力の損失が測定された。

上記（５）の工程終了時において測定された光出力の損失（３ｄＢ以下）が、上記（４）の工程終了時において測定された光出力の損失（８ｄＢ以上）より少なかったことは、双方の光ファイバ３０２２、３０２２′の出射端の間にコア部からなる光導波路が形成され、上記光導波路により、光ファイバ３０２２、３０２２′が接続されていることを示している。

また、上記（５）の工程終了後、可視光を光ファイバ３０２２の出射端より照射し、光導波路からの漏光を観察することによっても、光導波路形状に沿って漏光が観察され、形成した光導波路に出射した光が上記光導波路内に閉じ込められ

ていることが確認された。

また、実施例１６とは別に、図３１に示すように、受光素子３０２８を備えた光学部品３０２７を設けた光ファイバ３０２２と、光ファイバ３０２２′とを用いて、上述した実施例１６と同様の方法により、コア部からなる光導波路を形成した。その後、この光導波路について、光ファイバ３０２２′から伝送光を入射したところ、受光素子３０２８により上記伝送光を受光することができた。

（実施例１７）光導波路の形成（図３３参照）

（１）ファイバカッタを用いて端面処理を施した、長さ約１ｍのＧＩ型石英製マルチモード光ファイバ（フジクラ社製、コア／クラッド＝５０／１２５μｍ）を２本用意した。

（２）それぞれの光ファイバ４０１２、４０１２′の片端より、２５０Ｗの高圧水銀ランプを光源とした紫外線照射装置４０１５（松下マシンアンドビジョン社製、５２５２Ｌ）より紫外線を含む光を、光ファイバ４０１２の一端から入射し、光ファイバ４０１２の他端から照射される紫外線の強度を０．３ｍＷ／ｃｍ^{2}程度になるように調整した。なお、紫外線の強度の測定は、紫外線照度計（ウシオ電機社製、ＵＩＴ－１５０）を用いて行った。

（３）次に、光ファイバ４０１２、４０１２′のそれぞれを、２台の光学微動台（Ｘステージ）（図示せず）上に載置した光ファイバ固定台のそれぞれに固定し、さらに、それぞれの出射側の光ファイバ４０１２、４０１２′の端部を５００μｍ程度の間隔をあけて光ファイバ用Ｖ溝基板４０１６（モリテックス社製、石英Ｖ溝）に付き合わせて配置させ、さらにその付き合わせ部全体に、紫外線硬化型樹脂組成物４０１１（樹脂Ａ）を隙間なく埋まるように塗布した。その後、Ｖ溝押さえ板にて付き合わせ部および感光性組成物４０１１を動かないように挟み込んだ。

（４）上記（３）の状態に光ファイバ４０１２、４０１２′を保持したまま、一方の光ファイバ４０１２の入射側に波長８５０ｎｍのＬＥＤ光源（安藤電機製、ＡＱ２１４０およびＡＱ４２１５）を用いて、出力約－１０ｄＢｍ（約０．１ｍＷ）の光を入射し、他方の光ファイバ４０１２′の入射側から出射される光出力をパワーメータ（安藤電機社製、ＡＱ２１４０およびＡＱ２７３０）を用いて測

定した。

（５）さらに、上記（３）の状態に光ファイバ４０１２、４０１２′を保持したまま、上記（２）で照度を調整した紫外線を含む光をそれぞれのファイバ４０１２、４０１２′の出射端より同時に、感光性組成物４０１１中に１～２秒間照射した。

上記（１）～（４）の工程を行ったところ、感光性組成物４０１１の硬化が未だ行われておらず、上記（４）の工程終了時においては、８ｄＢ以上の光出力の損失が測定された。また、上記（５）の工程終了時においては、双方の光ファイバ４０１２、４０１２′の出射端よりコア部が形成され、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが顕微鏡（キーエンス社製、ＶＨ－７０００）で観察された。

（６）上記（５）の工程を行った後、上記（４）の工程と同様の方法を用いて、光ファイバ４０１２′の入射側から出射される光出力の測定を実施した。

その結果、３ｄＢ以下の光出力の損失が測定された。

上記（６）の工程終了時において測定された光出力の損失（３ｄＢ以下）が、上記（４）の工程終了時において測定された光出力の損失（８ｄＢ以上）より少なかったことは、双方の光ファイバ４０１２、４０１２′の出射端の間にコア部からなる光導波路が形成され、上記光導波路により、光ファイバ４０１２、４０１２′が接続されていることを示している。

また、上記（６）の工程終了後、可視光を光ファイバ４０１２の出射端より照射し、光導波路からの漏光を観察することによっても、光導波路形状に沿って漏光が観察され、形成した光導波路に出射した光が上記光導波路内に閉じ込められていることが確認された。

（７）さらに、上記（６）の状態を保持し、光ファイバ４０１２′の入射側から出射される光出力の測定を連続的に実施した。

その結果、上記（６）の工程終了時において測定された光出力の損失（３ｄＢ以下）が時間とともに増大していくことが確認された。

具体的には、上記（６）の工程において光出力の測定を実施してから約３０秒後には、約５ｄＢの光出力の損失が測定され、約６０秒後には、約１０ｄＢの光

出力の損失が測定された。

また、顕微鏡により観察すると、光出力の損失の増大に伴い、光ファイバ４０１２、４０１２′間に形成された光導波路が流動によって変形しているのが確認された。

（８）その後、光ファイバ４０１２′の入射側から出射される光出力の測定を行っている状態で、光ファイバ４０１２、４０１２′の付き合わせ部が動かないように挟み込んでいたＶ溝押さえ板の固定を緩め、上記光学微動台を用いて、光ファイバ４０１２、４０１２′の端部の間隔が約５０μｍ広がるように、光ファイバ４０１２、４０１２′を引っ張った。

このとき、３ｄＢ以下の光出力の損失が測定された。

（９）さらに、光ファイバ４０１２、４０１２′の端部の間隔が約５０μｍ広がるように、光ファイバ４０１２、４０１２′を引っ張るという工程を繰り返しながら、光ファイバ４０１２′の入射側から出射される光出力の測定を連続的に実施した。

その結果、光出力の損失が減少していき、光ファイバ４０１２、４０１２′の端部の間隔が約７００μｍになったとき、２ｄＢ以下の光出力の損失が測定された。

上記（９）の工程終了時において測定された光出力の損失（２ｄＢ以下）が、上記（８）の工程終了時において測定された光出力の損失（３ｄＢ以下）より少なかったのは、引っ張り続けることにより、光導波路の形状が安定化し、該光導波路が、光損失を少なくすることができる形状になったためであると考えられる。

（実施例１８）光導波路の形成

Ａ．感光性組成物の調整

紫外線照射時にラジカル重合反応により硬化するアクリレート系の紫外線硬化性接着剤（樹脂Ａ）と、同じく、紫外線照射時にカチオン重合反応により硬化するフッ素化エポキシ系の紫外線便化性接着剤（ＮＴＴ－ＡＴ社製；以下、樹脂Ｈという）とを重量比１：１で混合することにより感光性組成物を調製した。

Ｂ．光導波路の形成

（１）実施例１７の（３）において、Ａ．で調整した感光性組成物を用いた以

外は、実施例１７の（１）～（７）と同様にして、その両端に光ファイバが接続されたコア部からなる光導波路を形成した。

また、実施例１７の（５）～（７）の工程においては、紫外線を含む光を３秒間照射した際に、形成したコア部の形状を顕微鏡（キーエンス社製、ＶＨ－７００）を用いて観察した。その結果、双方の光ファイバの出射端よりコア部が形成され、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが観察された。

なお、本実施例とは別に、実施例１７の（１）～（７）と同様の工程を、単独の樹脂Ａおよび樹脂Ｈのそれぞれについて行い、上記と同様に、３秒間紫外線を含む光を照射した際のコア部の形状を顕微鏡で観察した。その結果、樹脂Ａについては、双方の光ファイバの出射端よりコア部が形成され、それぞれのコア部が真中付近で結合していることが観察された。一方、樹脂Ｈについては、双方の光ファイバの出射端よりコア部が形成されているが、それぞれのコア部は結合していないことが観察された。

さらに、樹脂Ｈについては紫外線を含む光を照射し続けコア部の形状を顕微鏡で観察した。その結果、紫外線を含む光の照射を開始してから１０秒後においても、コア部が結合していないことが観察された。

これらの結果から、上記（１）～（７）の工程を経て形成されたコア部は、感光性組成物中の樹脂Ａが選択的に硬化して形成されたものと考えられる。

（２）次に、コア部の両端を引っ張った状態で、上記と同じ紫外線照射装置４０１５を用いて、３００ｍＷ／ｃｍ^{2}の照度を持つ紫外線を光ファイバ４０１２、４０１２′の付き合わせ部分の感光性組成物４０１１を含むＶ溝基板４０１３全体に３０秒間照射し、クラッド部を形成した。

この（２）の工程でクラッド部を形成した後、顕微鏡観察を行なったところ、上記（１）の工程終了後に観察されたコア部は、その形が保持されていることが確認された。さらに、可視光を光ファイバ４０１２の出射端より照射し、光導波路からの漏光を観察することによっても、光導波路形状に沿って漏光が観察され、コア部の周囲に安定したクラッド部が形成されていることが確認された。

（３）その後、コア部の両端に接続された光ファイバを引っ張ることを止め、光出力の損失を測定した。その結果、２ｄＢ以下の光出力の損失が測定された。

このように、上記（３）の工程終了時において測定された光出力の損失（２ｄＢ以下）が、上記（１）の工程終了時において測定された光出力の損失（２ｄＢ以下）と同じであったのは、コア部の両端を引っ張った状態でクラッド部を形成したことにより、コア部の両端が引っ張った状態が維持され、安定化した形状が維持されたためであると考えられる。

（実施例１９）

（１）ファイバカッタを用いて端面処理を施した、長さ約１ｍのＧＩ型石英製マルチモード光ファイバ（フジクラ社製、コア／クラッド＝５０／１２５μｍ）を用意した。

（２）次に、高圧水銀ランプ５０３８′を光源とした紫外線照射装置５０３８（松下マシンアンドビジョン社製、５２５２Ｌ）よりライトガイド５０３７を通じて照射された紫外線を含む光を、石英製マルチモード光ファイバ５０３２の一端部から入射し、他端から照射される紫外線の強度を０．０１ｍＷ／ｃｍ^{2}以下（検出限界以下）になるように調整した。なお、光ファイバの他端から光が照射されていることは、該光ファイバの端部から光（ランプ光に含まれる可視光線）が視認できたことにより確認した。

なお、紫外線の強度の測定は、紫外線照度計（ウシオ電機社製、ＵＩＴ－１５０）を用いて行った。

（３）次に、石英製マルチモード光ファイバ５０３２の一端を石英ガラス製の光ファイバ用Ｖ溝基板５０３５（モリテックス社製）上に載置し、この光ファイバの一端部全体に紫外線硬化型樹脂組成物５０３１（樹脂Ａ）を隙間なく埋まるように塗布した。次に、光ファイバ用Ｖ溝基板５０３５上にＶ溝押さえ板を載置し、該押さえ板にて光ファイバ５０３２の端部および紫外線硬化型樹脂組成物５０３１を動かないように固定した。

（４）次に、石英製マルチモード光ファイバ５０３２を固定したまま、上記（２）の工程で調整した強度で紫外線を含む光５０３９を紫外線硬化型樹脂組成物５０３１に照射することにより、該樹脂組成物を硬化させ、その一端が徐々に細くなる形状の光導波路５０３４を形成した（図３９参照）。

上記（４）の工程で紫外線を含む光を約５分間照射した結果、その長さが約３

０μｍ～約５０μｍの先端が徐々に細くなる形状のコア部が形成されているのが、顕微鏡（キーエンス社製、ＶＨ－７０００）により確認された。

また、この形成したコア部を取り出し、波長５３２ｎｍのレーザ光をコア部の底部から入射したところ、該コア部の頂部にレーザ光が集光されていることが確認された。

（実施例２０）

（１）まず、集光タイプのコリメートレンズ（焦点距離：５ｍｍ（波長８５０ｎｍ））にＧＩ型マルチモード光ファイバ（コア／クラッド＝５０／１２５μｍ）の一端が取り付けられた光ファイバコリメータ（レンズ付き光ファイバ）（日本板硝子社製、ＯＰＣＬ；長さ約１ｍ）を用意した。

（２）次に、高圧水銀ランプ５０４８′を光源とした紫外線照射装置５０４８（松下マシンアンドビジョン社製、５２５２Ｌ）よりライトガイド５０４７を通じて照射された紫外線を含む光を、光ファイバコリメータ５０４２のコリメートレンズ５０４２′を取り付けた側と反対側の端部から入射し、他方の端部からコリメートレンズ５０４２′を介して照射される紫外線の強度を約０．３～０．５ｍＷ／ｃｍ^{2}になるように調整した。

なお、紫外線の強度の測定は、紫外線照度計（ウシオ電機社製、ＵＩＴ－１５０）を用いて行った。

（３）次に、上記（１）および（２）の工程とは別に、長さ約１ｃｍ、内径約６ｍｍ程度のアクリル製の筒５０４５を用意し、その一端をスライドガラス５０４６上に接着剤を用いて固定した。

その後、筒５０４５内に、紫外線硬化型樹脂組成物５０４１（樹脂Ａ）に注ぎ込み、さらに、筒５０４５の下部に、光ファイバコリメータ５０４２のコリメートレンズ５０４２′側をスライドガラス５０４６を介して取り付け、接着剤により固定した。

なお、光ファイバコリメータ５０４２は、コリメートレンズが筒５０４５の略中央部に位置するように取り付けた。

（４）次に、光ファイバコリメータ５０４２を、筒５０４５にスライドガラス５０４６を介して固定したまま、上記（２）の工程で調整した強度で紫外線を含

む光５０４９を紫外線硬化型樹脂組成物５０４１に照射することにより、該樹脂組成物を硬化させ、その一端が徐々に細くなる形状の光導波路５０４４を形成した（図４０参照）。

上記（４）の工程で紫外線を含む光を照射した結果、紫外線照射開始から約１０秒後に約１ｍｍ、約３０秒から９０秒後にかけて約２ｍｍの先端が徐々に細くなる形状のコア部が形成されているのが確認された。

また、紫外線を含む光を９０秒間照射した後、形成したコア部を取り出し、波長５３２ｎｍのレーザ光をコア部の底部から入射したところ、該コア部の頂部にレーザ光が集光されていることが確認された。

（実施例２１：第六群の本発明の第一の実施形態の光配線接続体の作製）

Ａ．光配線Ａの作製（図４６参照）

（１）ＧＩ型石英製マルチモードファイバ（フジクラ社製、コア／クラッド＝５０μｍ／１２５μｍ）を１ｍ程度用意した。

（２）次に、２５０Ｗの高圧水銀ランプを光源とした紫外線照射装置６０２５（松下マシンアンドビジョン社製、５２５２Ｌ）より２００～５００ｎｍの波長範囲に分光分布を持つ紫外線を含む光を入射して、ファイバ６０２２の他端から出射される紫外線照度を紫外線照度計（ウシオ電機社製、ＵＩＴ－１５０）を用いて０．３ｍＷ／ｃｍ^{2}になるように調整した。

（３）次に、出射側のファイバ６０２２の端部を光ファイバ用Ｖ溝基板６０２６（モリテックス社製、石英Ｖ溝）に位置させ、その後、照射光の光路上に石英ガラスからなるあて板（図示せず）を、ファイバ６０２２の光軸とのなす角が４５°となるように配置し、さらに、そのファイバ６０２２の端部全体に、上記（２）で用いた感光性組成物（樹脂Ａ）６０２１を隙間なく埋まるように塗布した。その後、Ｖ溝押さえ板にてファイバ６０２２の端部および感光性組成物６０２１を動かないように挟み込んだ。

（４）次に、上記（３）の状態にファイバ６０２２を保持したまま、上記（２）にて照度を調整した紫外線を含む光をファイバ６０２２の出射端より感光性組成物６０２１中に照射し、ファイバ６０２２と接続された側と反対側に、光軸とのなす角が４５°の端面が形成された光導波路を形成した。

本実施例では、このファイバと光導波路との接続体を光配線Ａとして用いる。

Ｂ．光配線接続体の作製

上記Ａの（４）の工程が終了した後、光導波路の周囲の未硬化の樹脂組成物とあて板とを除去し、その後、光導波路の光軸とのなす角が４５°の端面全体に、感光性組成物（樹脂Ｃ）を隙間なく埋まるように塗布した。

次に、２５０Ｗの高圧水銀ランプを光源とした紫外線照射装置（松下マシンアンドビジョン社製、５２５２Ｌ）を用い、光配線Ａを介して、２００～５００ｎｍの波長範囲に分光分布を持つ紫外線を含む光を感光性組成物に照射することにより、光配線Ａと接続された光導波路（光配線Ｂ）を形成し、光配線接続体を完成した。

なお、本工程で照射した紫外線の照度は、０．３ｍＷ／ｃｍ^{2}である。

上記Ｂを経て形成した光配線接続体を顕微鏡（キーエンス社製、ＶＨ－７０００）を用いて観察したところ、光配線Ａと光配線Ｂとが接続されており、両者のなす角は、１°であった（なお、図４１に示すθ_1では、θ_1＝－１°となる。これは、樹脂Ａの光屈折率＞樹脂Ｂの光屈折率のためである。）。

さらに、可視光を光配線Ａを構成するファイバの光導波路と接続された側と反対側の端部より入射し、光配線Ａを介して光配線Ｂに向かって照射したところ、光配線Ａおよび光配線Ｂからの漏光が、両光配線の接続部において、光配線に沿って屈曲していることが観察され、光配線接続体として機能していることが確認された。

さらに、波長８５０ｎｍの赤外線を、光配線Ａを構成するファイバの光導波路と接続された側と反対側の端部より入射し、光配線Ａを介して光配線Ｂに向かって導波させ、光配線Ｂの光配線Ａと接続された側と反対側から出射される赤外線強度を測定し、光損失を算出した。本実施例で形成した光配線接続体の光損失は、１．０ｄＢであった。

（実施例２２：第六群の本発明の第二の実施形態の光配線接続体の作製）

実施例２１のＡの（３）の工程において、照射光の光路上に配置するあて板の角度を、ファイバの光軸とのなす角（図４２に示すα_{21}）が９°となるように配置した以外は、実施例２１と同様にして光配線接続体を形成した。

なお、本実施例で作製した光配線接続体では、実施例２１のＡの工程と略同様の工程を経て作製したファイバと光導波路との接続体が光配線Ｃに該当し、実施例２１のＢの工程と同様の工程を経て形成した光導波路が光配線Ｄに該当することとなる。

本実施例で形成した光配線接続体を顕微鏡（キーエンス社製、ＶＨ－７０００）を用いて観察したところ、光配線Ｃの端部の側面に光配線Ｄが接続されていた。

さらに、可視光を光配線Ｃを構成するファイバの光導波路と接続された側と反対側の端部より入射し、光配線Ｃを介して光配線Ｄに向かって照射したところ、光配線Ｃおよび光配線Ｄからの漏光が、両光配線の接続部において、光配線に沿って屈曲していることが観察され、光配線接続体として機能していることが確認された。

（実施例２３：第六群の本発明の第三の実施形態の光配線接続体の作製）

実施例２１のＡの（３）の工程において、照射光の光路上に配置するあて板の角度を、ファイバの光軸とのなす角（図４３に示すα_{31}）が１３°となるように配置した以外は、実施例２１と同様にして光配線接続体を形成した。

なお、実施例で作製した光配線接続体では、実施例２１のＡの工程と略同様の工程を経て作製したファイバと光導波路との接続体が光配線Ｅに該当し、実施例２１のＢの工程と同様の工程を経て形成した光導波路が光配線Ｆおよび光配線Ｇに該当することとなる。

本実施例で形成した光配線接続体を顕微鏡（キーエンス社製、ＶＨ－７０００）を用いて観察したところ、光配線Ｅの端部の側面に光配線Ｆが接続されるとともに、光配線Ｅの端面に光配線Ｇが接続されていた。

さらに、可視光を光配線Ｅを構成するファイバの光導波路と接続された側と反対側の端部より入射し、光配線Ｅを介して光配線Ｆおよび光配線Ｇに向かって照射したところ、光配線Ｅ、光配線Ｆおよび光配線Ｇからの漏光が、光配線Ｅと、光配線Ｆおよび光配線Ｇとの接続部において、光配線に沿って屈曲しているとともに、分岐していることが観察され、光配線接続体として機能していることが確認された。

また、光配線Ｆおよび光配線Ｇのそれぞれの端部からの漏光の強度を比較した

ところ、おおよそ光配線Ｆ：光配線Ｇ＝１：１０であり、本実施例で作製した光配線接続体は、分配比の異なる光カップラとして機能することが明らかとなった。

（比較例４）

（１）平坦な石英のガラス板（波長５８９ｎｍにおける光屈折率：１．４６）上に、実施例１で使用した感光性組成物（樹脂Ａ）をスピンコートで、硬化後の膜厚が４０μｍとなるように塗布し、コア形成用樹脂層を形成した。

（２）次に、コアパターン（幅４０μｍ）が描画されたマスクを、コア形成用樹脂層上に載置し、その後、露光処理を施してコアを形成した。なお、ここでは、折れ曲がったコアを形成し、その折れ曲がり角度は１°とした。さらに形成したコアの上に感光性組成物を適量塗布した。

このような工程を経ることにより、コアが感光性組成物の硬化物からなり、クラッドが石英ガラスと未硬化の感光性組成物とからなる光導波路を形成した。

本比較例で形成した光導波路は、折れ曲がり角度１°で折れ曲がった形状を有しており、その全長は、実施例２１で形成した光配線Ａと光配線Ｂとの合計長と同一である。また、本比較例で形成したコアの光屈折率は、全て一様である。

また、本比較例で形成した光導波路の一の端部より、可視光をコア内に導入し、その漏光を観察したところ、光導波路の形状に沿った漏光が観察されたものの、これと同時に、屈曲部付近において、一部の光がコアから放射しており（放射損失が生じており）、作製した光導波路が設計どおりに機能していないことが明らかとなった。

さらに、本比較例で作製した光導波路の一端より、波長８５０ｎｍの赤外線をコア内に導入し、他端より出射される赤外線強度を測定し、光損失を算出した。本比較例で作製した光導波路の光損失は、１．８ｄＢであった。

この結果から明らかなように、本比較例で作製した光導波路の光損失は、実施例２１の光配線接続体の光損失よりも、０．８ｄＢ大きかった。このように、本比較例において、光損失が大きくなったのは、上述したように、光導波路の屈曲部付近において生じた放射損失に起因するものと考えられ、このことからも、本比較例で作製した光導波路が設計どおりに機能していないことが明らかとなった。

一様な光屈折率を有する光導波路を曲げる場合において、屈曲部での放射損失

をなくそうとすると、その折れ曲がり角度を小さくしなければならず、実施例２１～２３の光配線接続体のような、光屈折率が異なる光配線が接続された光配線接続体に比べてそのサイズが大きくなる。

（実施例２４：図５１～５４参照）

（１）ファイバカッタなどで端面処理を施した１２芯のテープ状ＧＩ型石英製マルチモードファイバ７０１０（フジクラ社製；コア／クラッド＝５０μｍ／１２５μｍ）を１ｍ程度用意した。

（２）テープ状ファイバ７０１０の片端より、高圧水銀ランプ７０１２を光源とした紫外線照射装置（松下マシンアンドビジョン社製、５２５２Ｌ）よりライトガイドを通じて紫外線を含む光を入射した（図５１参照）。この時、テープ状ファイバ７０１０の入光端とライトガイドの出射端との間の距離を、３０ｍｍ～４０ｍｍとした。テープ状ファイバ７０１０の出射端から出射される紫外線照度を紫外線照度計（ウシオ電機製ＵＩＴ－１５０）を用いて０．５～０．７ｍＷ／ｃｍ^{2}になるように、高圧水銀にランプ７０１２の照射強度を調整した。

（３）光ファイバ用Ｖ溝基板７０１３（モリテックス社製石英Ｖ溝）の片端に、フォトダイオードアレイ７０１６を、フォトダイオードの素子７０１７がＶ溝とつきあわされるように固定した（図５２参照）。そしてテープ状ファイバ７０１０の出射側の端部を、フォトダイオードの素子７０１７との間の距離が約２ｍｍとなるように、光ファイバ用Ｖ溝基板７０１３に位置させた。さらにテープ状ファイバ７０１０の端部付近からフォトダイオードアレイ７０１６側（図５２中右側）に、紫外橡を照射することによりラジカル重合を超こす紫外線硬化型樹脂７０１４（樹脂Ａ）を隙間無く埋まる様に塗布した（図５２参照）。Ｖ溝押さえ板７０１５にてテープ状ファイバ７０１０の端部および紫外線硬化型樹脂７０１４を動かない様に挟み込んだ（図５３参照）。

（４）上記（３）の状態にテープ状ファイバ７０１０を保持したまま、（２）にて照度を調整した紫外線を含む光をテープ状ファイバ７０１０の出射端より紫外線便化型樹脂７０１４中に照射した（図５４参照）。

上記（２）の状態において、テープ状ファイバ７０１０を構成する複数本の各ファイバ７０１１のうち、端に位置するファイバ７０１１および中央に位置する

ファイバ７０１１から出射される各紫外線の照度を比較したところ、大差はなかった。また、上記（１）～（４）の操作を行い、テープ状ファイバ７０１０の出射端より自己形成される光導波路を観察したところ、１秒で約４００μｍ、３秒で約６００μｍ、１０秒で１ｍｍ以上の光導波路が、テープ状ファイバ７０１０の各ファイバ７０１１の先端からほぼ均一に形成されることが顕微鏡（キーエンス社製ＶＨ－７０００）上確認された。

さらに可視光をテープ状ファイバ７０１０の出射端より照射し、光導波路からの漏光を観察することによっても、光導波路形状に沿って漏光が観察され、安定した光導波路が形成されていることが確認された。

（実施例２５：図５５～図５７参照）

（１）ファイバカッタなどで端面処理を施した１ｍ程度の１２芯のテープ状ＧＩ型石英製マルチモードファイバ７０１０（フジクラ社製；コア／クラッド＝５０μｍ／１２５μｍ）を２本用意した。

（２）それぞれのテープ状ファイバ７０１０，７０１０の片端より、高圧水銀ランプ７０１２を光源とした紫外線照射装置（松下マシンアンドビジョン、５２５２Ｌ）よりライトガイドを通じて紫外線を含む光を入力した。この時、テープ状ファイバ７０１０の入光端とライトガイドの出射端との間の距離を、３０ｍｍ～４０ｍｍとした。出射側とするそれぞれのファイバ７０１０，７０１０のもう一方の端から照射される紫外線照度を紫外線照度計（ウシオ電機社製ＵＩＴ－１５０）を用いて０．５～０．７ｍＷ／ｃｍ^{2}になるように、高圧水銀ランプ７０１２の照射強度を調整をした。

（３）それぞれの出射側のテープ状ファイバ７０１０，７０１０の端部を１ｍｍ程度の間隔をあけて光ファイバ用Ｖ溝基板７０１８（モリテックス社製石英Ｖ溝）に付き合わせて位置させ、さらにその付き合わせ部全体に実施例２４にて使用した紫外線硬化型樹脂７０１４をテープ状ファイバ７０１０，７０１０間に隙間無く埋まる様に塗布した。Ｖ溝押さえ板７０１９にて付き合わせ部および紫外線硬化型樹脂７０１４を動かない様に挟み込んだ。

（４）上記（７）の状態にテープ状ファイバ７０１０，７０１０を保持したまま、上記（６）で照度を調整した紫外線を含む光をそれぞれのテープ状ファイバ

７０１０，７０１０の出射端より同時に、紫外線硬化樹脂７０１４中に１秒から２秒間照射した。

上記（１）～（４）の操作を行ったところ、双方のテープ状ファイバ７０１０，７０１０の出射端より光導波路が形成され、それぞれの光導波路が真中付近で結合していることが顕微鏡上観察された。また実施例２４と同様に、可視光を一方のテープ状ファイバ７０１０の照射端より照射し、テープ状ファイバ７０１０，７０１０間の光導波路からの漏光を観察することによっても、光導波路形状に沿って漏光が観察され、安定した光導波路が形成されていることが確認された。

なお、実施例２４、２５の実施形態は、第七群の本発明に係る実施形態の一例であるが、上述したように、第七群の本発明に係る実施形態は、これらの実施形態にのみ限定されるわけでなく、例えば、次の（１）～（３）のような実施形態等も第七群の本発明の技術的範囲に含まれ、さらに、下記以外にも要旨を逸脱しない範囲内で種々変更して実施することができる。

すなわち、（１）実施例２４、２５に示した実施形態では、光源として光が拡散する高圧水銀ランプ７０１２を使用する構成としたが、これに限らず、例えばレーザーのように光が拡散しない光源を使用する構成としてもよい。その場合は、スポット径の大きいレーザー光源を使用することにより、均一な多芯の光導波路を一括に形成することが可能である。また、光源は必ずしもひとつでなくてもよく、複数の光源を束ねて単一スポットとする構成としてもよい。

（２）実施例２４、２５に示した実施形態では、テープ状光ファイバ７０１０の先端に光導波路を形成する構成としたが、これに限らず、例えば同心配置の多芯光ファイバに応用してもよい。

（３）実施例２５に示した実施形態では、それぞれのテープ状ファイバ７０１０，７０１０の出射端より同時に感光性組成物に照射する構成としたが、これに限らず、交互に照射するようにしてもよい。

（実施例２６）

（１）ファイバカッタなどで端面処理を施したＧＩ型石英製マルチモードファイバ８０１０（フジクラ社製；コア／クラッド＝５０μｍ／１２５μｍ）を１ｍ程度用意した。

（２）ファイバ８０１０の片端より、高圧水銀ランプを光源とした紫外線照射装置（松下マシンアンドビジョン社製、５２５２Ｌ）より紫外線を含む光を入射した。ファイバ８０１０の出射端から出射される紫外線照度を紫外線照度計（ウシオ電機社製ＵＩＴ－１５０）を用いて０．７～０．８mW／ｃｍ^{2}になるように、高圧水銀にランプの照射強度を調整した。

（実施例２６－１：発光ダイオードアレイとの接続（I））

（３）－Ａ　図５８～図６２に示すような、軸方向の両端部側に光ファイバ用Ｖ溝８０１１が形成されるとともに、中間部に底深に開放された容器状の樹脂貯留部８０１２が形成された石英ガラス製の光ファイバ用基板８０１３を用意した。この光ファイバ用基板８０１３の片側端部に、発光ダイオードアレイ８０２０を、発光ダイオードの素子８０２１が光ファイバ用基板８０１３のＶ溝８０１１とつきあわされるように固定した（図５８および図５９参照）。また光ファイバ用基板８０１３の他端側のＶ溝８０１１に、ファイバ８０１０の出射側の端部を、発光ダイオードの素子８０２１との間の距離が約１mmとなるように位置させた。さらにファイバ８０１０の端部付近から発光ダイオードアレイ８０２０側（図中右側）に、紫外線を照射することによりラジカル重合を起こす紫外線硬化型樹脂（樹脂Ａ）を隙間無く埋め込んだ（図示せず）。石英製押さえ板８０１４にてファイバ８０１０の端部および紫外線硬化型樹脂を動かない様に挟み込んだ。

（実施例２６－２：フォトダイオードアレイとの接続）

（３）－Ｂ　図６３および図６４に示すような、軸方向の片端部側に光ファイバ用Ｖ溝８０１１が形成されるとともに、他端部側に底深の樹脂貯留部８０１２が形成された石英ガラス製の光ファイバ用Ｖ溝基板８０１３の樹脂貯留部８０１２側に、フォトダイオードアレイ８０３０を、その素子８０３１が光ファイバ用基板８０１３と突き合わされる向きに固定した。また、光ファイバ用Ｖ溝基板８０１３の他端部側のＶ溝８０１１に、ファイバ８０１０の出射側の端部を、フォトダイオードの素子８０１７との間の距離が約１mmとなるように位置させた。さらにファイバ８０１０の端部付近からフォトダイオードアレイ８０３０側（図中右側）に、実施例２６－１と同様の紫外線硬化型樹脂を隙間無く埋まる様に塗布した（図示せず）。石英製押さえ板８０１４にてファイバ８０１０の端部およ

び紫外線硬化型樹脂を動かない様に挟み込んだ。

（実施例２６－３：発光ダイオードアレイとの接続（II））

（３）－Ｃ　図６５および図６６に示すような、軸方向の片端部側の溝内に金属膜８０１５が形成された石英ガラス製の光ファイバ用Ｖ溝基板８０１３の片端に、発光ダイオードアレイ８０２０を固定した。また、光ファイバ用Ｖ溝基板８０１３の他端部側のＶ溝８０１１に、ファイバ８０１０の出射側の端部を、発光ダイオードの素子８０２１との間の距離が約１ｍｍとなるように位置させた。さらにファイバ８０１０の端部付近から発光ダイオードアレイ８０２０側（図中右側）に、実施例２６－１と同様の紫外線硬化型樹脂を隙間無く埋まる様に塗布した（図示せず）。上記Ｖ溝基板８０１３の金属膜８０１５と対応する位置に同じく金属膜が形成された石英製押さえ板８０１４にてファイバ８０１０の端部および紫外線硬化型樹脂を動かない様に挟み込んだ。

（４）（３）－Ａ～Ｃの状態にファイバ８０１０を保持したまま、（２）にて照度を調整した紫外線を含む光をファイバ８０１０の出射端より紫外線硬化型樹脂中に照射した。

上記（１）～（４）の操作を行い、ファイバ８０１０の出射端より自己形成される光導波路を観察したところ、（３）－Ａ～Ｃのいずれの方法においてもファイバ８０１０と発光ダイオードアレイ８０２０あるいはフォトダイオードアレイ８０３０の素子８０２１、８０３１との間に光導波路が形成されることが顕微鏡（キーエンス社製ＶＨ－７０００）上確認された。

また可視光をファイバ８０１０の出射端より照射し、光導波路からの漏光を観察することによっても、光導波路の形状に沿って漏光が観察され、出射した光が光導波路内に閉じこめられていることを確認した。

さらに上記のように形成し、顕微鏡により上部観察された光導波路の軸方向の径を確認したところ、上記予備実験と同様にいずれも出射端近傍の光導波路の径は５０μｍ程度であり、５００μｍから６００μｍ離れたところでは径が６０μｍ程度であった。また、実施例２６－１および実施例２６－３で作製した光導波路は、発光ダイオードの素子８０２１の近傍での径が約６５μｍ、７５μｍであり、素子８０２１の径とほぼ同等かそれ以上であった。一方、実施例２６－２で

は徐々に細くなり、フォトダイオードの素子８０３１の近傍で約４５μｍであり、素子８０３１の径とほぼ同等かそれ以下であった。

なお、実施例２６の実施形態は、第八群の本発明に係る実施形態の一例であるが、上述したように、第八群の本発明に係る実施形態は、これらの実施形態にのみ限定されるわけでなく、例えば、次の（１）、（２）のような実施形態等も第八群の本発明の技術的範囲に含まれ、さらに、下記以外にも要旨を逸脱しない範囲内で種々変更して実施することができる。

すなわち、（１）実施例２６では、２００ｎｍ～５００ｎｍの波長範囲に分光分布を持つ紫外線を含む光を高圧水銀ランプにより照射したが、レーザ等の単色光を照射してもよい。

（２）実施例２６では、光ファイバと光デバイスとを接続させる方法を述べたが、これに限らず、径の異なる光ファイバ同士を光結合させる場合に適用させてもよい。また、その場合には、両方の光ファイバから相手側の光ファイバに向けて照射させる構成としてもよい。

産業上利用の可能性

以上説明したように、第一群の本発明の第一の発明の光伝送構造体では、光配線の光導波路のコア部と結合した部分に、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上であるにもかかわらず、光配線と光導波路との間で好適に光信号の伝送を行うことができる。なお、このような光伝送構造体を製造する場合、その製造工程を簡略化することができる。

また、第一群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、感光性組成物等に光を照射する光配線の上記コア部と結合する部分が、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上であっても、光配線との接続性に優れるコア部を形成することができる。

従って、上記光配線の上記コア部と結合する部分は、高精度な端面処理を施さなくても形成することができるため、本発明の形成方法では、光導波路の形成工程を簡略化することができる。なお、形成工程を簡略化することができるため、

経済的にも有利である。

また、第二群の本発明の光導波路の形成方法では、光配線の側面を介して光を入射させるため、光配線の他の端面側に光源を設けることができず、光配線の他の端面から光を入射させることができない場合であっても、光配線の一の端面から感光性組成物へ光を照射することが可能になる。

従って、第二群の本発明の光導波路の形成方法によれば、光配線と光学部品との構成等に制約を殆ど受けることなく、自己形成光導波路の技術により光導波路を形成することができるため、接続作業を簡略化することができるとともに、経済的にも有利である。

また、第三群の本発明の光導波路の形成方法では、光照射手段を用いて一の光配線の一端から光を照射し、照射した光を上記光反射手段で反射させることにより、上記異なる光配線の向き合ったそれぞれの一端から他の光配線の一端へ向けて光を照射することができる。そのため、異なる光配線の向き合っていない端部のうち、一の光配線側に光照射手段を設けることが可能であれば、他の光配線側に光照射手段を設けることができない場合であっても、異なる光配線のそれぞれの一端から他方の光配線の一端へ向けて光を照射してコア部を形成することが可能になる。

従って、第三群の本発明の光導波路の形成方法によれば、光配線や光学部品の構成等に制約を殆ど受けることなく、異なる光配線のそれぞれの一端から他方の光配線の一端へ向けて光を照射してコア部を形成することが可能であり、高精度な位置合わせの作業を行うことなく、異なる光配線間を接続する安定化した形状の光導波路を確実に形成することができる。

また、第四群の本発明の第一の発明の光導波路は、コア部の両端のそれぞれが光配線または光学部品と接続され、少なくとも上記コア部は、その両端が引っ張られているため、コア部の形状が安定化しており、光導波路内における光損失を低減させることができる。

さらに、互いに押し付ける力が加わることがないため、該光導波路の端面や、該光導波路の両端に接続された光配線等の端面に傷や変形等が発生せず、伝送光の乱反射や、外部への放射等に起因した接続損失が発生しにくい。

従って、第四群の本発明の第一の発明の光導波路によれば、異なる光配線等同士の低接続損失を達成することができる。

また、第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、コア部を、その両端のそれぞれが光配線と接続された状態で形成することができ、さらに、上記コア部の両端を引っ張るため、従来技術のように、コア部を光配線に接続する際に押し付けて固定する必要がなく、コア部と光配線とが押し付けられることもない。その結果、光配線やコア部の端面に傷や変形等を発生させることなく光導波路を形成することができる。また、コア部の両端を引っ張るため、コア部が流動することがなく、その形状が安定化した光導波路を得ることができる。

従って、第四群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法によれば、該光導波路に接続された光配線間の低接続損失を達成することができる。

また、第五群の本発明の第一の発明の光導波路は、上述した形状を有しているため、底部から入射した光を集束させることができ、集束させた光を頂部から効率よく出射させることができる。

従って、光学部品同士や光配線同士、また、光学部品と光配線とを光学的に接続する際に、これらの間に第五群の本発明の第一の発明の光導波路を、その底部から頂部に向かって光信号が伝送されるように介在させることにより、コリメートレンズや集光レンズ等の高価なレンズを用いることなく、光信号を確実に伝送することができる。

また、上記コア部の底部を、光信号を出射する側の光学部品や光配線に直接取り付けたり、上記コア部の頂部を光信号を受信する側の光学部品や光配線に直接取り付けたりすることにより、該コア部を介して、光信号を確実に、かつ、効率よく伝送することができる。

また、第五群の本発明の第二の発明の光導波路の形成方法では、照射した光の経路に応じた硬化物を形成させることによりコア部を形成しており、また、この硬化物を照射した光を集束させる形状で成長させていくため、照射した光は、感光性組成物中で集束するような光路をとることとなり、その結果、その一端に向かって徐々に細くなる形状のコア部を形成することができる。

また、第六群の本発明の光配線接続体は、屈曲部が、滑らかな曲線状の屈曲部

でなく、折れ曲がった屈曲部であっても優れた光伝送能を有している。

さらに、上記光配線接続体として、折れ曲がった屈曲部を有する光配線接続体とする場合には、複雑な設計を必要とせず、光伝送能に優れる光配線接続体を容易に設計することができる。加えて、上記光配線接続体を光導波路部品として使用する場合には、そのサイズをコンパクトにすることができる。

また、第六群の本発明の光配線接続体を利用すると、ミラー等の付加的な光部品を使用することなく、任意の角度で光信号の光路を屈曲させることができ、従来の電気配線設計に見られたようなピッチ変換、配線長合わせ、合分岐線などの複雑な配線設計を、光配線設計においても簡単に取り込むことができる。

また、第七群の本発明の光導波路の形成方法によれば、単一の照射領域を備えた光源に対して複数本の光導波路を一括して形成させることができるため、従来の形成方法と比較して、光導波路の形成効率が飛躍的に広まる。

また、第八群の本発明の光導波路の形成方法によれば、光導波路の形成方向に沿って、樹脂収容部の内面における光の反射率を異なるようにしたり、あるいは感光性組成物中に照射される光の照射域と樹脂収容部の内面との距離を異なるようにしておくことにより、感光性組成物中の光導波路の形成路に回帰される光の強度を調節することが可能となる。すなわち、形成される光導波路の形状をある程度の範囲で自由に調整することが可能となり、面積の異なるファイバや光デバイスを結合効率よく光結合させることができるという優れた効果を奏する。

請求の範囲

1．少なくとも光配線と光導波路とが結合してなり、前記光配線のコアと前記光導波路のコア部との間で光信号を伝送することができるように構成された光伝送構造体であって、

前記光配線の前記光導波路のコア部と結合した部分は、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上であることを特徴とする光伝送構造体。

2．前記光配線のコアと前記光導波路のコア部とが結合しており、

少なくとも、前記光配線の前記光導波路のコア部と結合した側の端部の外周には、被覆層が形成されている請求の範囲１に記載の光伝送構造体。

3．前記光導波路のコア部の光屈折率は、前記光配線の前記光導波路のコア部と結合した部分の光屈折率の９０～１１０％である請求の範囲１または２に記載の光伝送構造体。

4．前記光導波路のコア部の光屈折率は、前記光配線の前記光導波路のコア部と結合した部分の光屈折率の９５～１０５％である請求の範囲１または２に記載の光伝送構造体。

5．前記光導波路のコア部は、前記光配線に結合した側と反対側の端面に光路変換ミラーが形成されている請求の範囲１～４のいずれか１に記載の光伝送構造体。

6．前記光導波路のコア部は、少なくとも一の屈曲部を有している請求の範囲１～５のいずれか１に記載の光伝送構造体。

7．前記光配線の表面であって、光導波路のコア部と結合した部分以外の部分

の一部または全部に粗化面が形成されている請求の範囲１～６のいずれか１に記載の光伝送構造体。

８．感光性組成物中に光配線の一部を浸漬し、前記光配線を介して前記感光性組成物中に光を照射することにより、前記感光性組成物中の光の経路に応じたコア部を形成する光導波路の形成方法であって、

前記光配線の前記コア部と結合する部分は、特に平坦化処理が施されていないか、または、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１に基づく面粗度Ｒａが、０．１μｍ以上であることを特徴とする光導波路の形成方法。

９．前記感光性組成物中に浸漬する光配線の一部は前記光配線の端部であり、この光配線の端部の外周には被覆層が形成されている請求の範囲８に記載の光導波路の形成方法。

１０．前記コア部の光屈折率は、前記光配線の前記コア部と結合する部分の光屈折率の９０～１１０％である請求の範囲８または９に記載の光導波路の形成方法。

１１．前記コア部の光屈折率は、前記光配線の前記コア部と結合する部分の光屈折率の９５～１０５％である請求の範囲８または９に記載の光導波路の形成方法。

１２．感光性組成物中に光配線の一の端面を浸漬した後、前記光配線の一の端面から光を照射することにより、前記感光性組成物中の光の経路に応じたコア部を形成する光導波路の形成方法であって、

前記光配線の一の端面から照射する光は、前記光配線の側面を介して入射させた光であることを特徴とする光導波路の形成方法。

１３．前記光を入射させる光配線の側面を、前記光を入射させる前に、湾曲さ

せておく請求の範囲１２に記載の光導波路の形成方法。

１４．前記光配線の側面を介して入射させる光は、レンズにより集光した光である請求の範囲１２または１３に記載の光導波路の形成方法。

１５．異なる光配線のそれぞれの一端が略向き合い、かつ、少なくとも向き合った一端がともに感光性組成物中に浸漬されるように、前記光配線を配置し、前記光配線を介して光を照射することにより、前記光配線同士を接続するコア部を形成する光導波路の形成方法であって、

一の光配線側に、前記一の光配線の一端から他の光配線の一端へ向けて光を照射するための光照射手段を設けるとともに、前記他の光配線側に、前記光照射手段を用いて照射した光を反射するための光反射手段を設け、

前記光照射手段を用いて前記一の光配線の一端から光を照射し、照射した光を前記光反射手段で反射させることにより、前記異なる光配線の向き合ったそれぞれの一端からコア部を形成することを特徴とする光導波路の形成方法。

１６．前記光反射手段は、ミラーである請求の範囲１５に記載の光導波路の形成方法。

１７．前記光反射手段は、光フィルタである請求の範囲１５に記載の光導波路の形成方法。

１８．コア部とクラッド部とからなり、その両端のそれぞれが光配線または光学部品と接続された光導波路であって、

少なくとも前記コア部は、その両端が引っ張られていることを特徴とする光導波路。

１９．前記コア部は、感光性組成物からなる請求の範囲１８に記載の光導波路。

２０．前記クラッド部は、樹脂組成物からなる請求の範囲１８または１９に記載の光導波路。

２１．異なる光配線のそれぞれの一端が略向き合い、かつ、少なくとも向き合った一端がともに感光性組成物中に浸漬されるように、前記光配線を配置した後、

前記光配線の少なくとも一方から他方の光配線に光を照射することにより、前記光配線同士を接続するコア部を形成し、

さらに、前記コア部の両端を引っ張ることを特徴とする光導波路の形成方法。

２２．前記コア部を引っ張った後、または、前記コア部を引っ張っている際、前記コア部の周囲に安定なクラッド部を形成する請求の範囲２１に記載の光導波路の形成方法。

２３．光配線と独立して形成された光導波路であって、

コア部の形状が、その一端に向かって徐々に細くなる形状であることを特徴とする光導波路。

２４．前記コア部の周囲に、クラッド部が形成されている請求の範囲２３に記載の光導波路。

２５．前記コア部は、感光性組成物からなる請求の範囲２３または２４に記載の光導波路。

２６．感光性組成物中に、光配線を介して光を照射することにより、前記光を集束させる形状を有する前記感光性組成物の硬化物を成長させ、

その一端に向かって徐々に細くなる形状のコア部を形成することを特徴とする光導波路の形成方法。

２７．前記コア部を形成した後、その周囲に安定なクラッド部を形成する請求

の範囲２６に記載の光導波路の形成方法。

２８．複数の光配線が、光信号を伝送することができるように接続された光配線接続体であって、

前記光配線接続体は、屈曲部を有しており、

互いに接続された前記光配線は、その光屈折率が異なり、

前記光配線のうちの少なくとも一の光配線は、他の光配線と接続された側の端面が、光軸と垂直に交わらないことを特徴とする光配線接続体。

２９．少なくとも光配線Ａと光配線Ｂとを有し、

前記光配線Ａの端面と前記光配線Ｂの端面とが接続され、

前記光配線Ａと前記光配線Ｂとの接続部で折れ曲がっている請求の範囲２８に記載の光配線接続体。

３０．少なくとも光配線Ｃと光配線Ｄとを有し、

前記光配線Ｃの端部の側面と、前記光配線Ｄの端面とが接続され、

前記光配線Ｃと前記光配線Ｄとの接続部で折れ曲がっている請求の範囲２８に記載の光配線接続体。

３１．少なくとも光配線Ｅと光配線Ｆと光配線Ｇとを有し、

前記光配線Ｅの端部の側面と、前記光配線Ｆの端面とが接続されるとともに、前記光配線Ｅの光配線Ｆが接続された側の端面と、前記光配線Ｇの端面とが接続され、

前記光配線Ｅと前記光配線Ｆとの接続部、および、前記光配線Ｅと前記光配線Ｇとの接続部で折れ曲がっている請求の範囲２８に記載の光配線接続体。

３２．感光性組成物中に光を照射することによってその光の経路に応じた光導波路を形成する光導波路の形成方法であって、

単一の照射領域を備えた光源から出射された光を並列に載置された複数本の

光配線を通過させて前記感光性組成物中に照射することにより、前記各光配線の先端に複数本の光導波路を形成することを特徴とする光導波路の形成方法。

３３．前記光配線の入光端が前記光源の出射端から所定の距離だけ離れて設けられている請求の範囲３２に記載の光導波路の形成方法。

３４．前記光源の出射端の面積は前記光配線の入光端の面積よりも大きくされている請求の範囲３２または３３に記載の光導波路の形成方法。

３５．感光性組成物中に照射される光は、光学的に結合すべき対をなす一方の光配線からそれぞれ相手側の光配線に向けて照射される請求の範囲３２～３４のいずれかに記載の光導波路の形成方法。

３６．樹脂収容部内に感光性組成物を収容し、前記感光性組成物内に光を照射することによって光の照射域を線状に硬化させる光導波路の形成方法であって、

前記樹脂収容部内は、前記光の照射域から周囲に散乱した後に回帰してくる光の回帰率が前記光導波路の形成方向に沿って異なるようにしたことを特徴とする光導波路の形成方法。

３７．前記光の回帰率は、前記樹脂収容部の内面における光の反射率を前記光導波路の形成方向に沿って変化させることで異ならせてある請求の範囲３６に記載の光導波路の形成方法。

３８．前記光の回帰率は、前記光の照射域と前記樹脂収容部の内面との距離を前記光導波路の形成方向に沿って変化させることで異ならせてある請求の範囲３６に記載の光導波路の形成方法。

図1

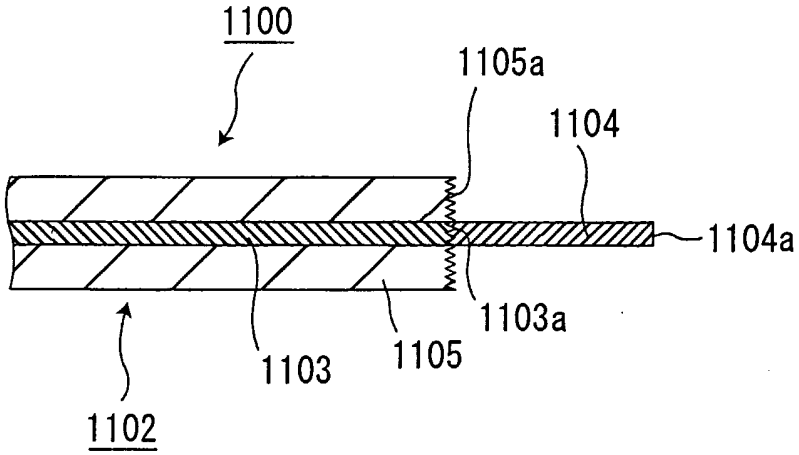
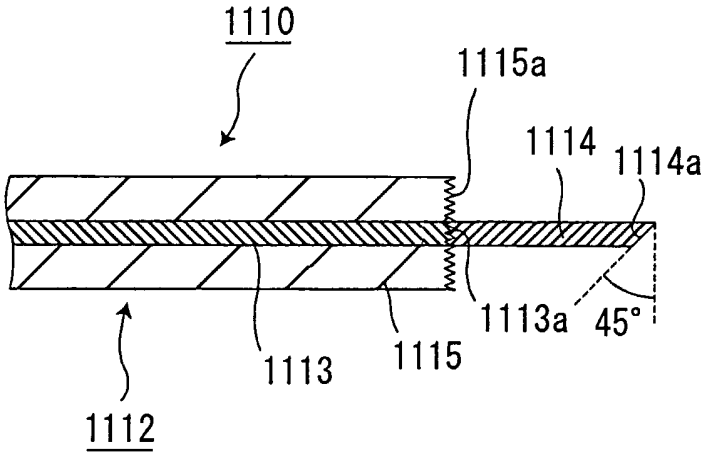
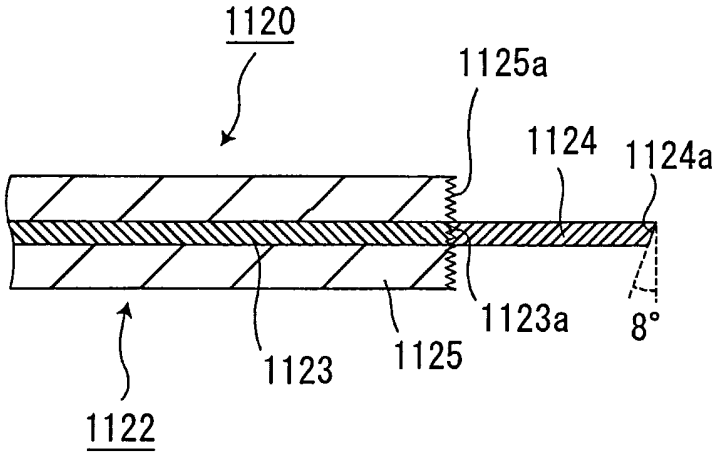


図2

(a)


1110
1115a
1114
1114a
1113a
45°
1113
1115
1112

(b)


1120
1125a
1124
1124a
1123a
8°
1123
1125
1122

(c)

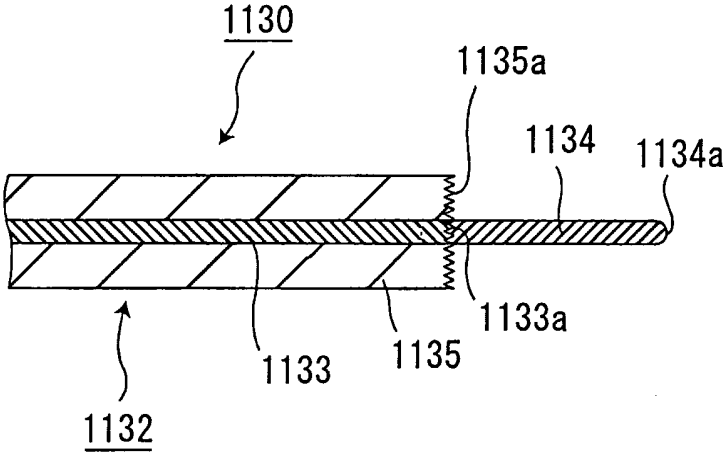

1130
1135a
1134
1134a
1133a
1133
1135
1132

図3

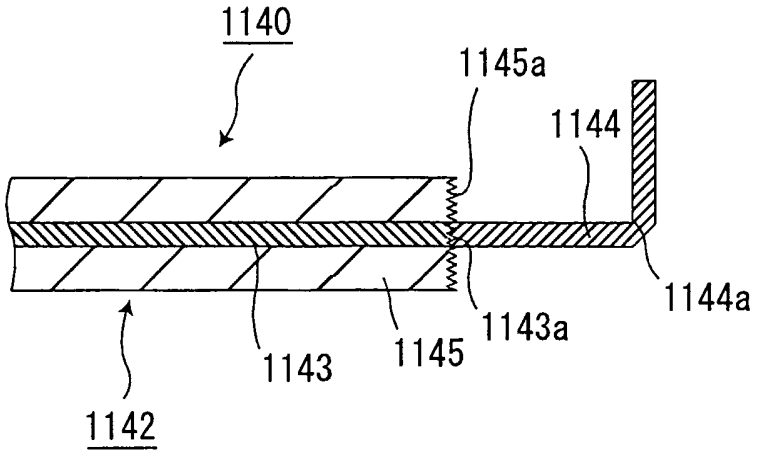
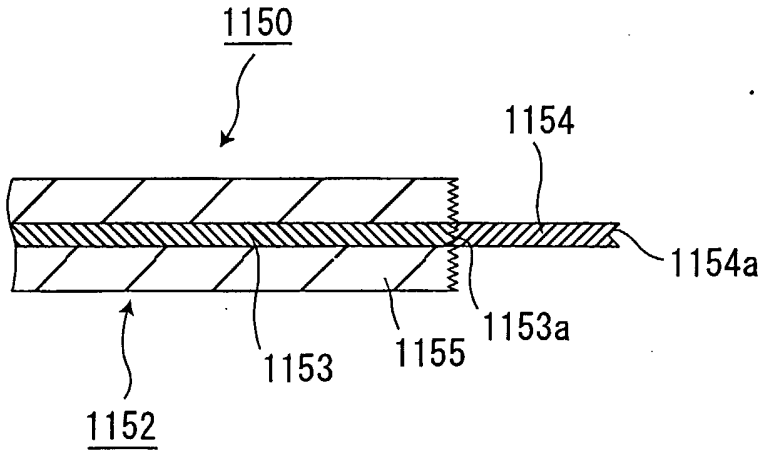

1140
1145a
1144
1144a
1143a
1143
1145
1142

図4

(a)


1150
1154
1154a
1153a
1153
1155
1152

(b)

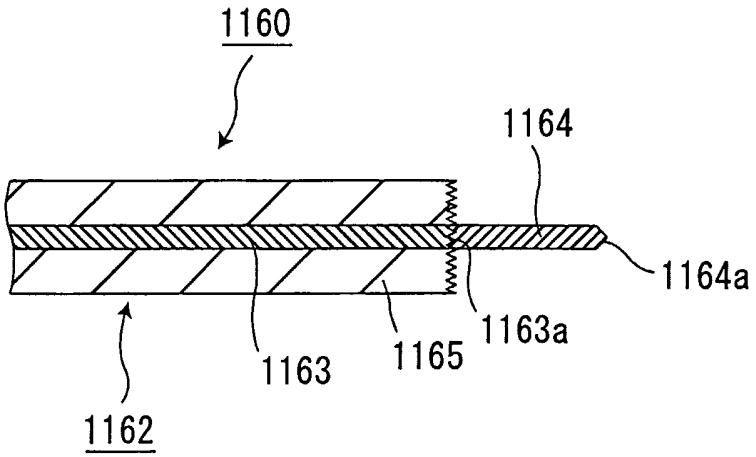
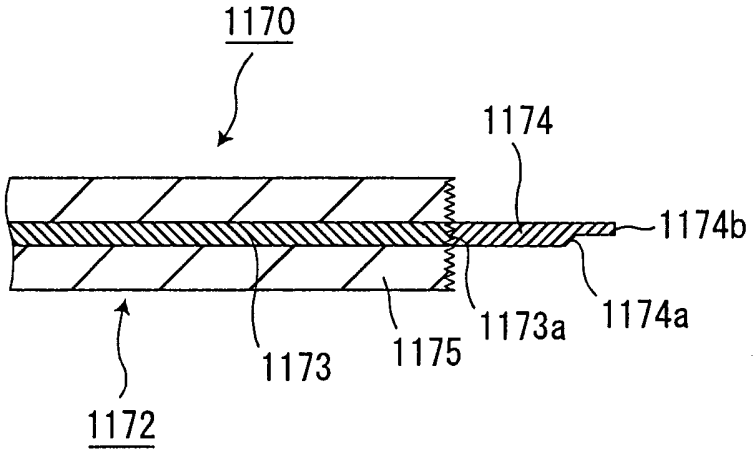

1160
1164
1164a
1163a
1163
1165
1162

図5

(a)


1170
1174
1174b
1173a
1174a
1173
1175
1172

(b)

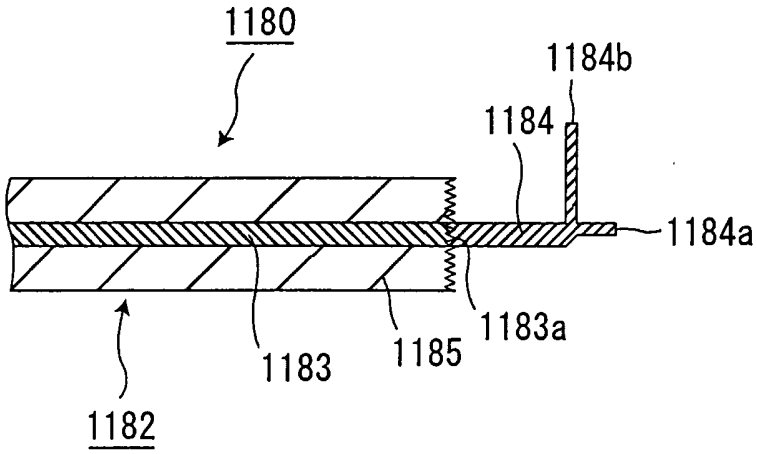

1180
1184b
1184
1184a
1183a
1183
1185
1182

図6

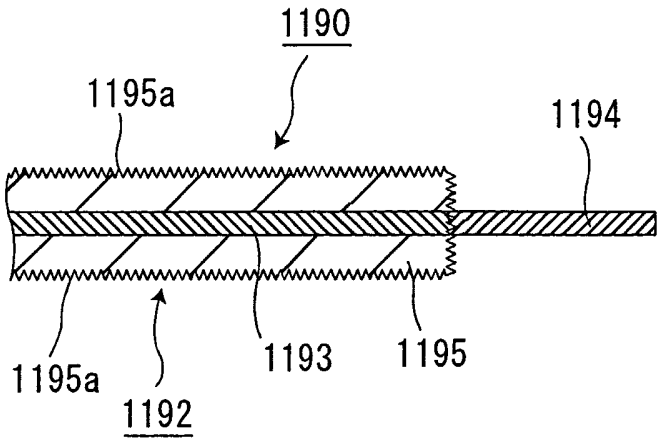

1190
1195a
1194
1195a
1192
1193
1195

図7

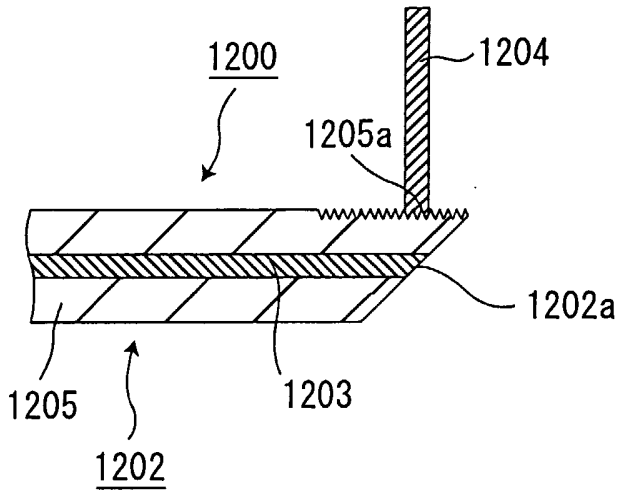
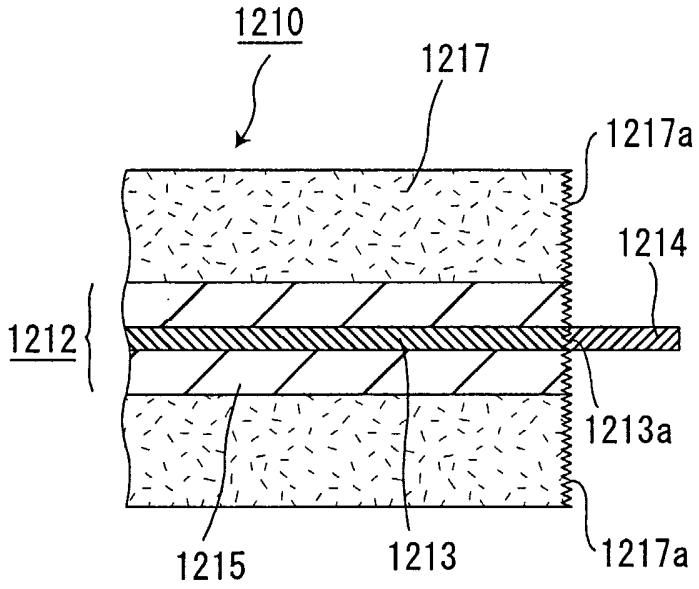

1200
1204
1205a
1202a
1205
1203
1202

図8

(a)


1210
1217
1217a
1214
1212
1213a
1215
1213
1217a

(b)

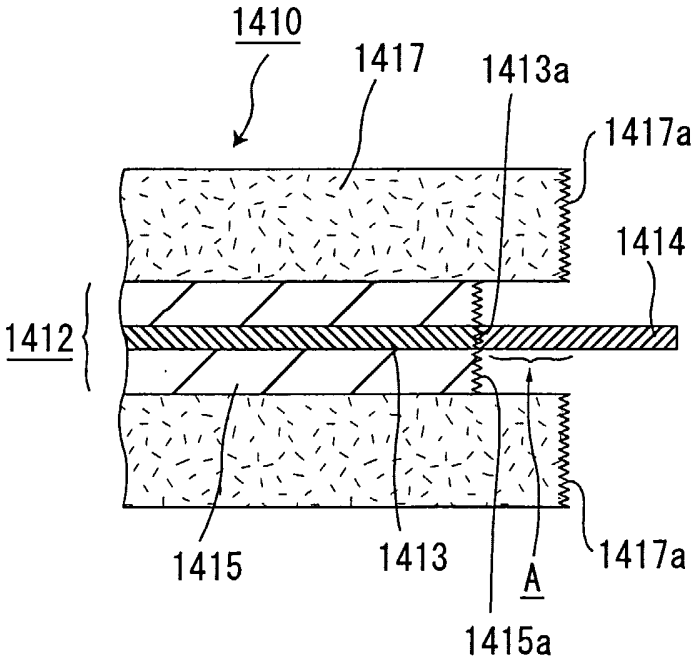

1410
1417
1413a
1417a
1414
1412
1415
1413
A
1417a
1415a

図9

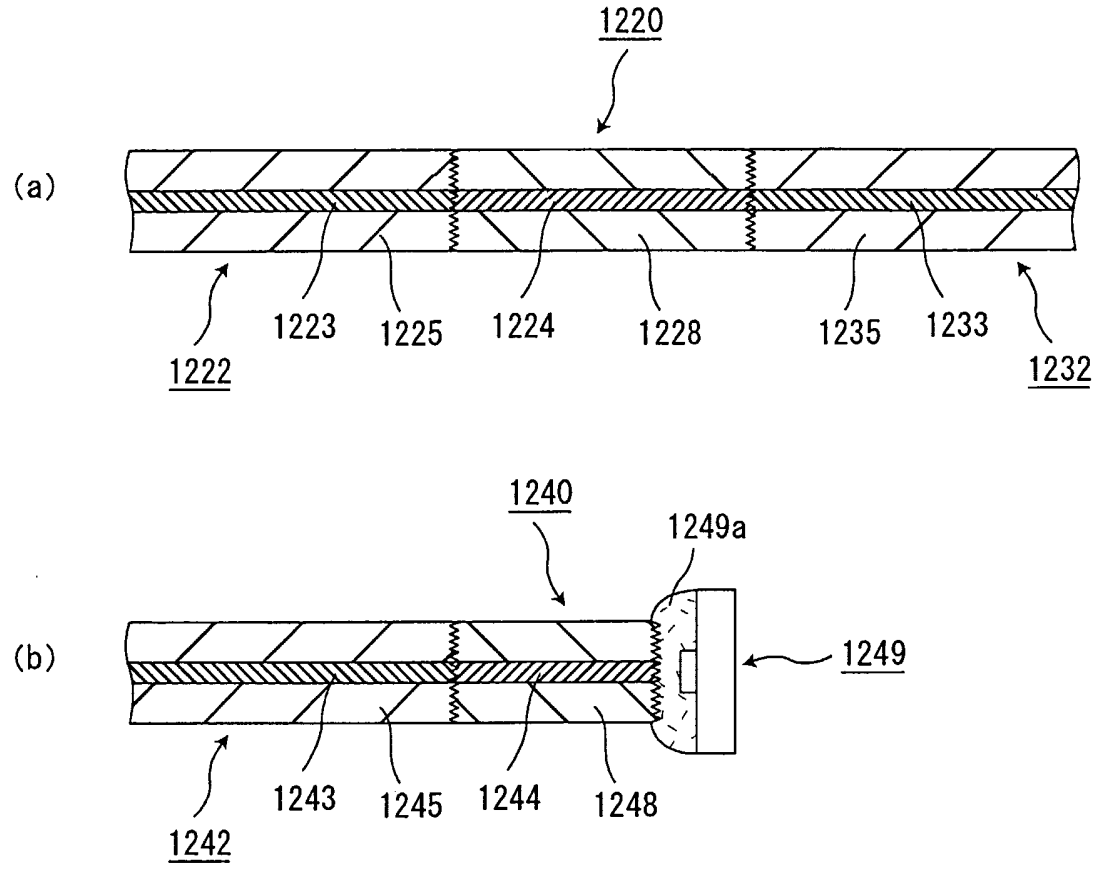

1220
(a)
1222
1223
1225
1224
1228
1235
1233
1232
1240
1249a
(b)
1249
1242
1243
1245
1244
1248

図10

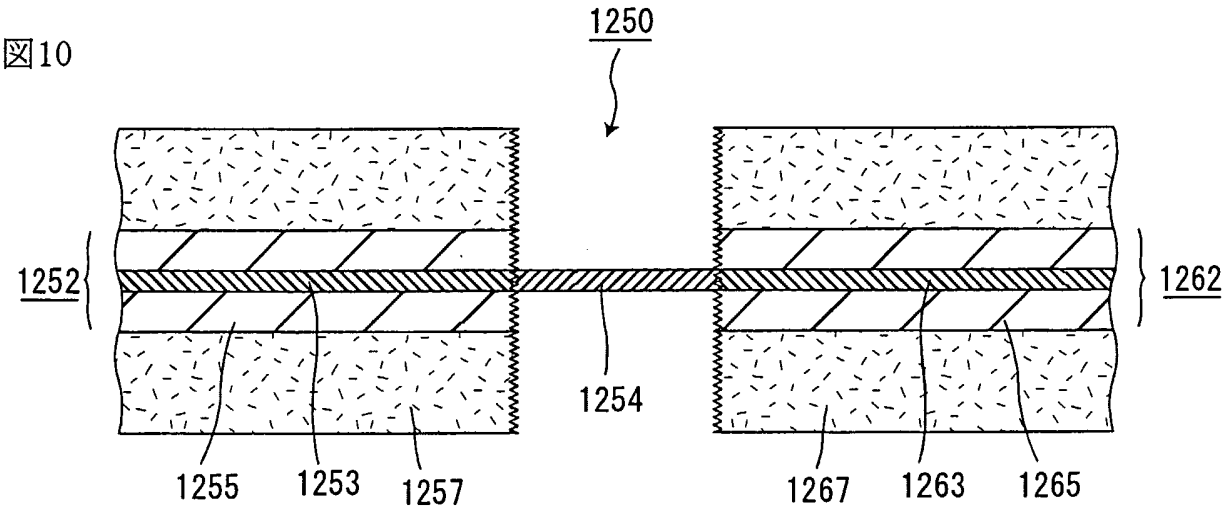

1250
1252
1262
1254
1255
1253
1257
1267
1263
1265

図11

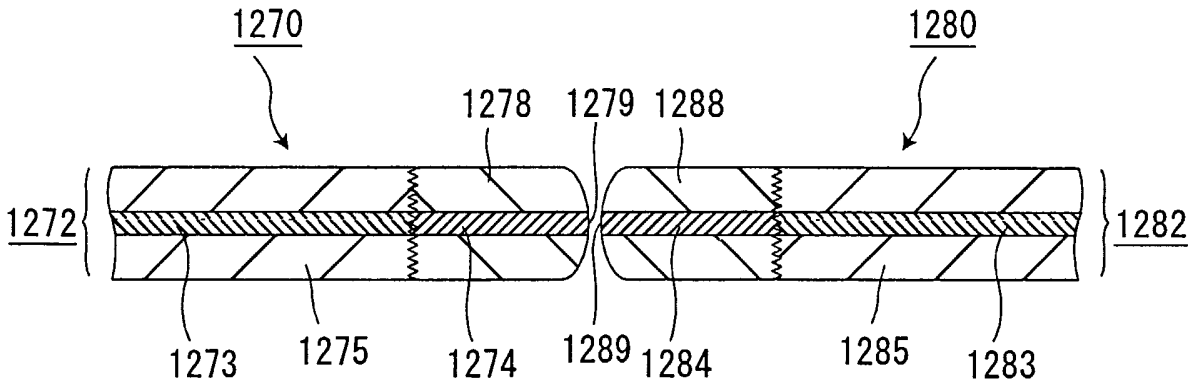

1270
1280
1278
1279
1288
1272
1282
1273
1275
1274
1289
1284
1285
1283

図12

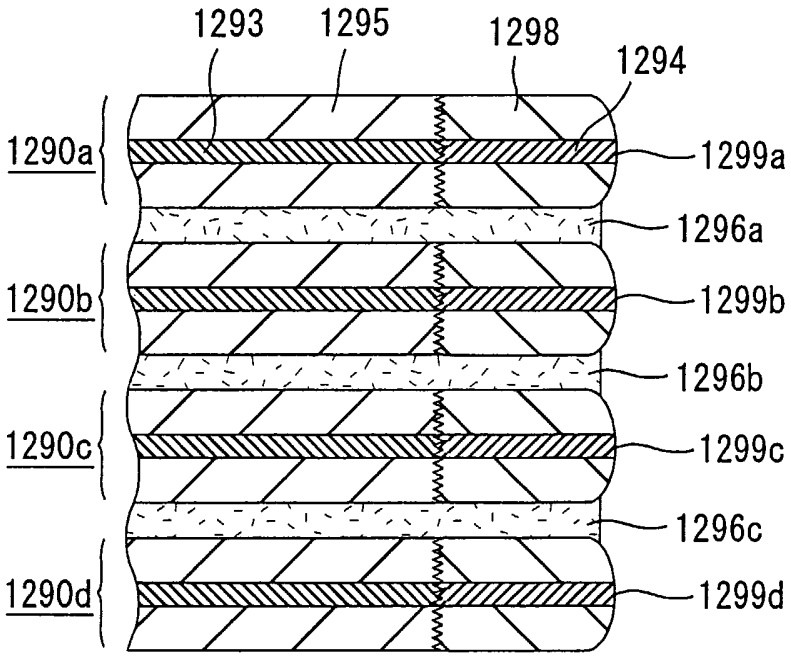

1293
1295
1298
1294
1290a
1299a
1296a
1290b
1299b
1296b
1290c
1299c
1296c
1290d
1299d

図13

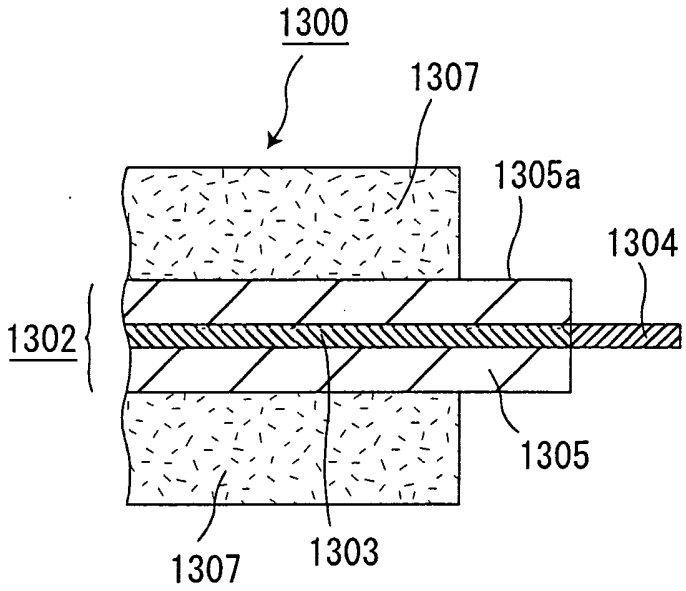


図14

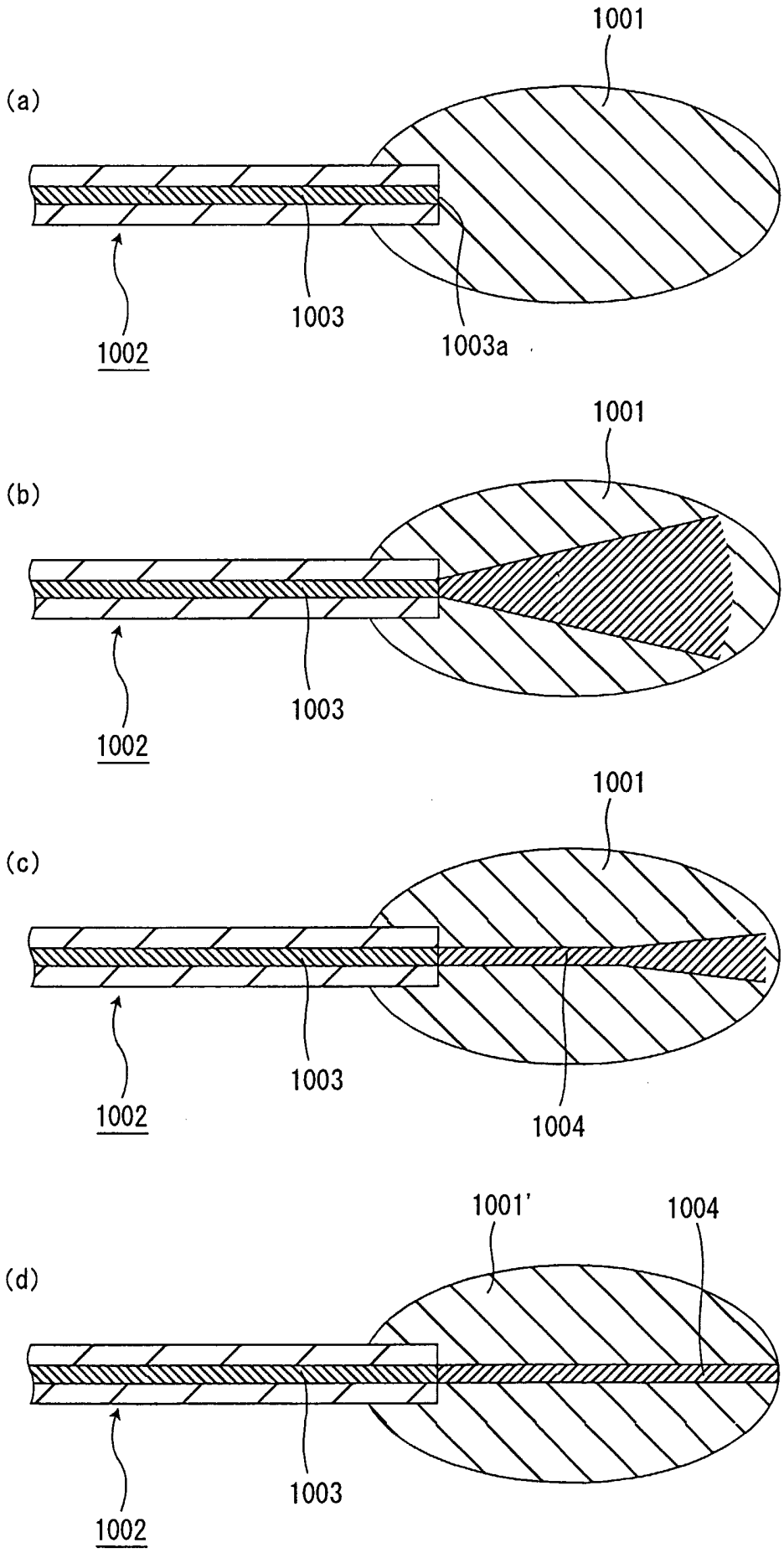

(a)
1001
1002
1003
1003a
(b)
1001
1002
1003
(c)
1001
1002
1003
1004
(d)
1001'
1004
1002
1003

図15

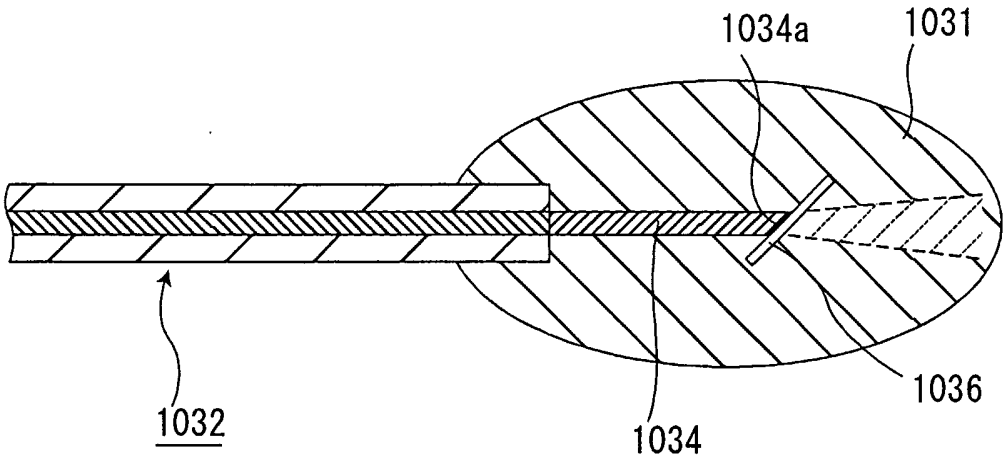

1034a
1031
1032
1034
1036

図16

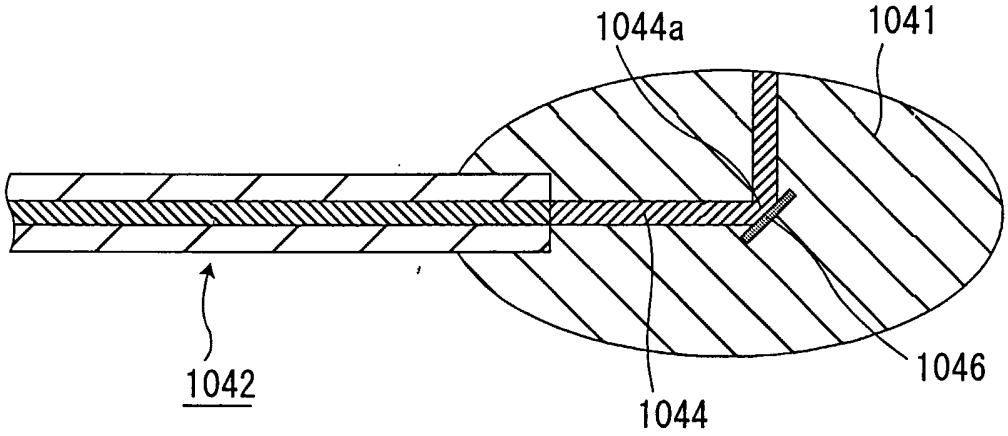

1044a
1041
1042
1044
1046

図17

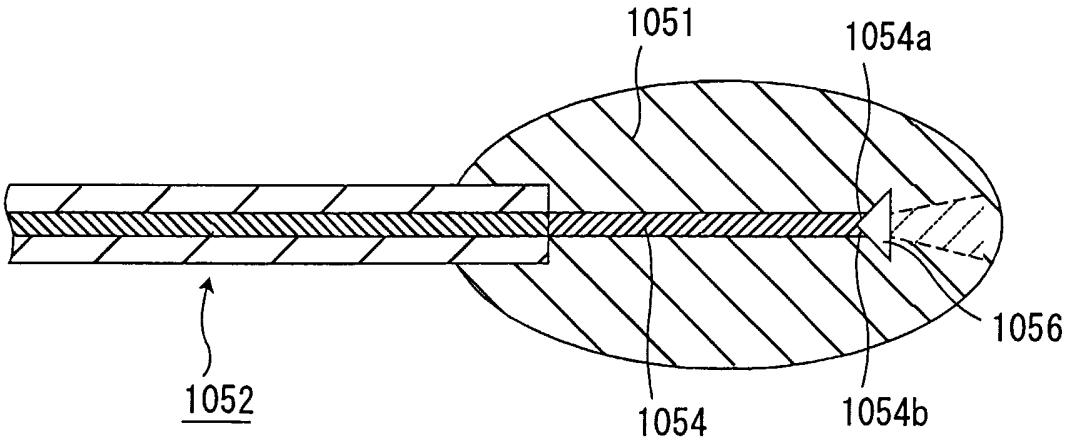
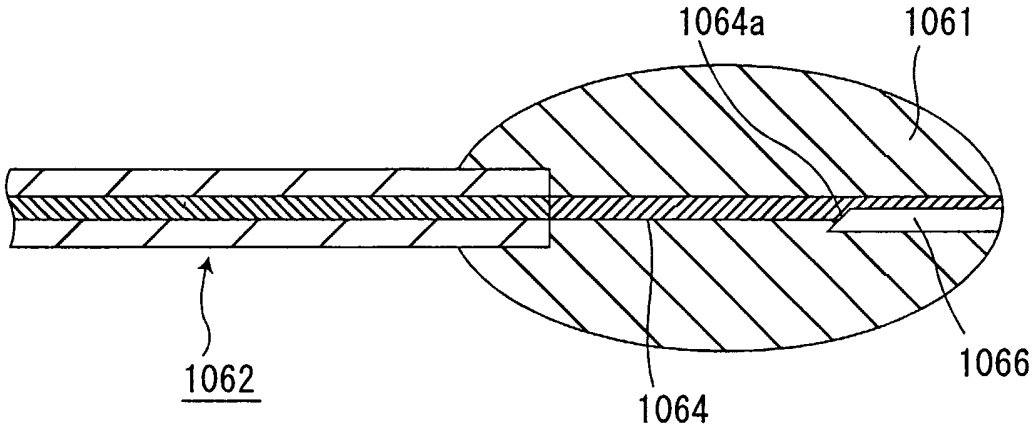

1051
1054a
1052
1054
1054b
1056

図18

(a)



(b)

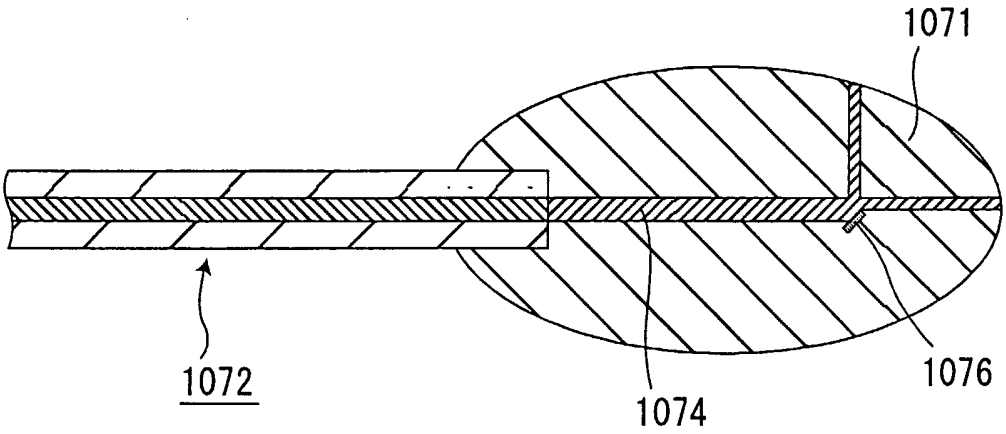
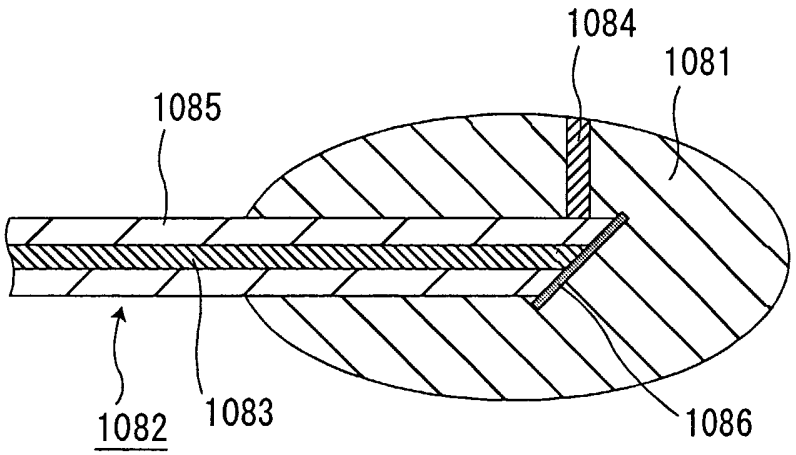


図19

(a)


1084
1081
1085
1082
1083
1086

(b)

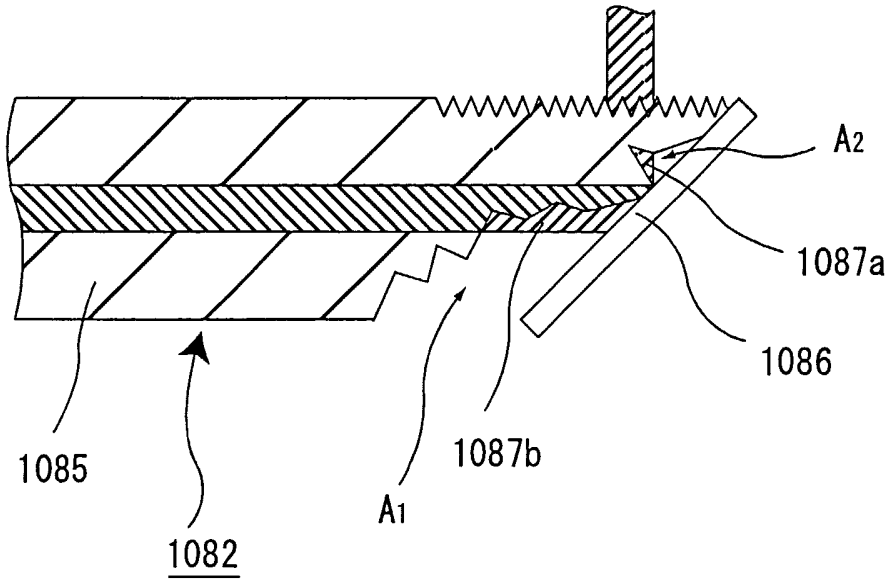

A2
1087a
1086
1085
1087b
A1
1082

図20

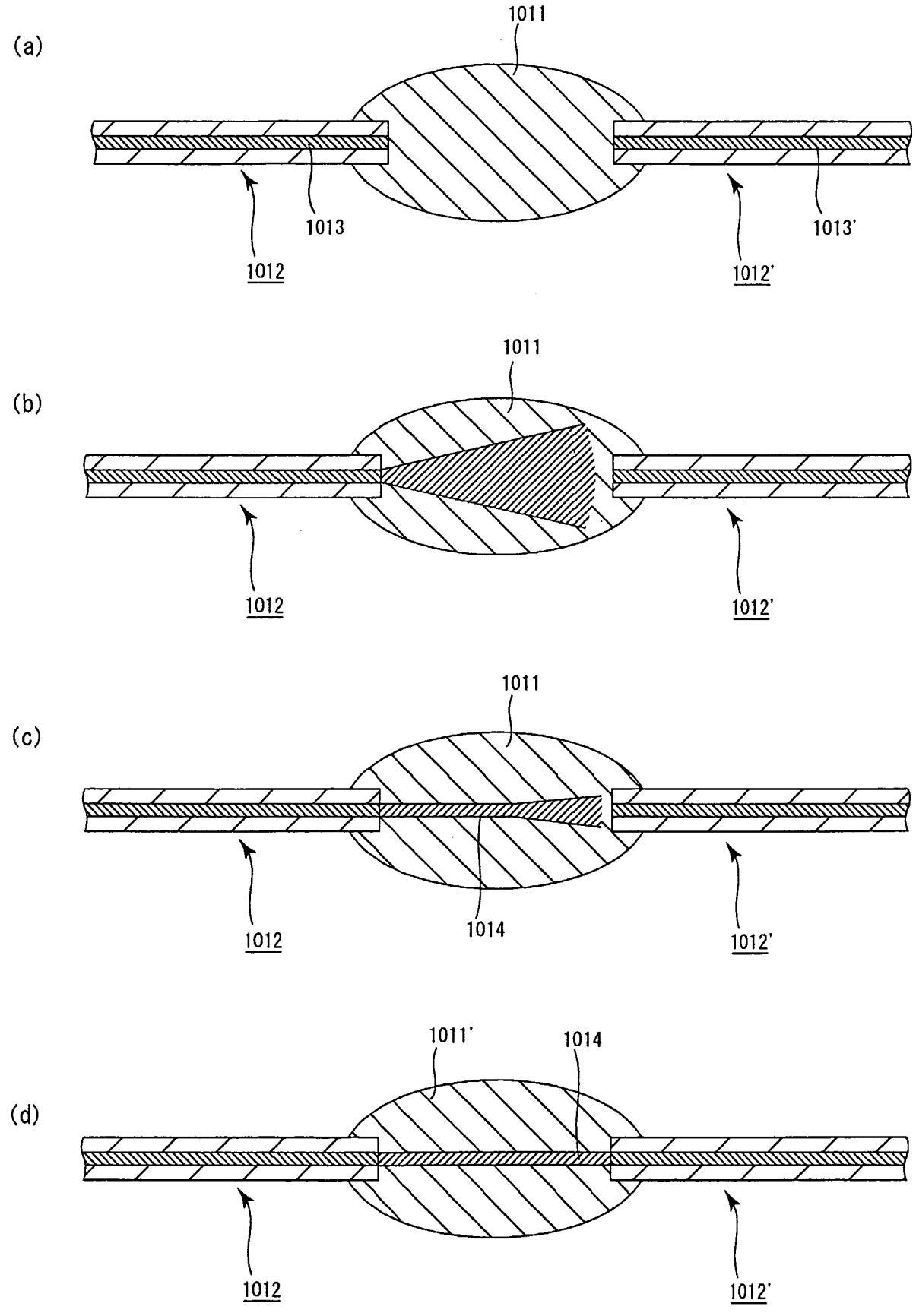

(a)
1011
1013
1013'
1012
1012'
(b)
1011
1012
1012'
(c)
1011
1014
1012
1012'
(d)
1011'
1014
1012
1012'

図21

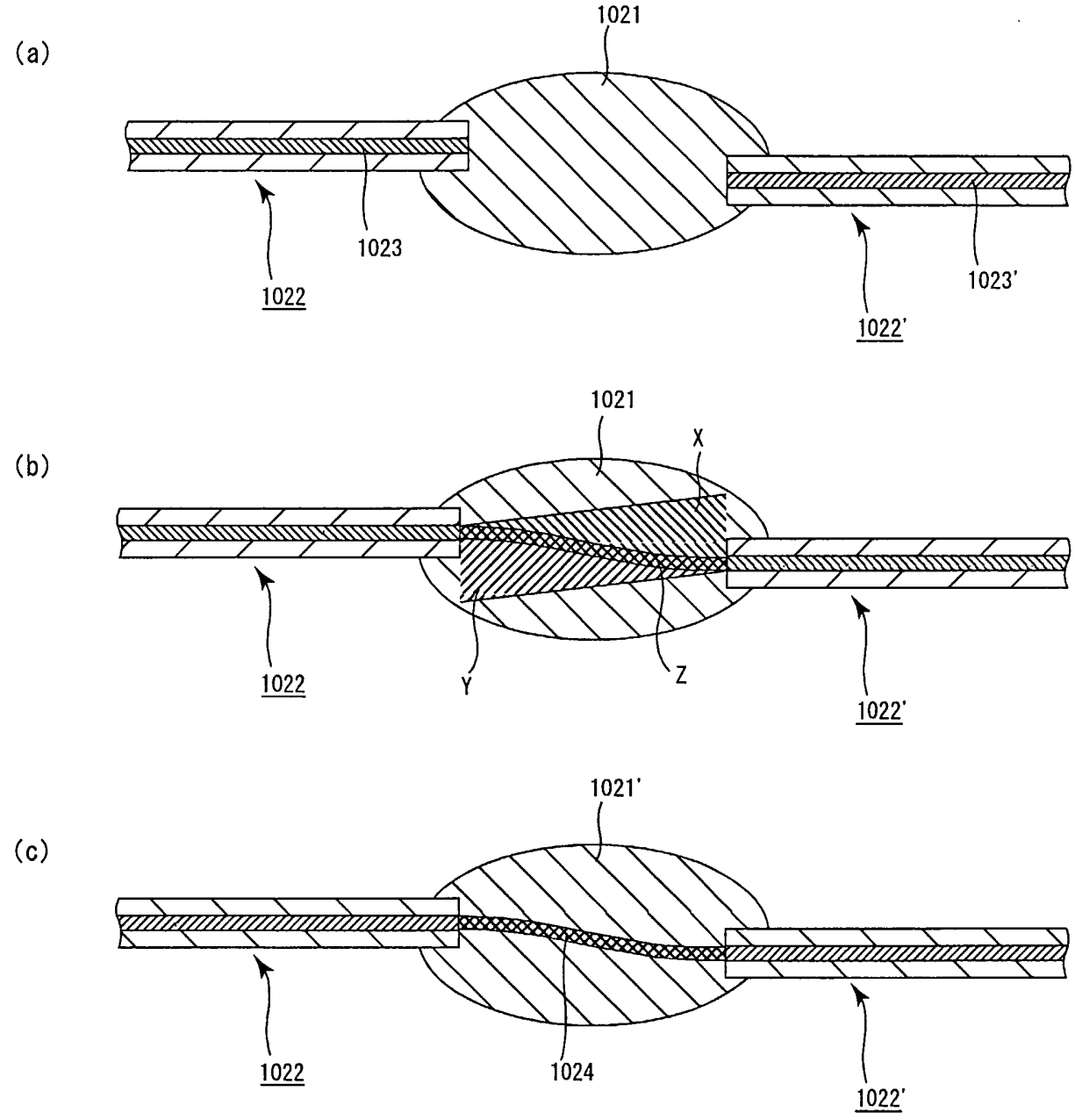

(a)
1021
1023
1022
1023'
1022'
(b)
1021
X
Y
Z
1022
1022'
(c)
1021'
1022
1024
1022'

図22

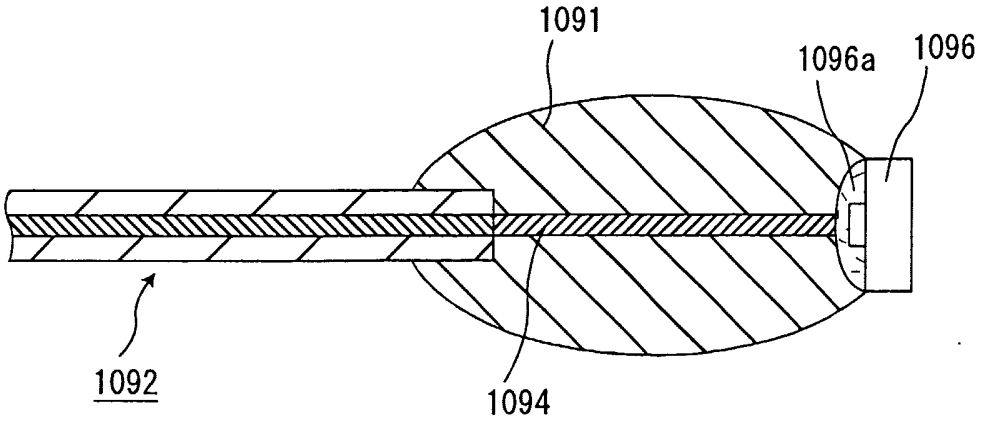

1091
1096a
1096
1092
1094

図23

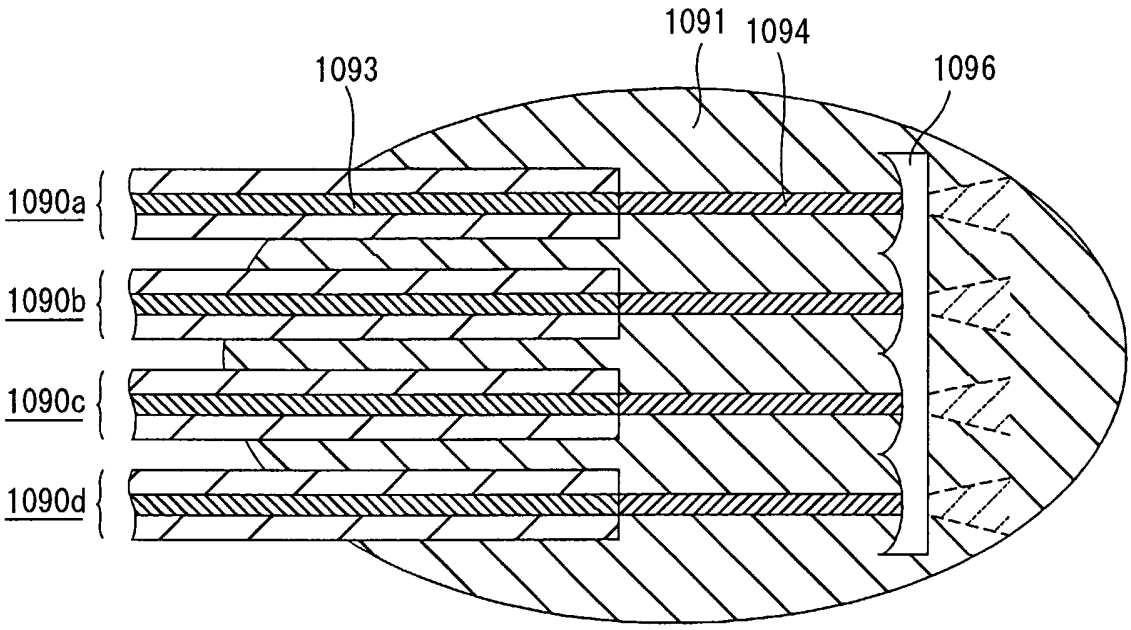

1091
1094
1093
1096
1090a
1090b
1090c
1090d

図24

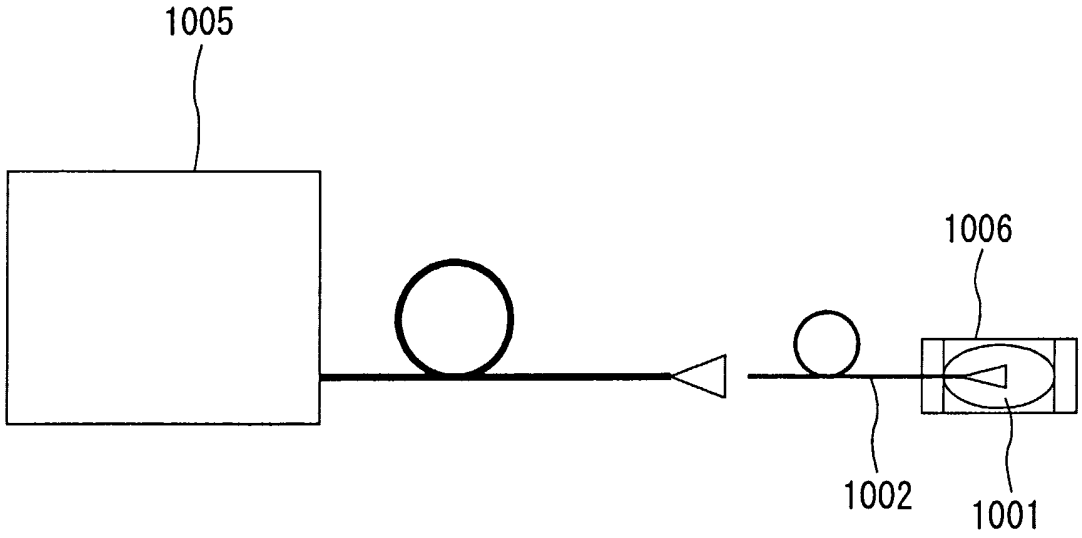

1005
1006
1002
1001

図25

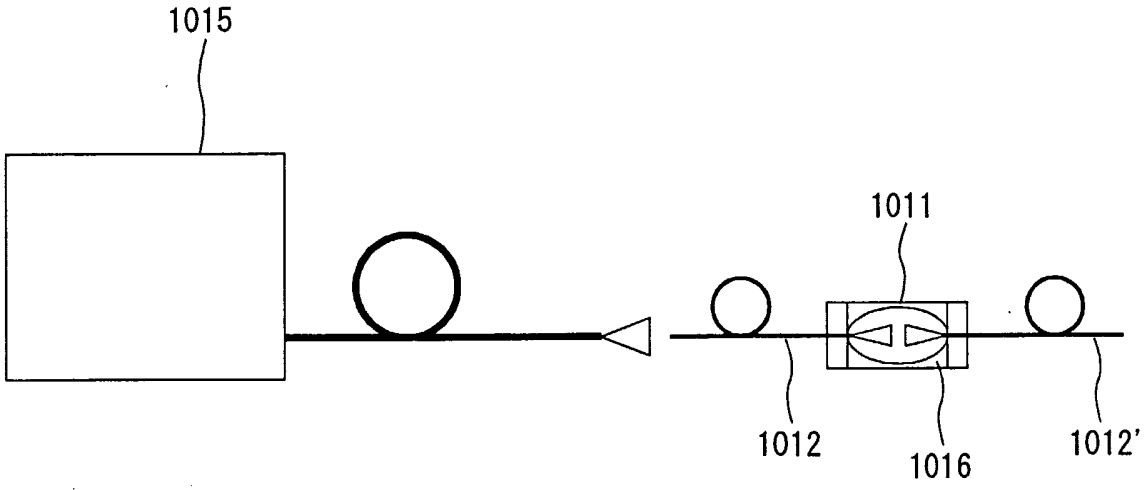


図26

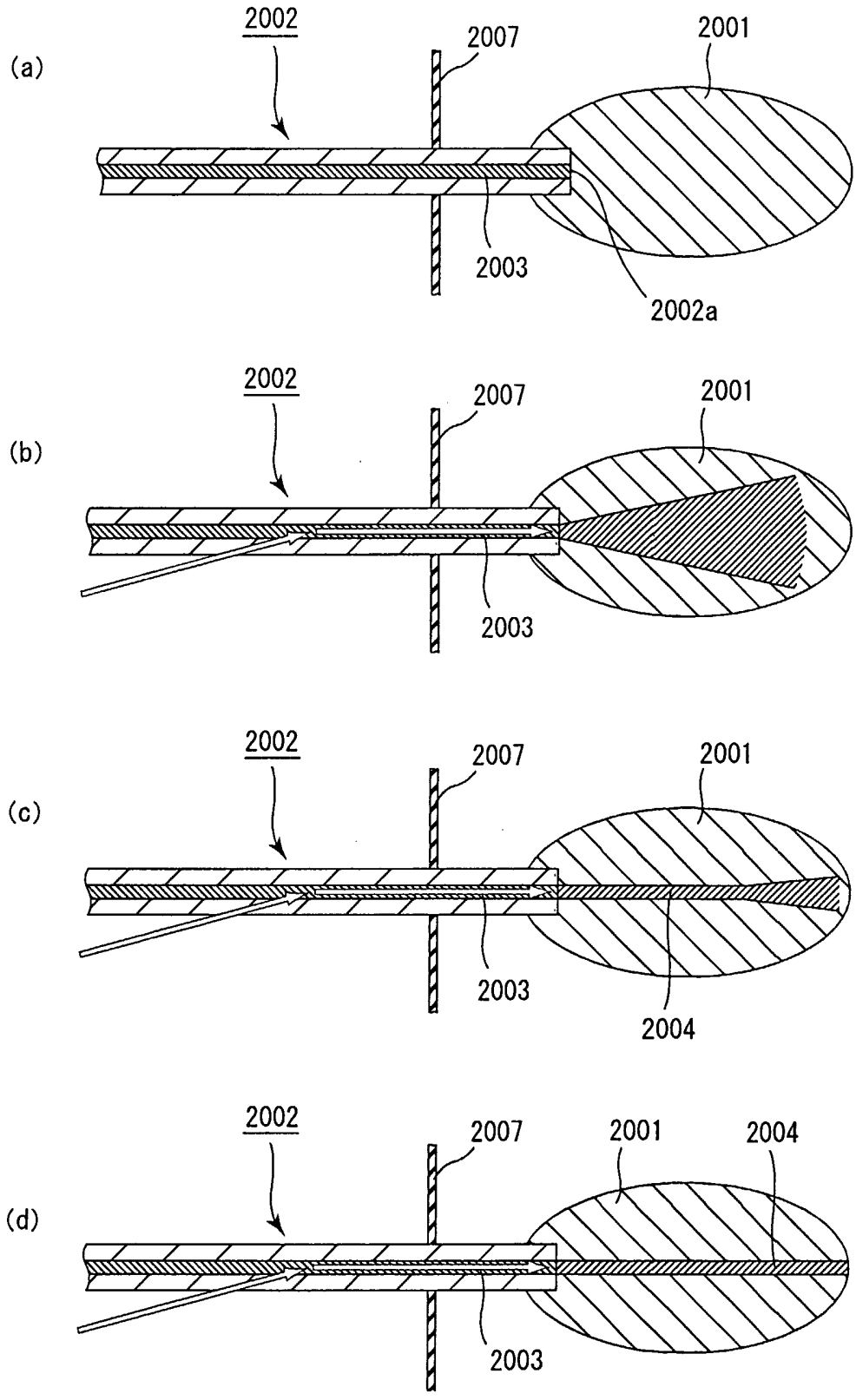

(a)
2002
2007
2001
2003
2002a
(b)
2002
2007
2001
2003
(c)
2002
2007
2001
2003
2004
(d)
2002
2007
2001
2004
2003

図27

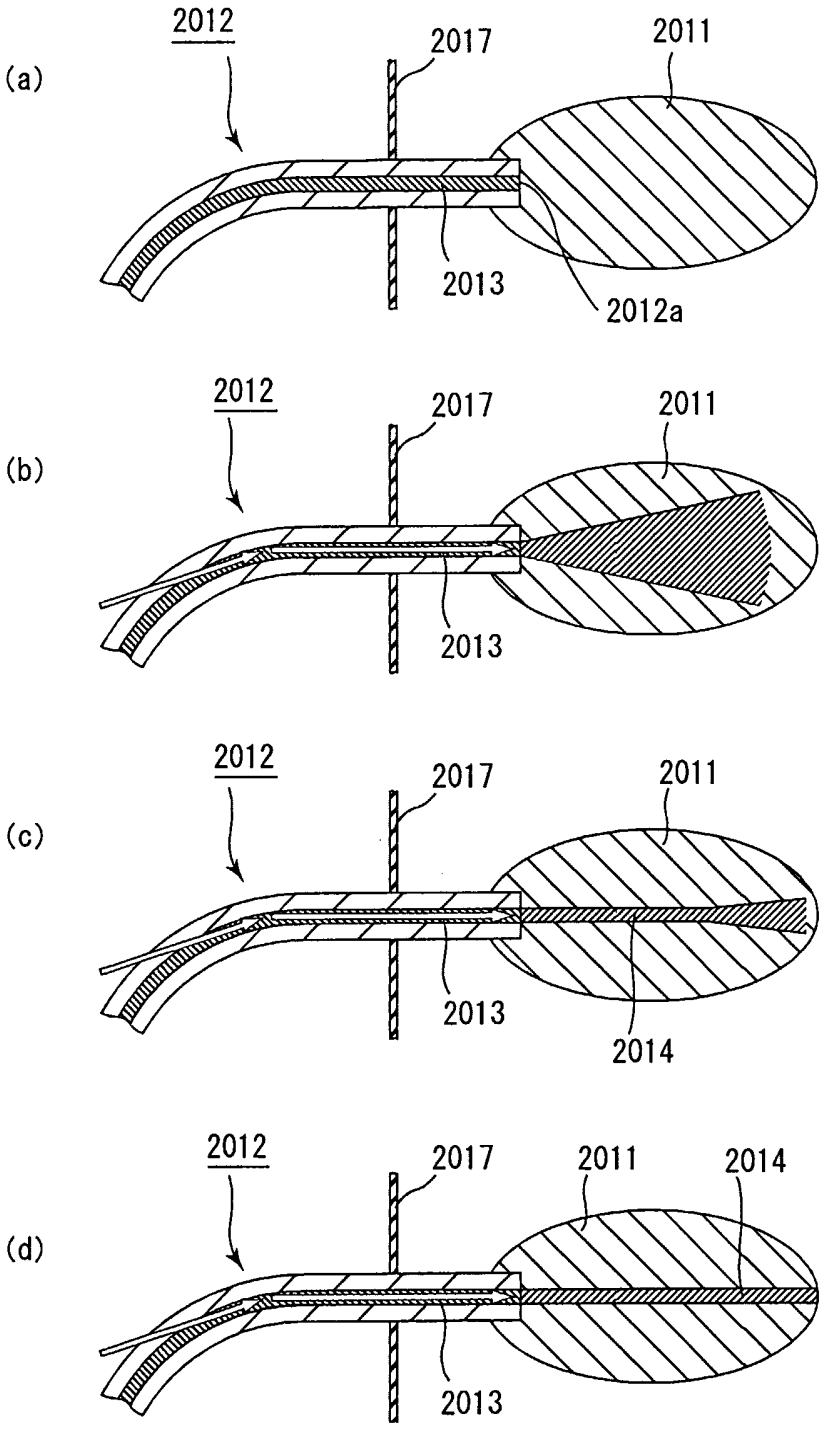

(a)
2012
2017
2011
2013
2012a
(b)
2012
2017
2011
2013
(c)
2012
2017
2011
2013
2014
(d)
2012
2017
2011
2014
2013

図28

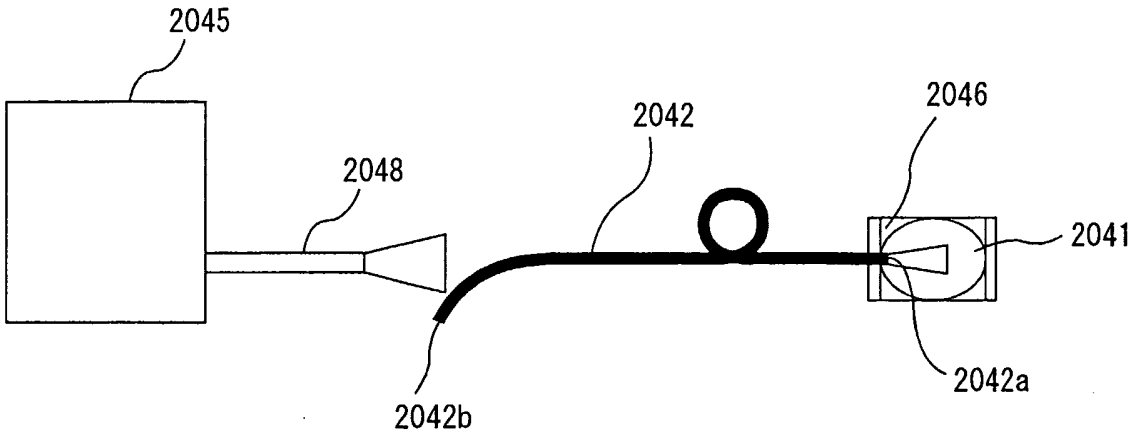
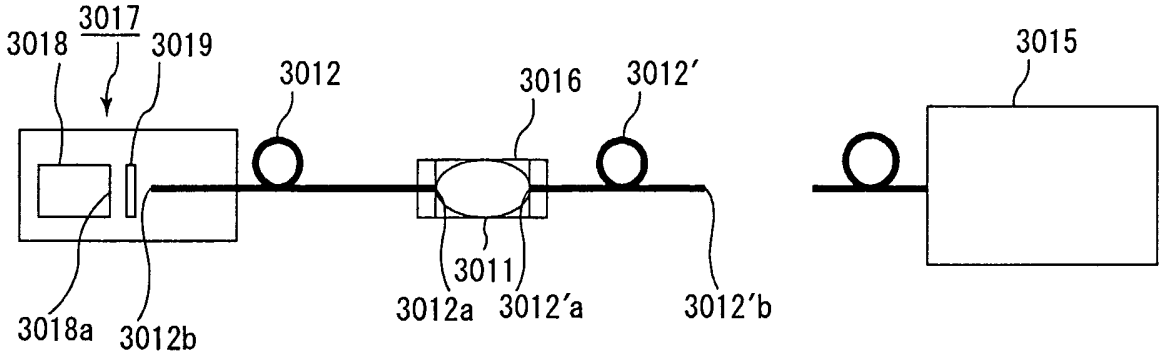


図29

(a)


3017
3018
3019
3012
3016
3012′
3015
3011
3018a
3012b
3012a
3012′a
3012′b

(b)

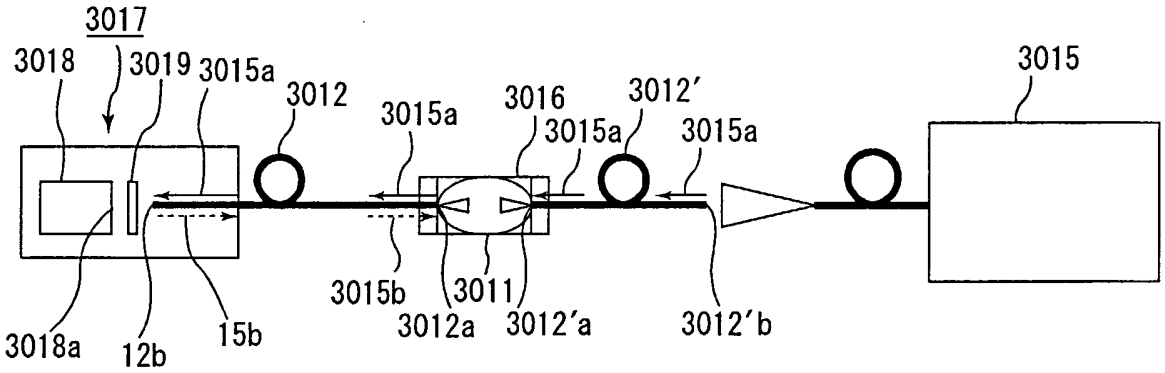

3017
3018
3019
3015a
3012
3015a
3016
3012′
3015a
3015a
3015
3015b
3011
3018a
12b
15b
3012a
3012′a
3012′b

図30

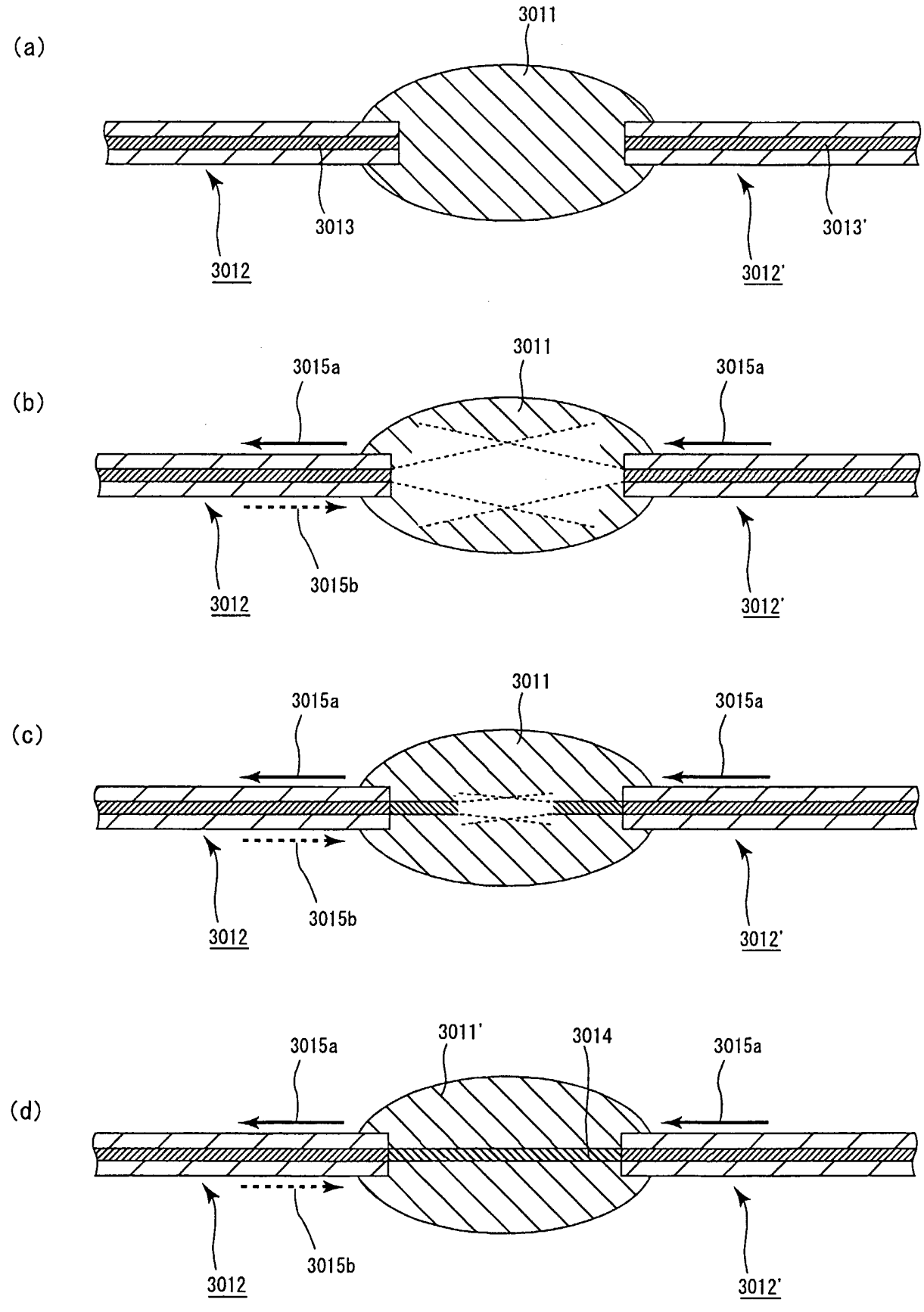

(a)
3011
3013
3013'
3012
3012'
(b)
3015a
3011
3015a
3015b
3012
3012'
(c)
3015a
3011
3015a
3015b
3012
3012'
(d)
3015a
3011'
3014
3015a
3015b
3012
3012'

図31

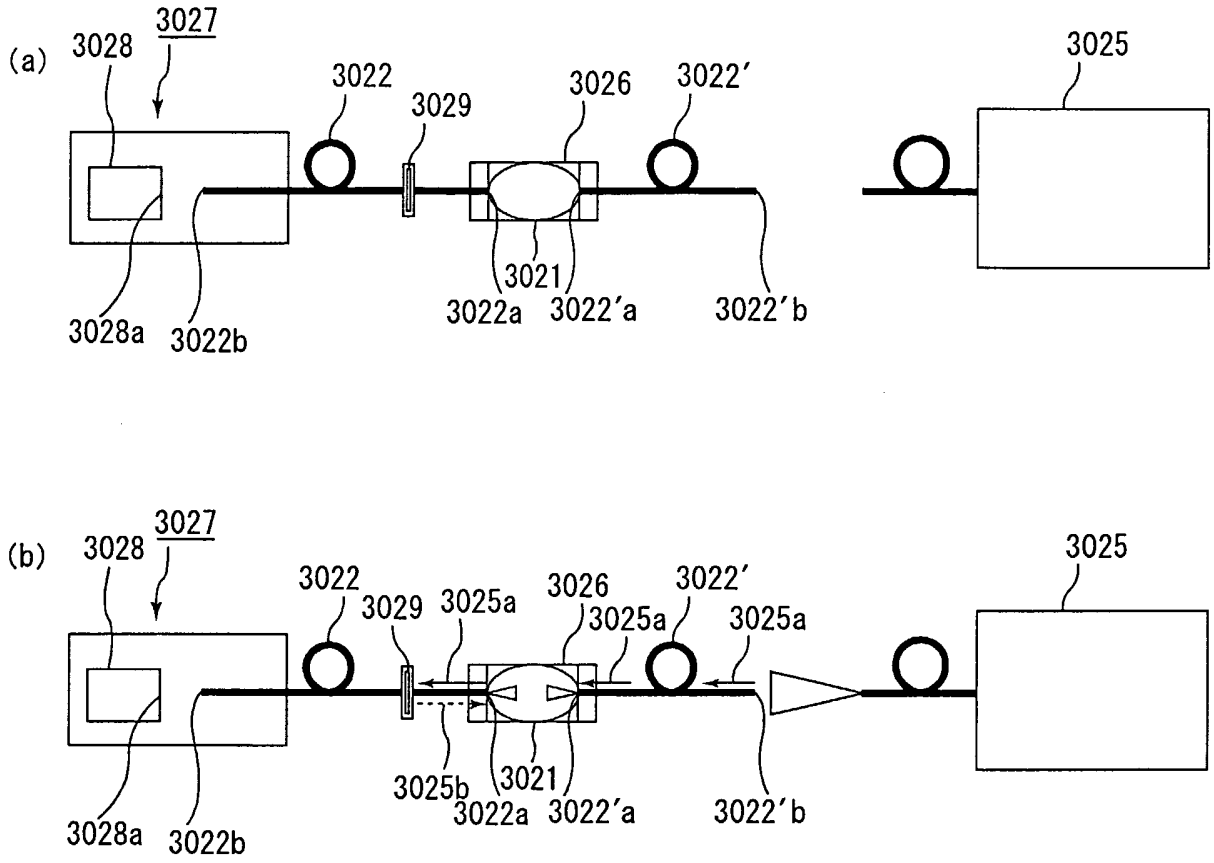

(a)
3027
3028
3022
3029
3026
3022′
3025
3028a
3022b
3021
3022a
3022′a
3022′b
(b)
3027
3028
3022
3029
3025a
3026
3025a
3022′
3025a
3025
3025b
3021
3022a
3022′a
3028a
3022b
3022′b

図32

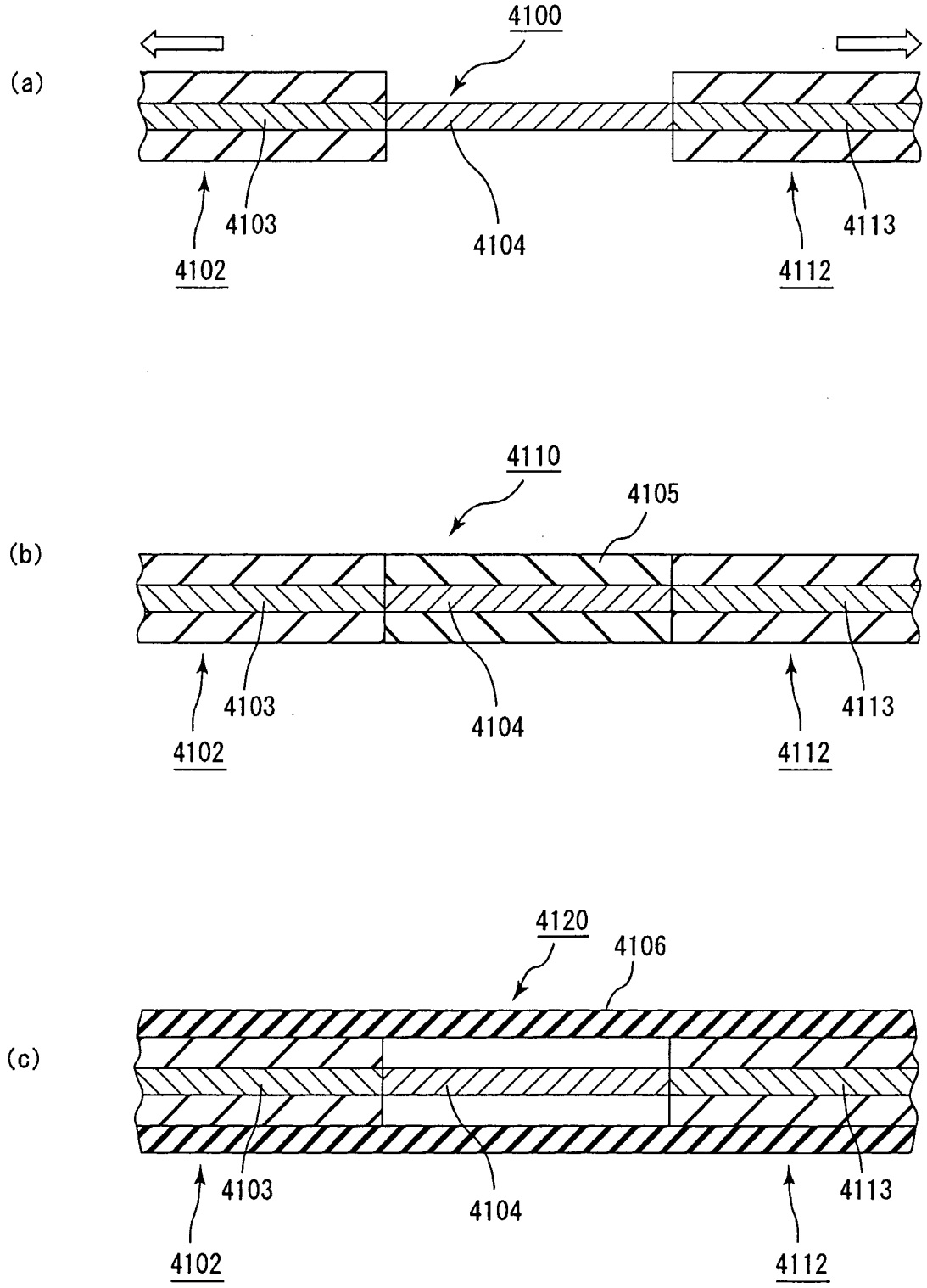

(a)
4100
4103
4104
4102
4112
4113
(b)
4110
4105
4103
4104
4102
4112
4113
(c)
4120
4106
4103
4104
4102
4112
4113

図33

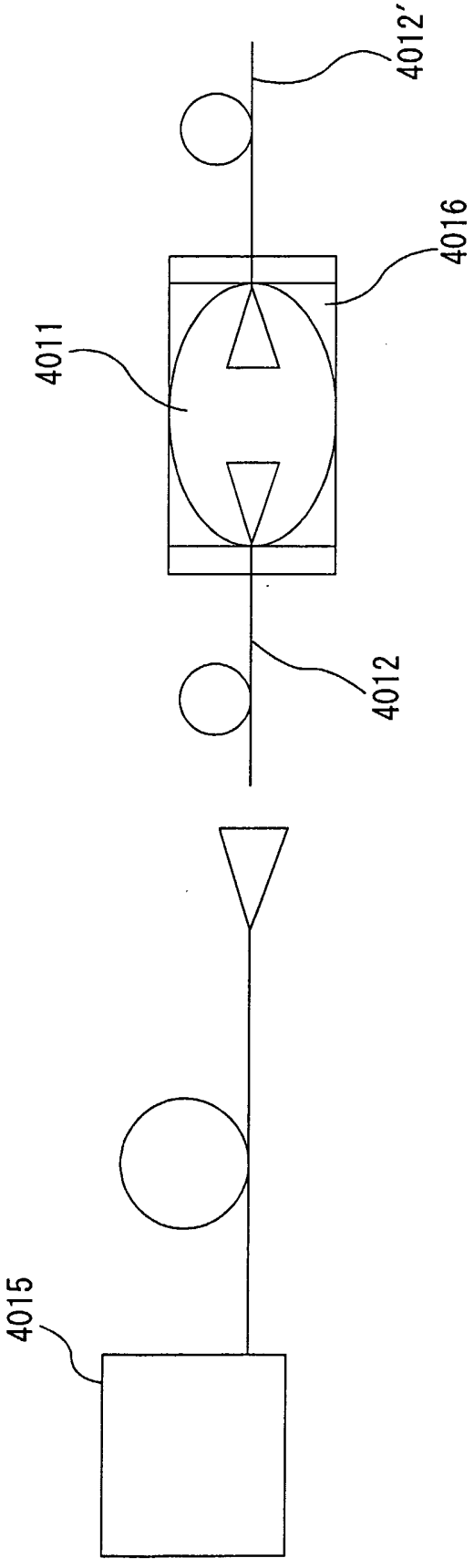
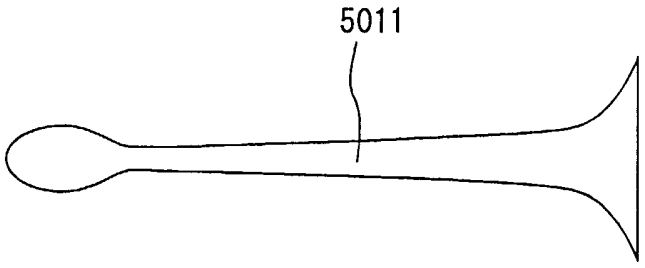
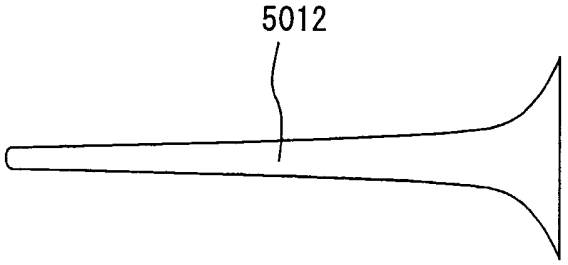


図34

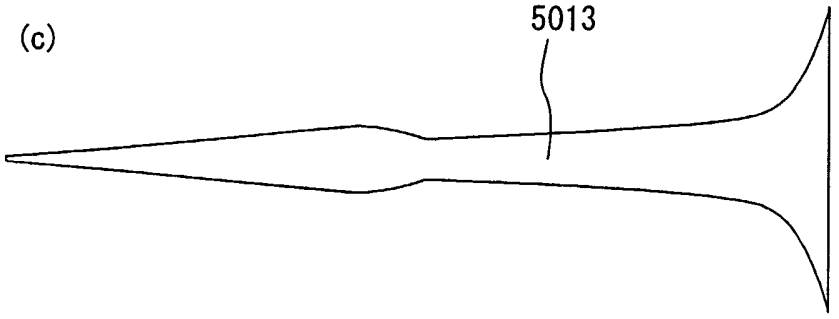
(a)



(b)



(c)



(d)

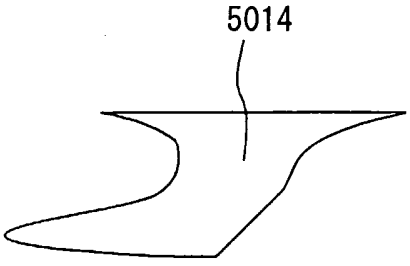


図35

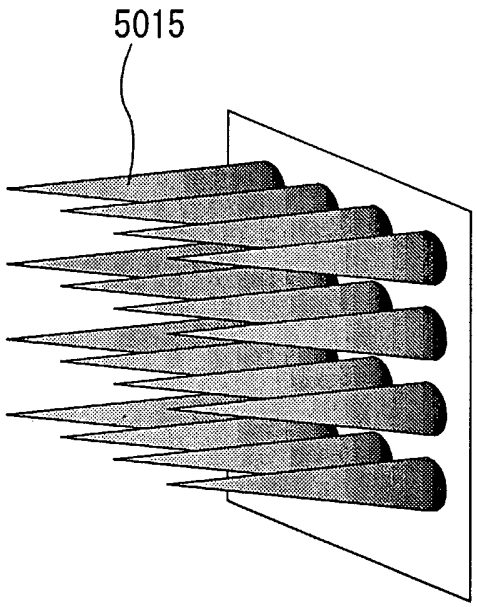


図36

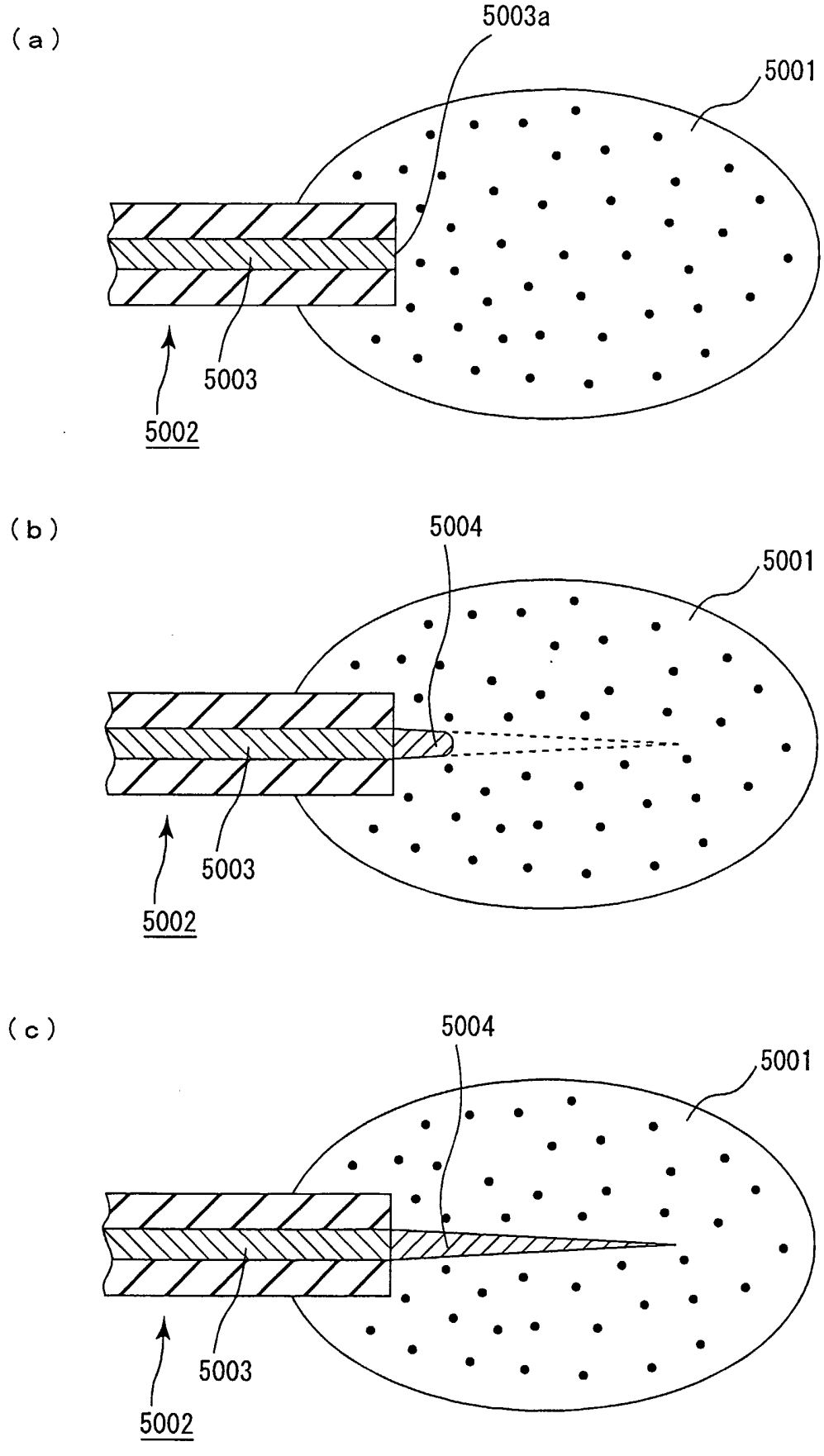

(a)
5003a
5001
5003
5002
(b)
5004
5001
5003
5002
(c)
5004
5001
5003
5002

図37

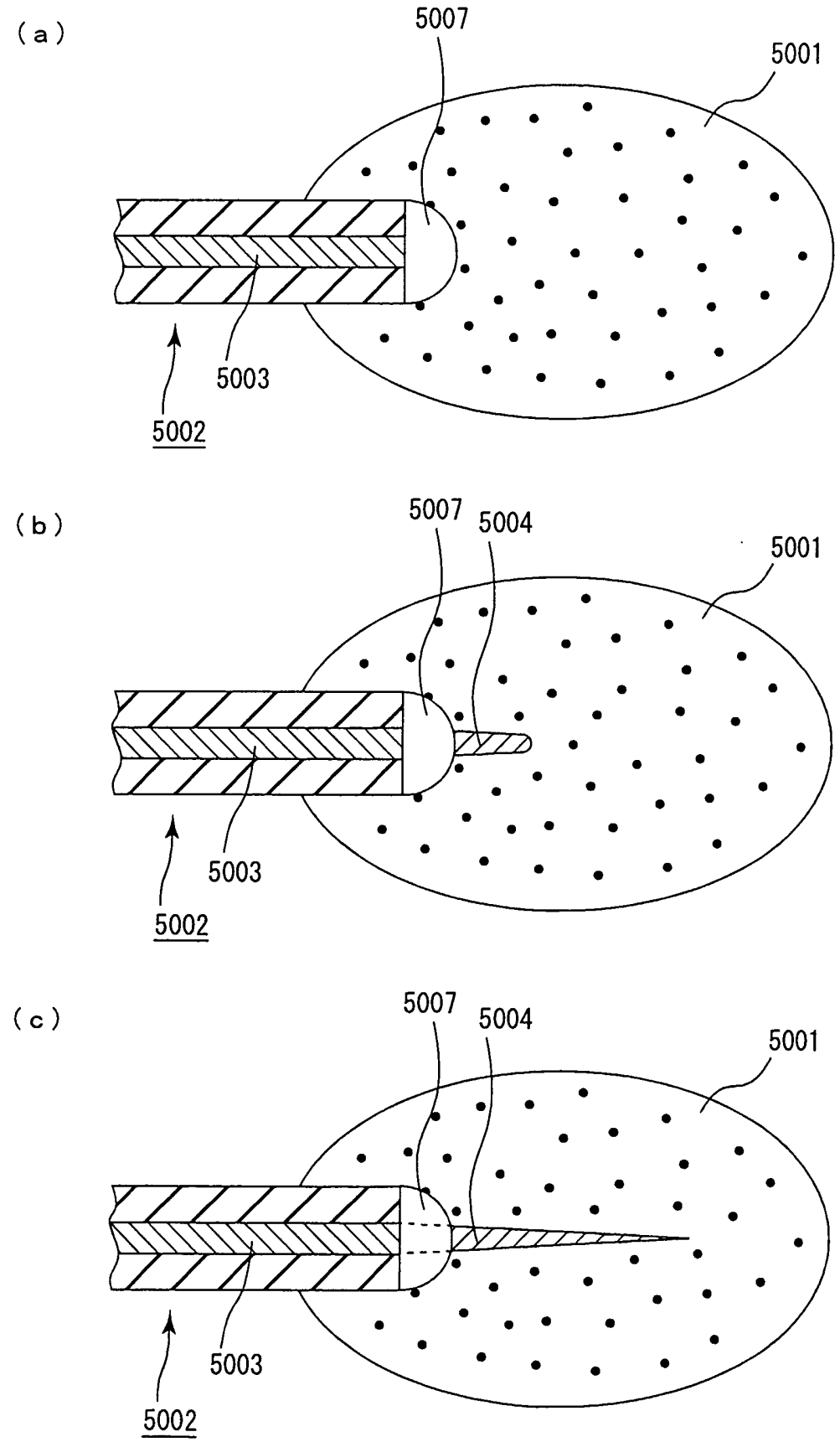

(a)
5007
5001
5003
5002
(b)
5007
5004
5001
5003
5002
(c)
5007
5004
5001
5003
5002

図38

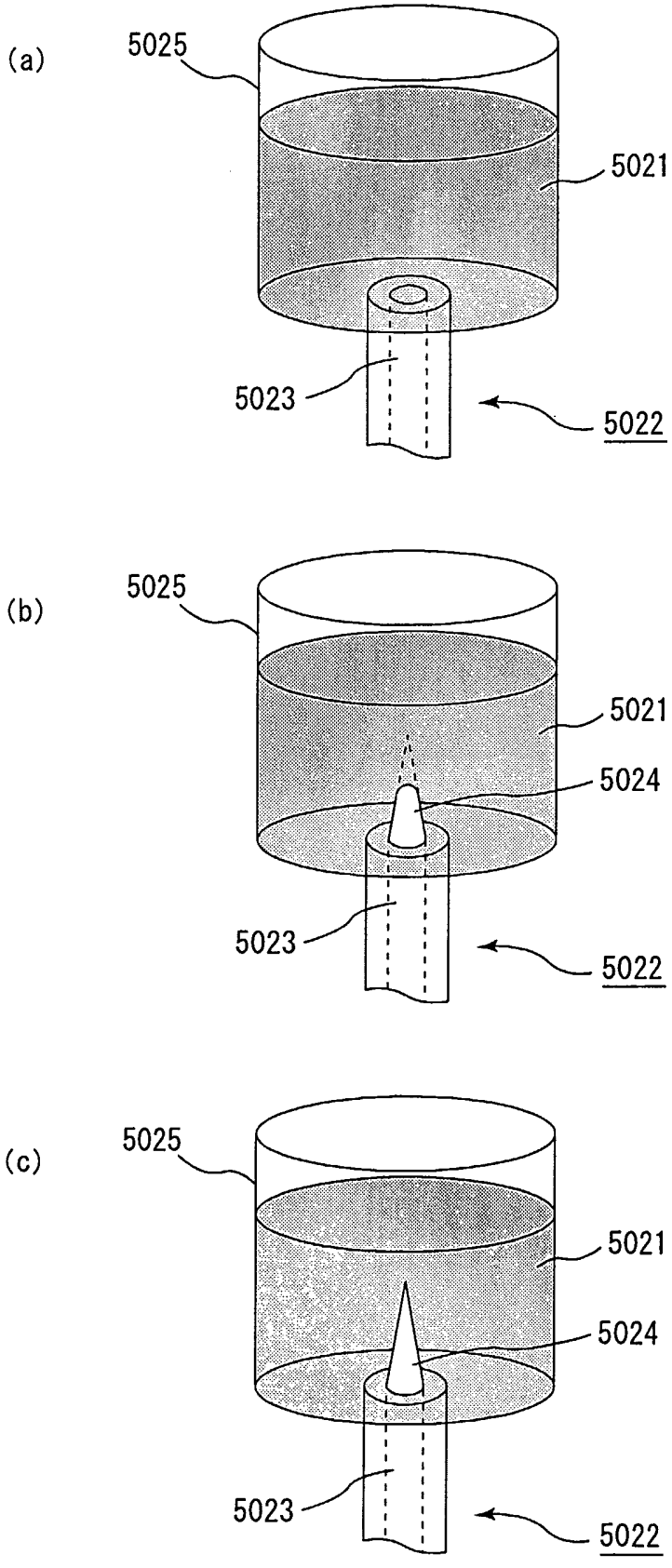

(a)
5025
5021
5023
5022
(b)
5025
5021
5024
5023
5022
(c)
5025
5021
5024
5023
5022

図39

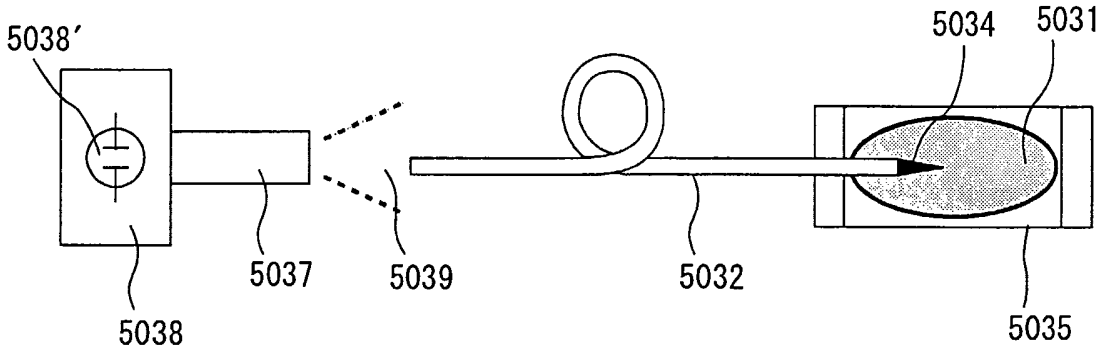

5038′
5034
5031
5037
5039
5032
5038
5035

図40

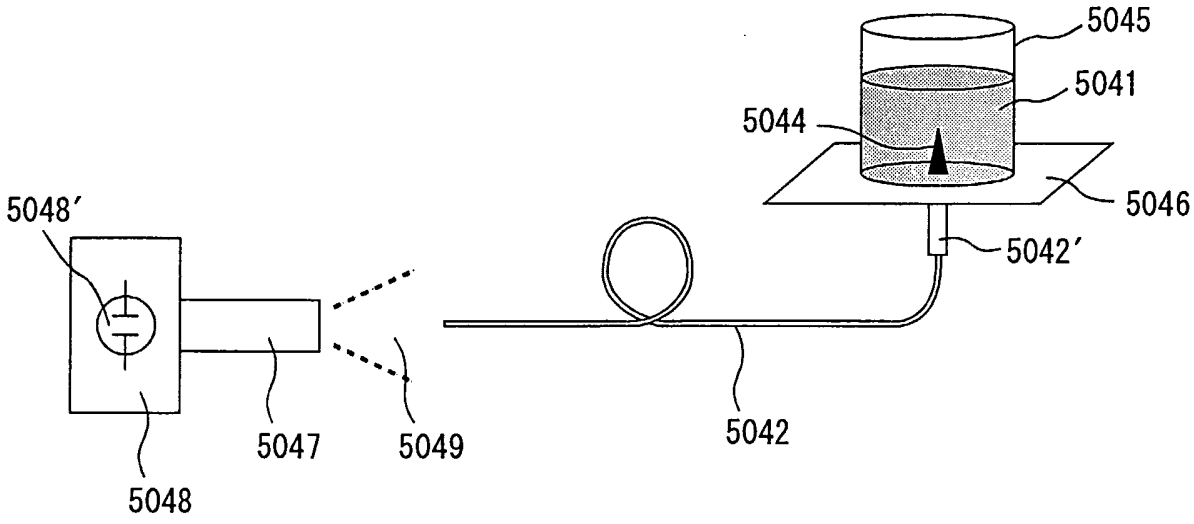

5045
5041
5044
5046
5048′
5042′
5047
5049
5042
5048

図41

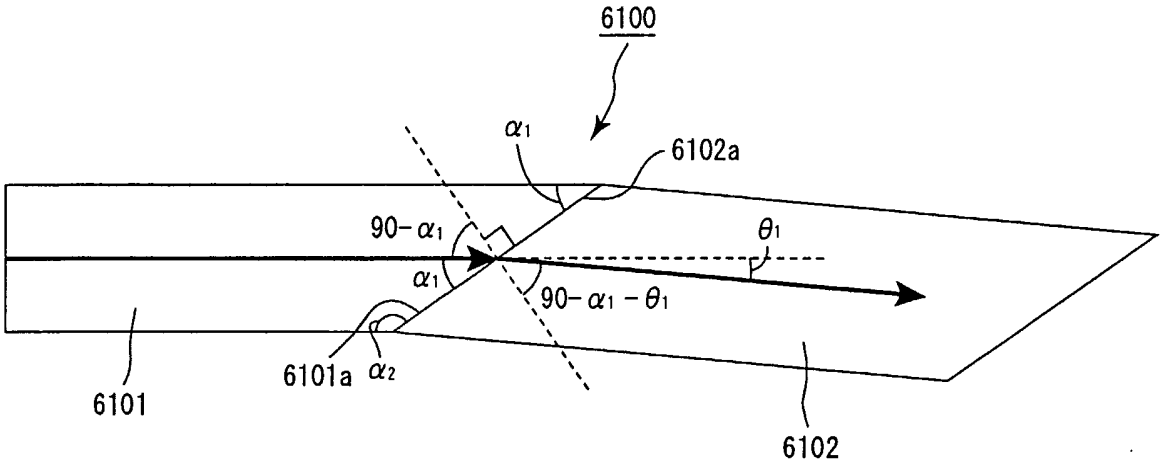

6100
α_1
6102a
$90-\alpha_1$
θ_1
α_1
$90-\alpha_1-\theta_1$
6101
6101a
α_2
6102

図42

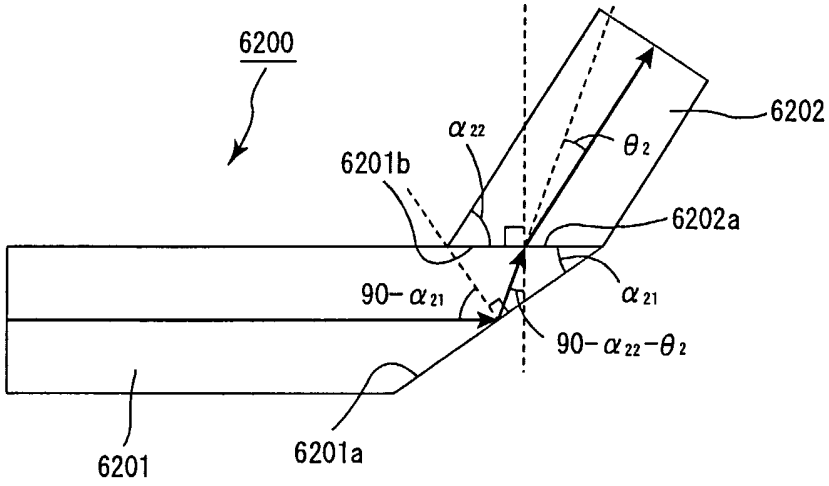

6200
α_{22}
θ_2
6202
6201b
6202a
$90-\alpha_{21}$
α_{21}
$90-\alpha_{22}-\theta_2$
6201
6201a

図43

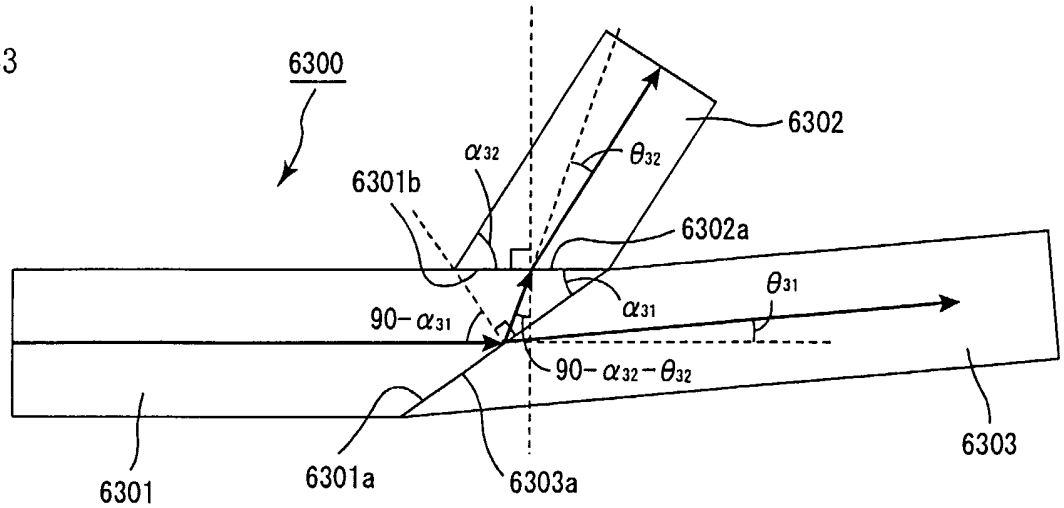

6300
α_{32}
θ_{32}
6302
6301b
6302a
θ_{31}
$90-\alpha_{31}$
α_{31}
$90-\alpha_{32}-\theta_{32}$
6303
6301
6301a
6303a

図44

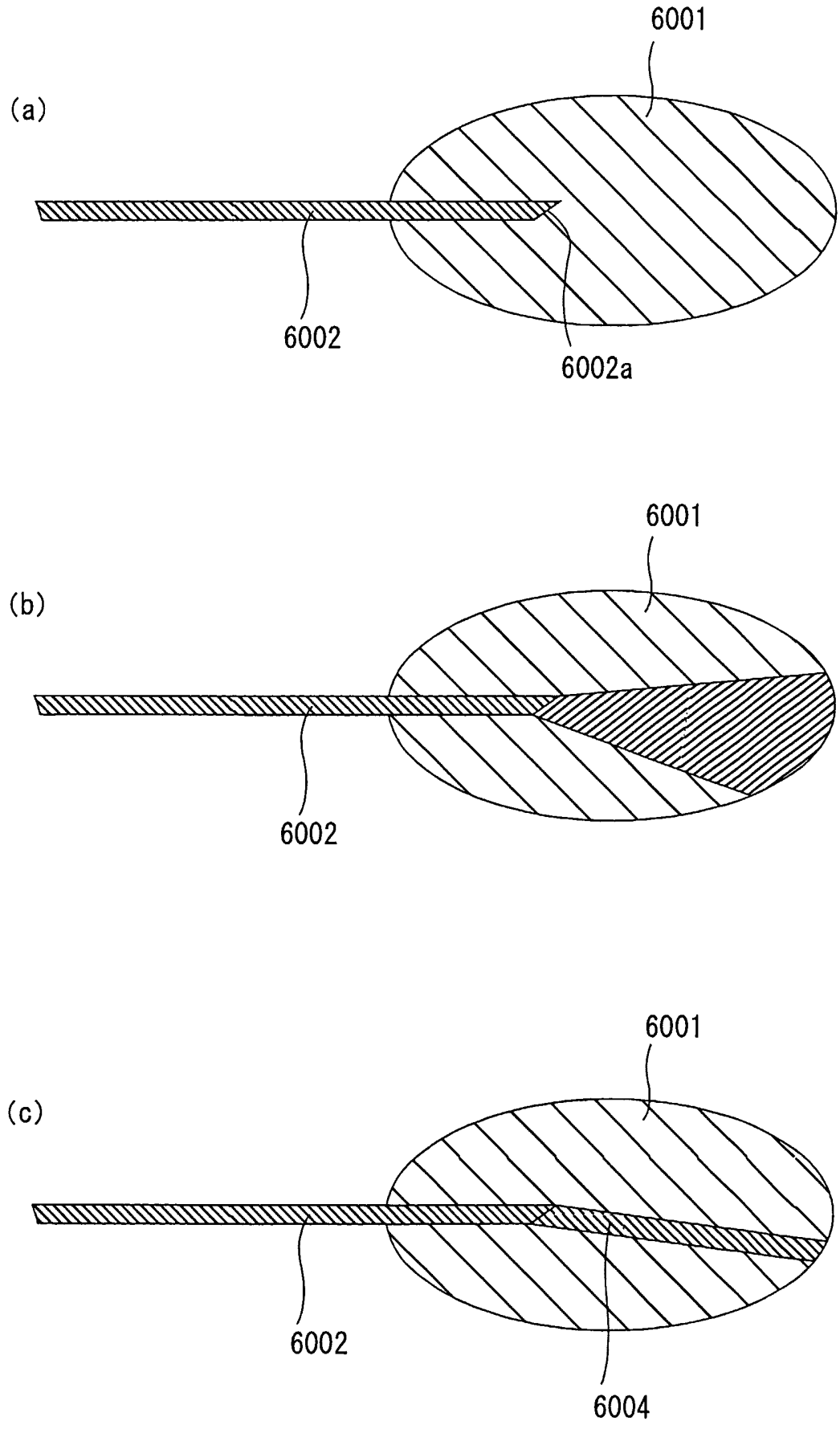


図45

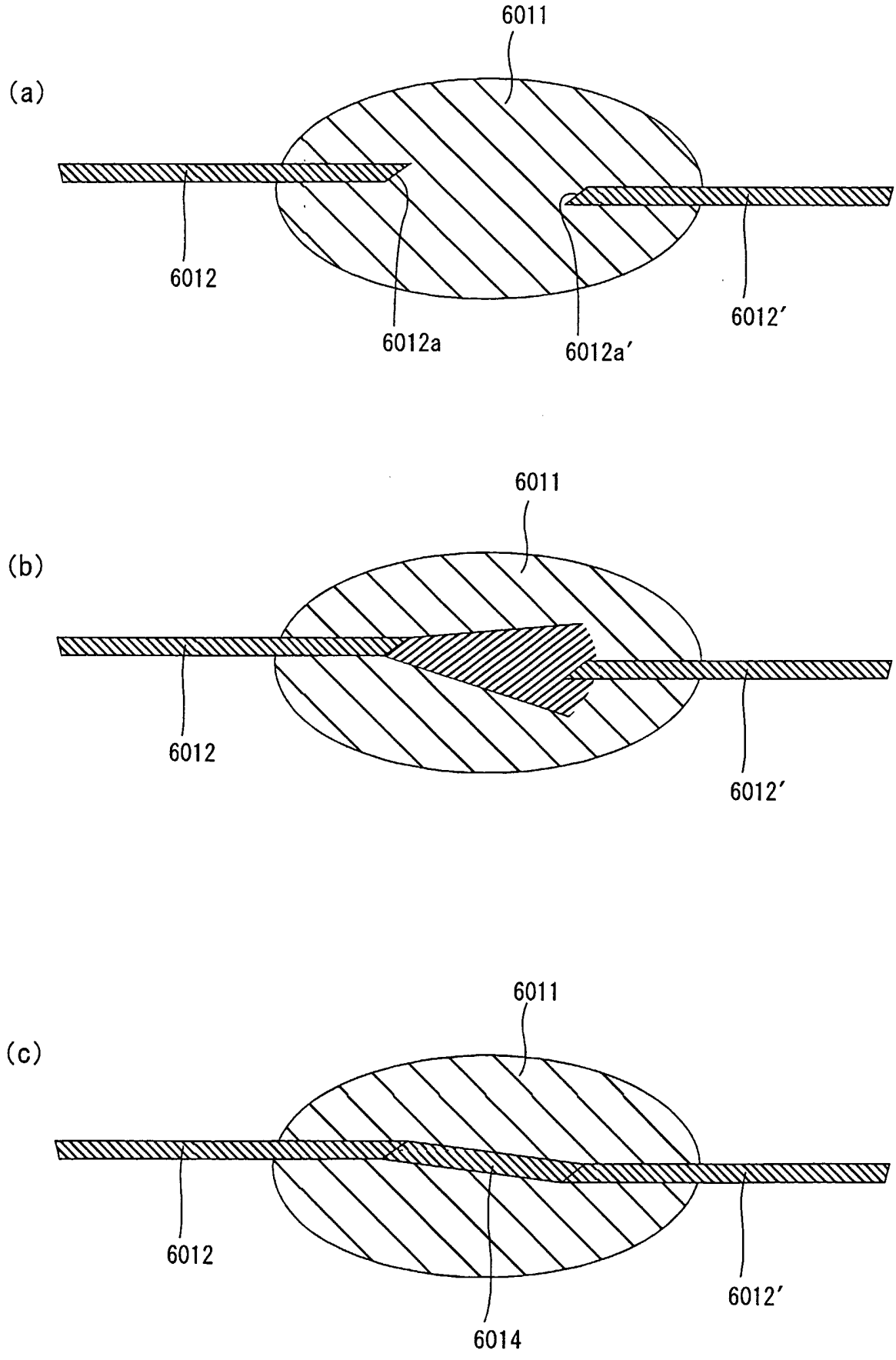

(a)
6011
6012
6012a
6012a′
6012′
(b)
6011
6012
6012′
(c)
6011
6012
6014
6012′

図46

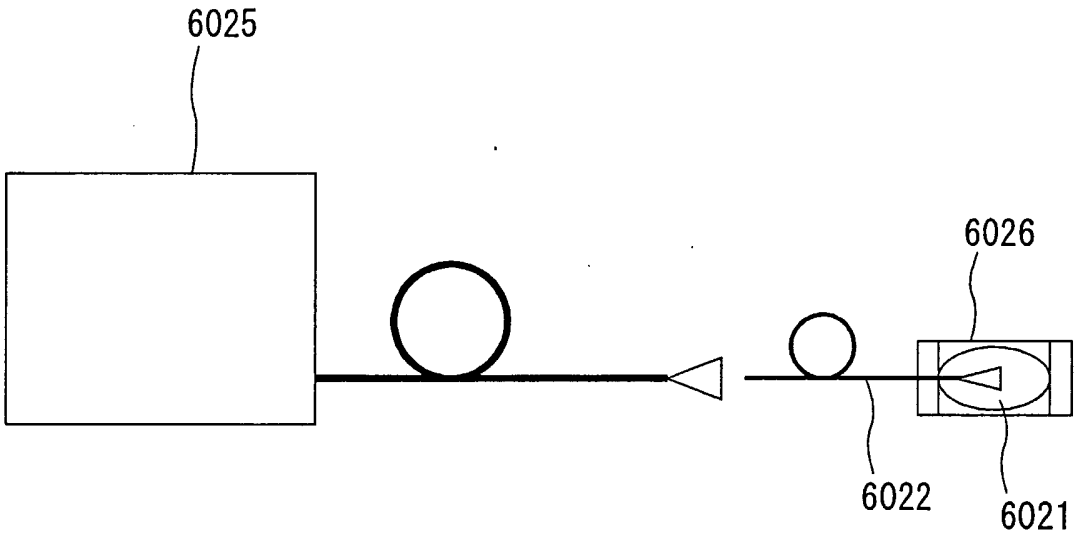


図47

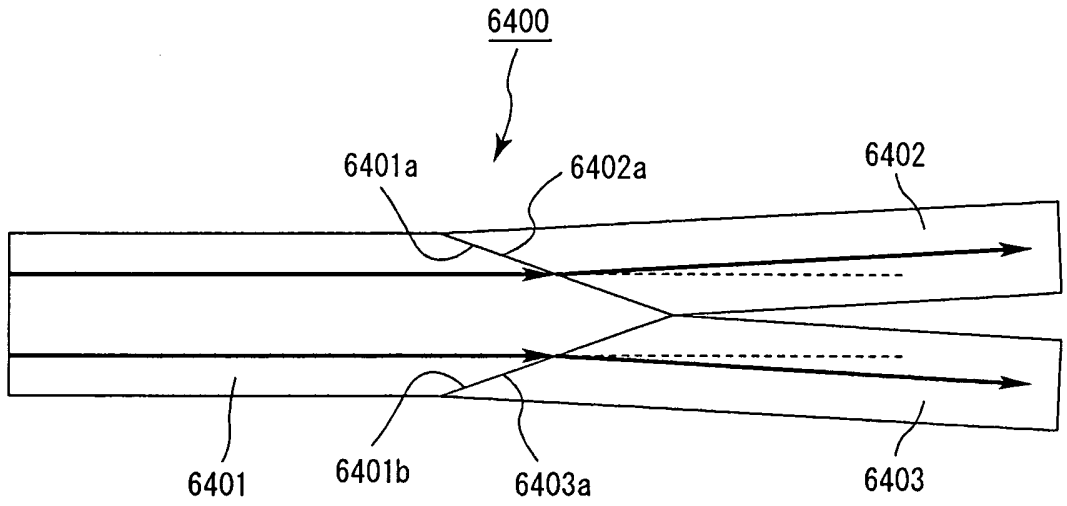

6400
6401a
6402a
6402
6401
6401b
6403a
6403

図48

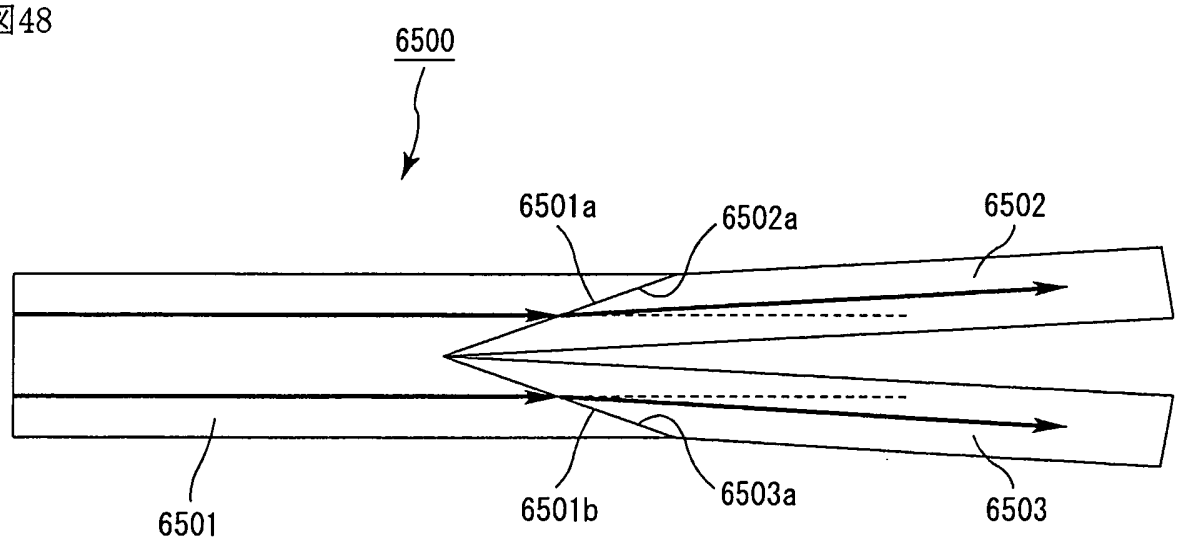

6500
6501a
6502a
6502
6501
6501b
6503a
6503

図 49

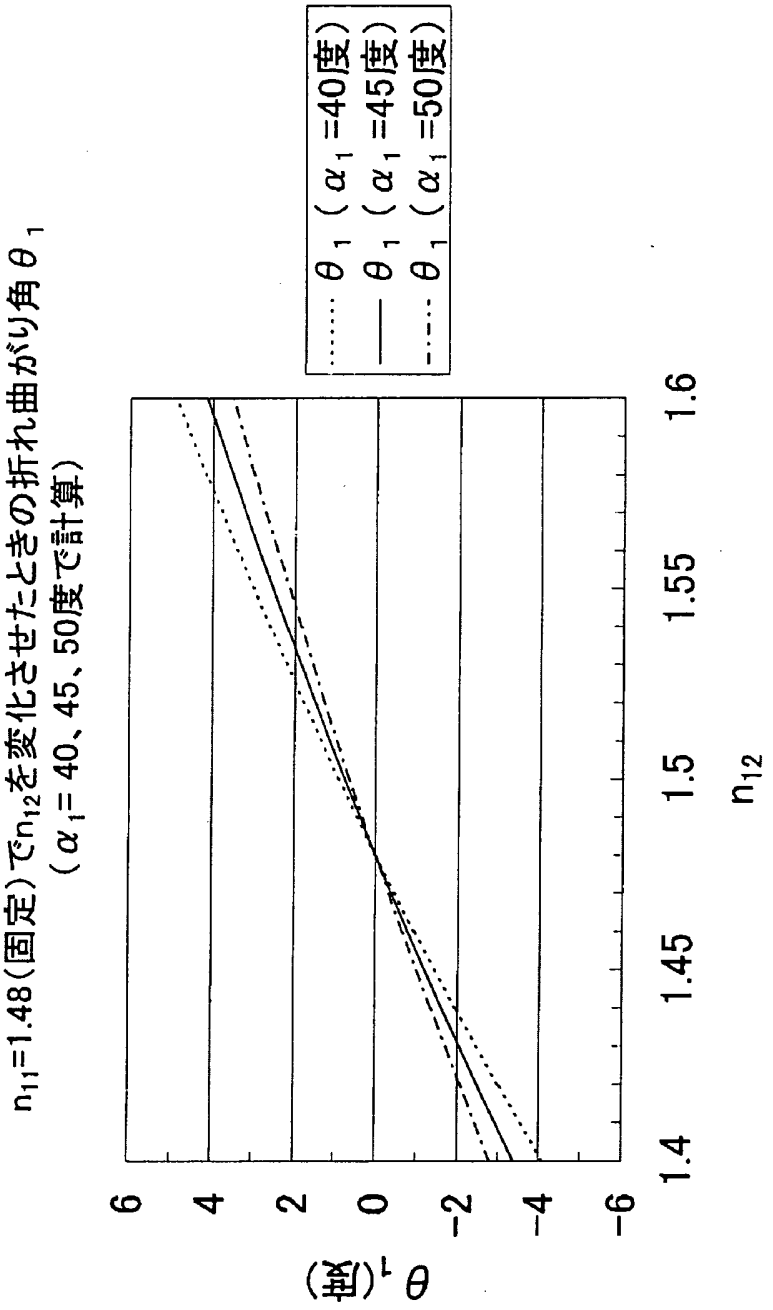

n_{11}=1.48(固定)でn_{12}を変化させたときの折れ曲がり角θ_1
(α_1= 40、45、50度で計算)
θ_1(度)
n_{12}
θ_1 (α_1=40度)
θ_1 (α_1=45度)
θ_1 (α_1=50度)
6
4
2
0
-2
-4
-6
1.4
1.45
1.5
1.55
1.6

図 50

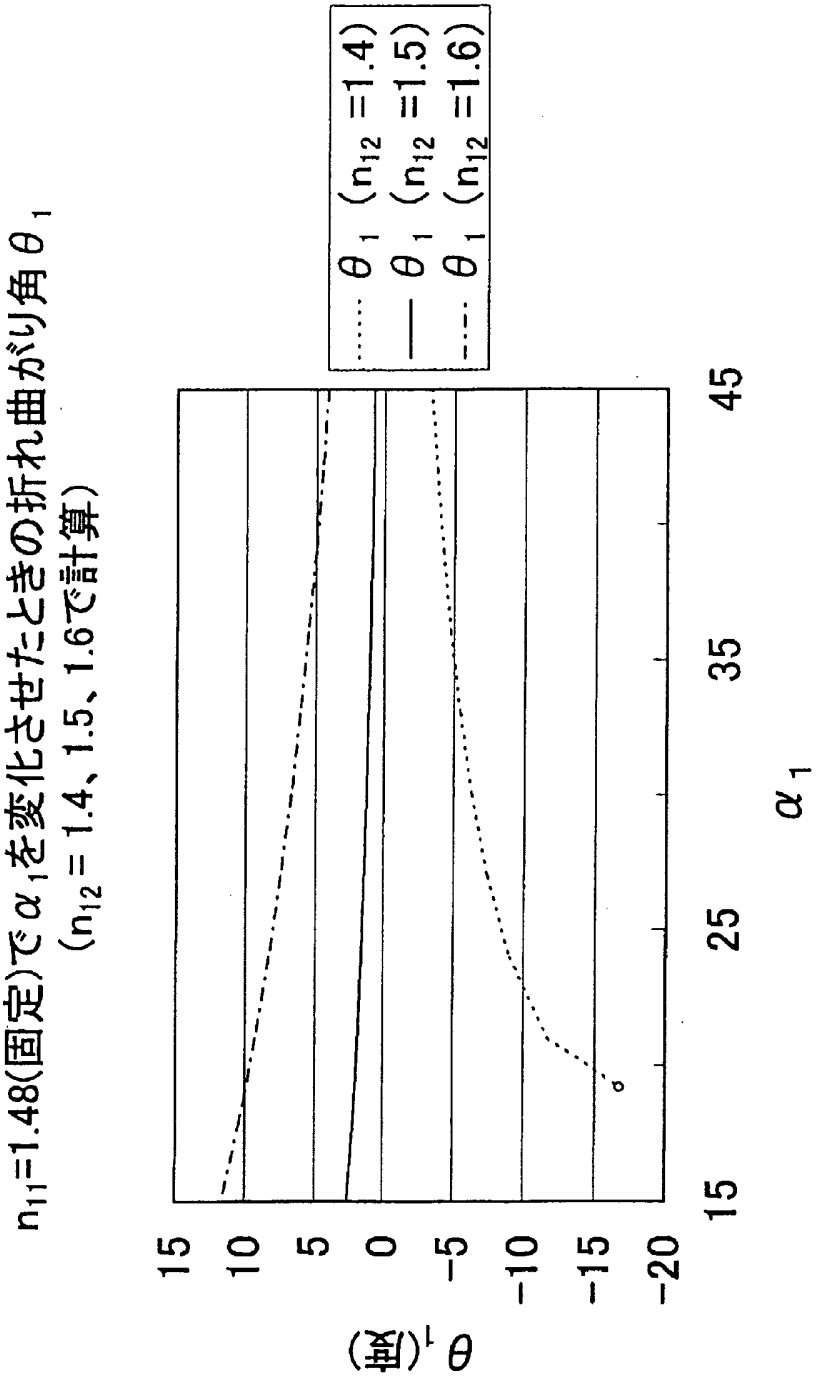

n_{11}=1.48(固定)でα_1を変化させたときの折れ曲がり角θ_1
(n_{12}= 1.4、1.5、1.6で計算)
θ_1 (n_{12} =1.4)
θ_1 (n_{12} =1.5)
θ_1 (n_{12} =1.6)
θ_1(度)
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
15
25
35
45
α_1

図 51

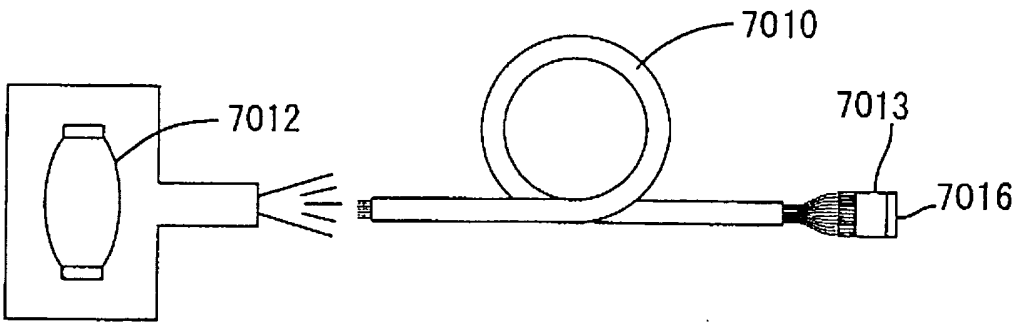


図 52

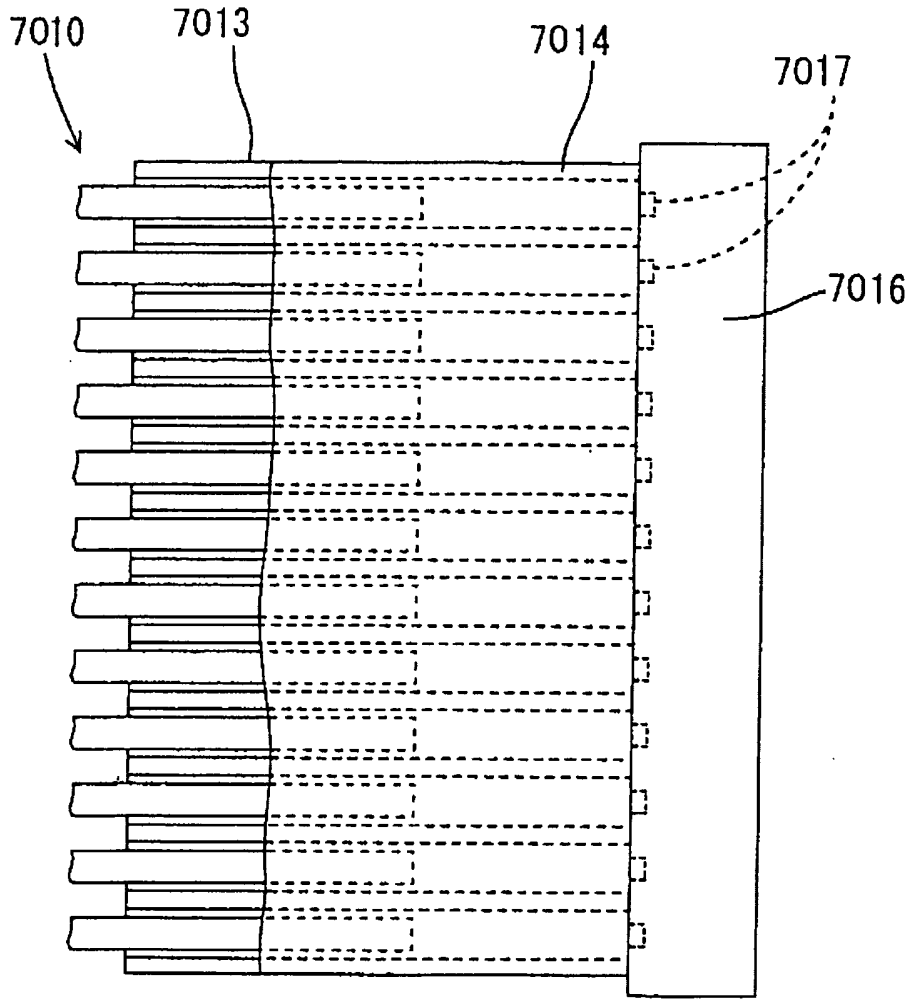


図 53

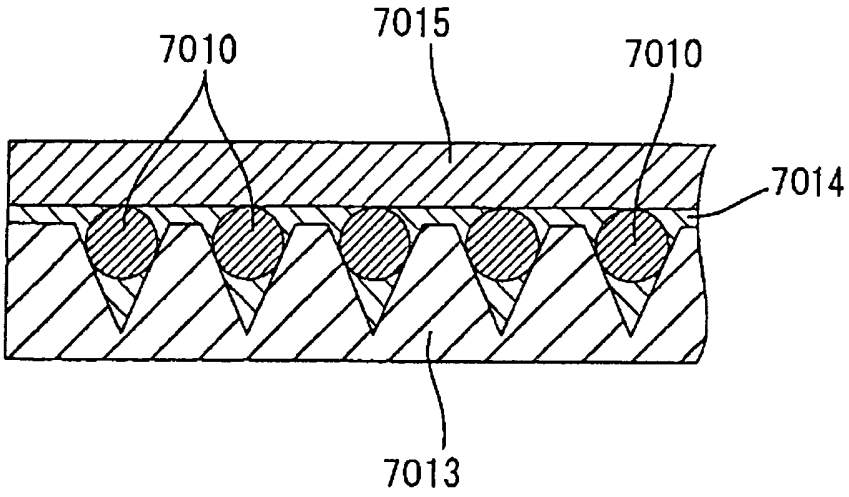


図 54

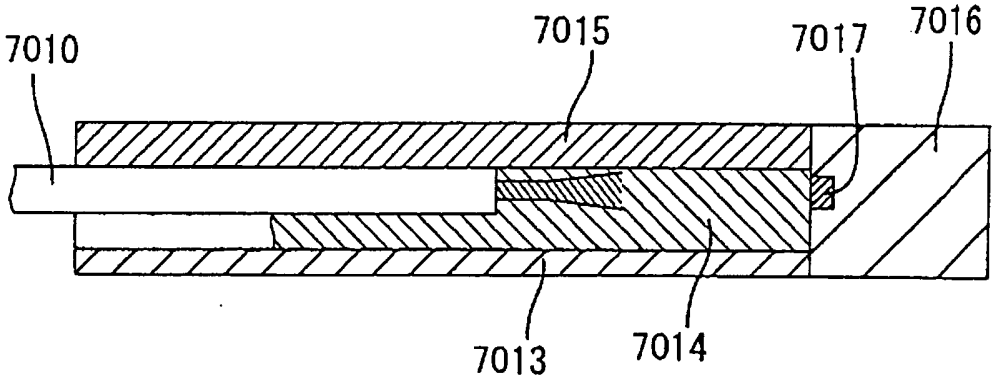


図 55

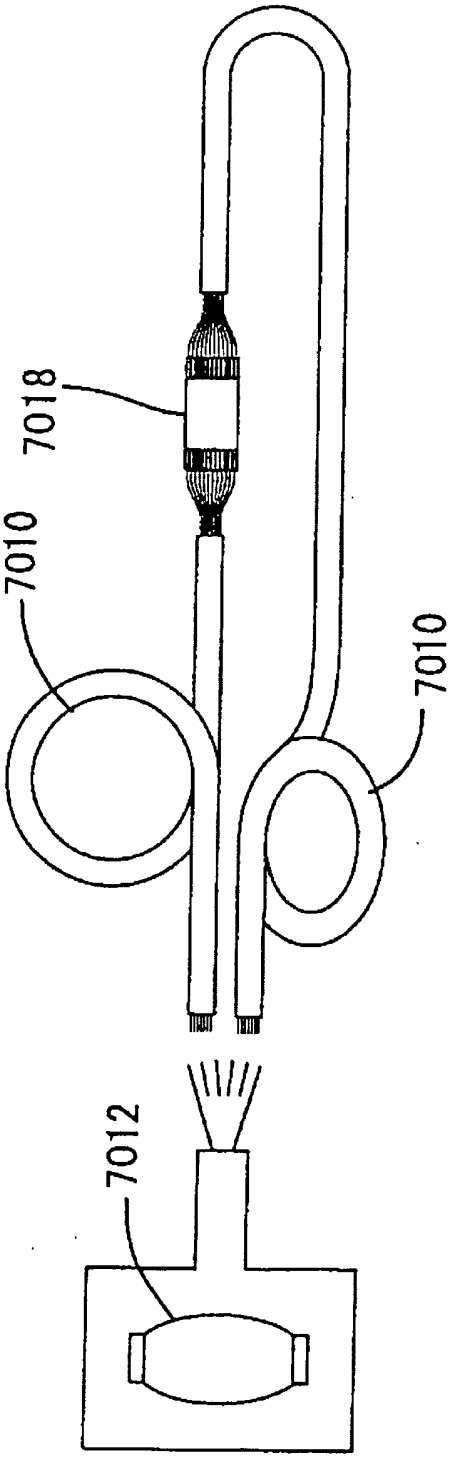


図 56

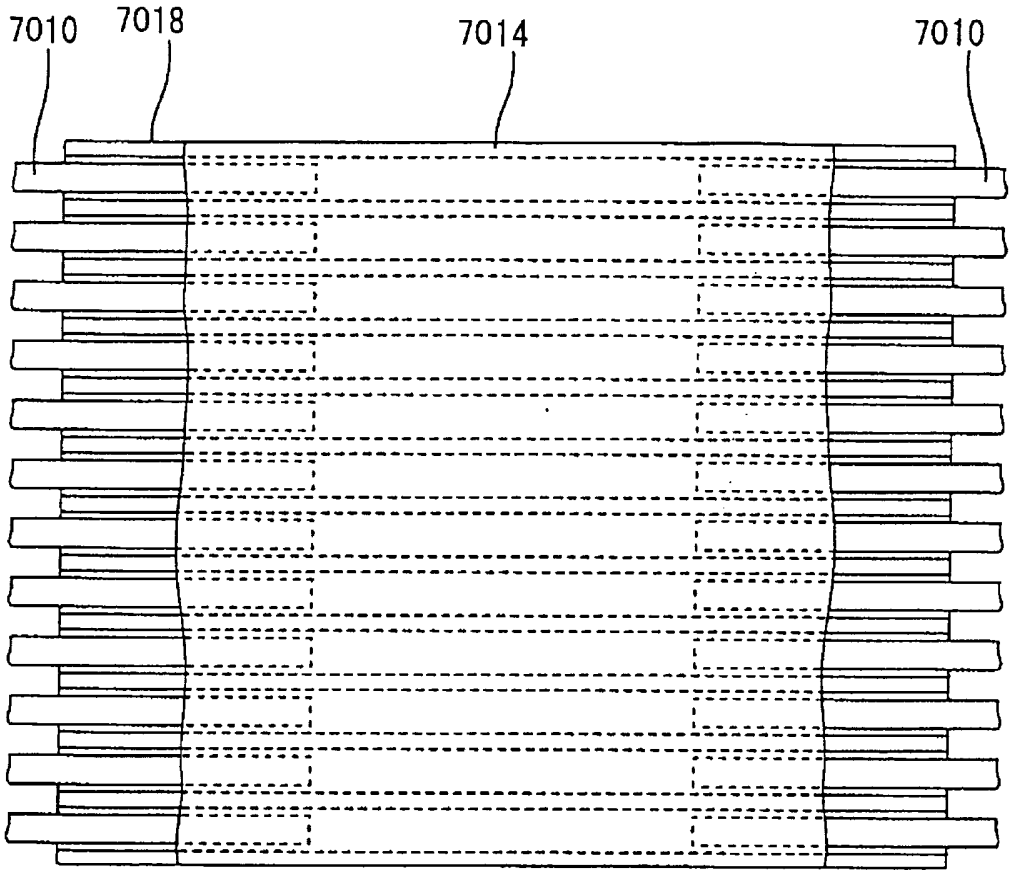


図 57

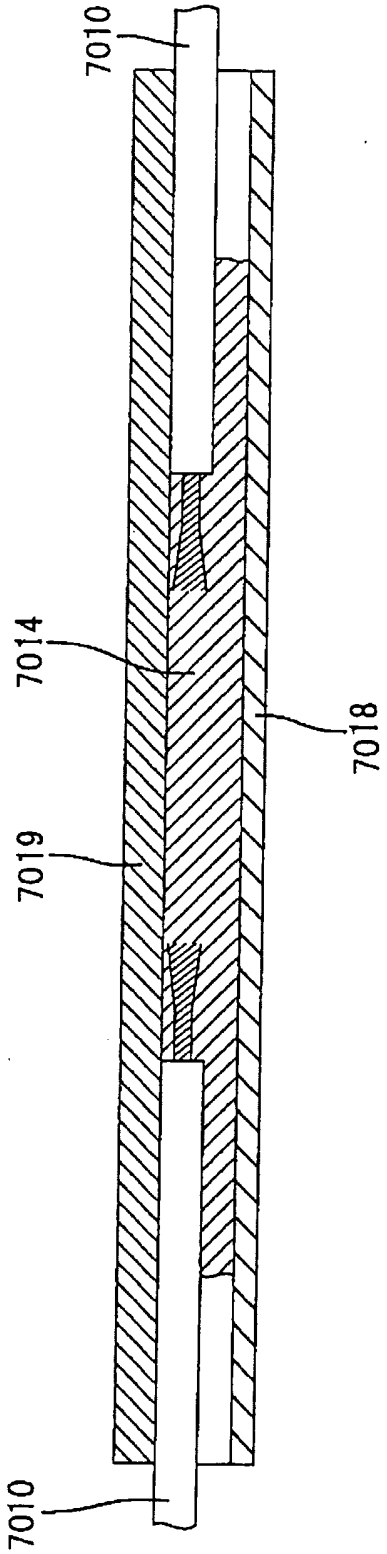


図 58

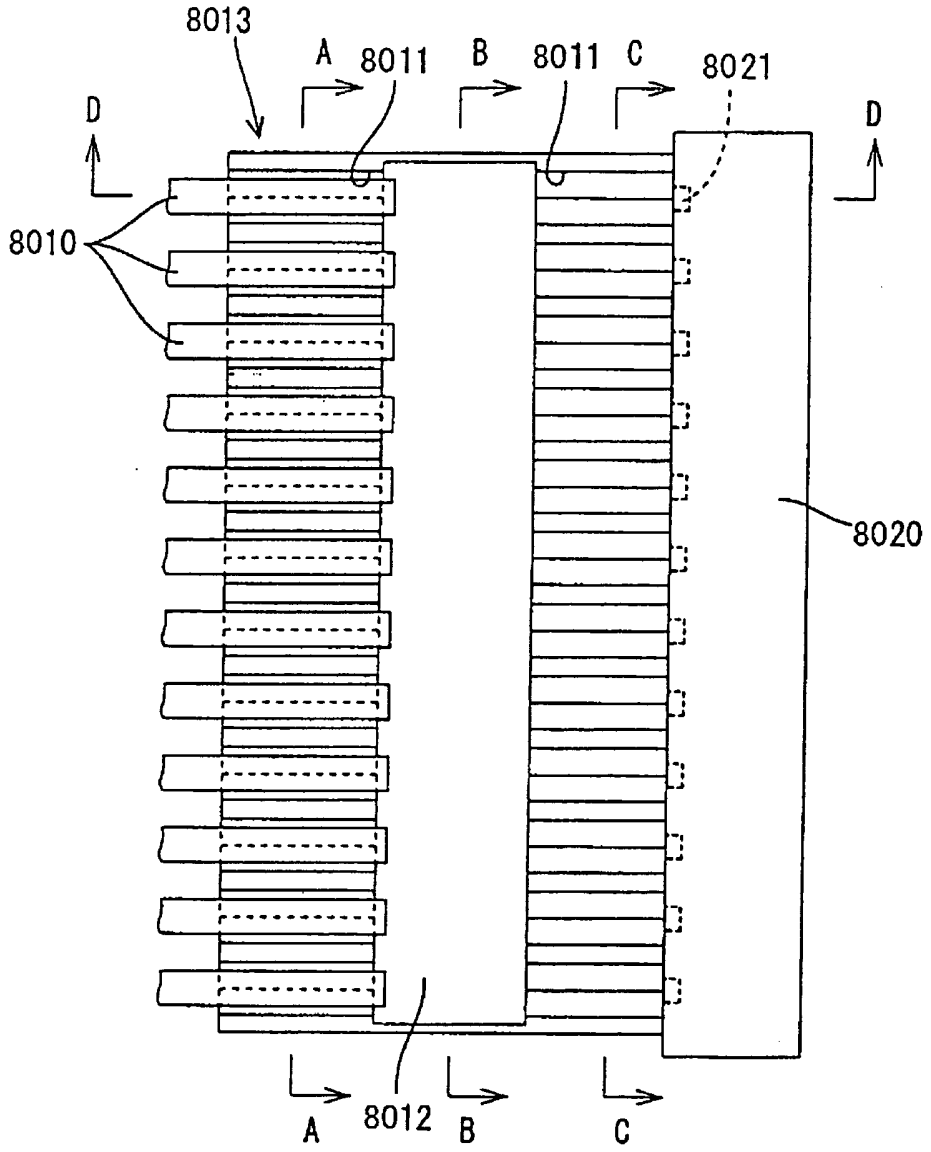

8013
A
8011
B
8011
C
8021
D
D
8010
8020
A
8012
B
C

図 59

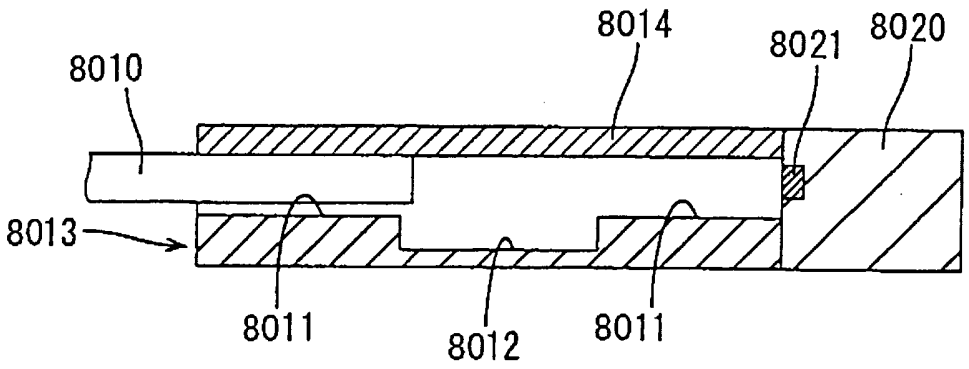

8014
8021
8020
8010
8013
8011
8012
8011

図 60

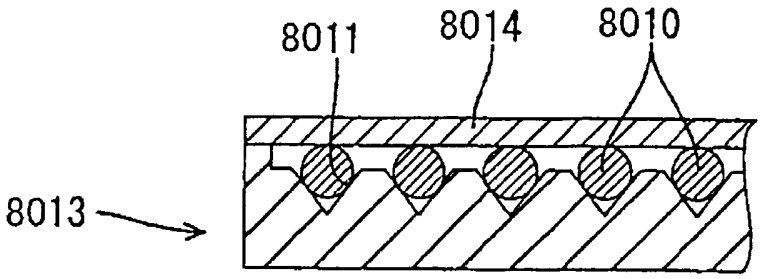


図 61

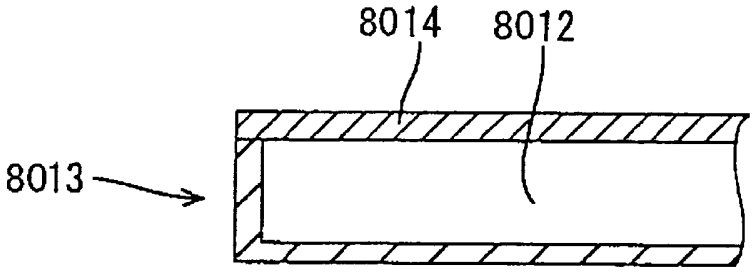


図 62

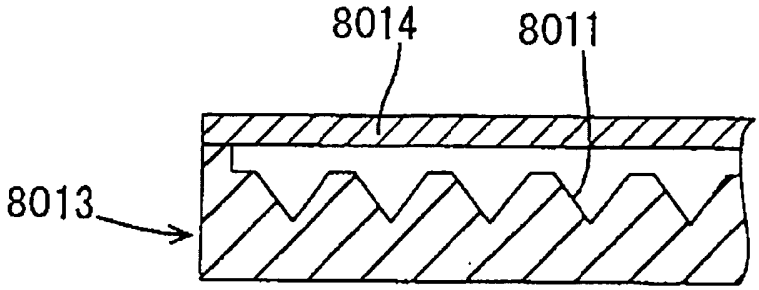


図 63

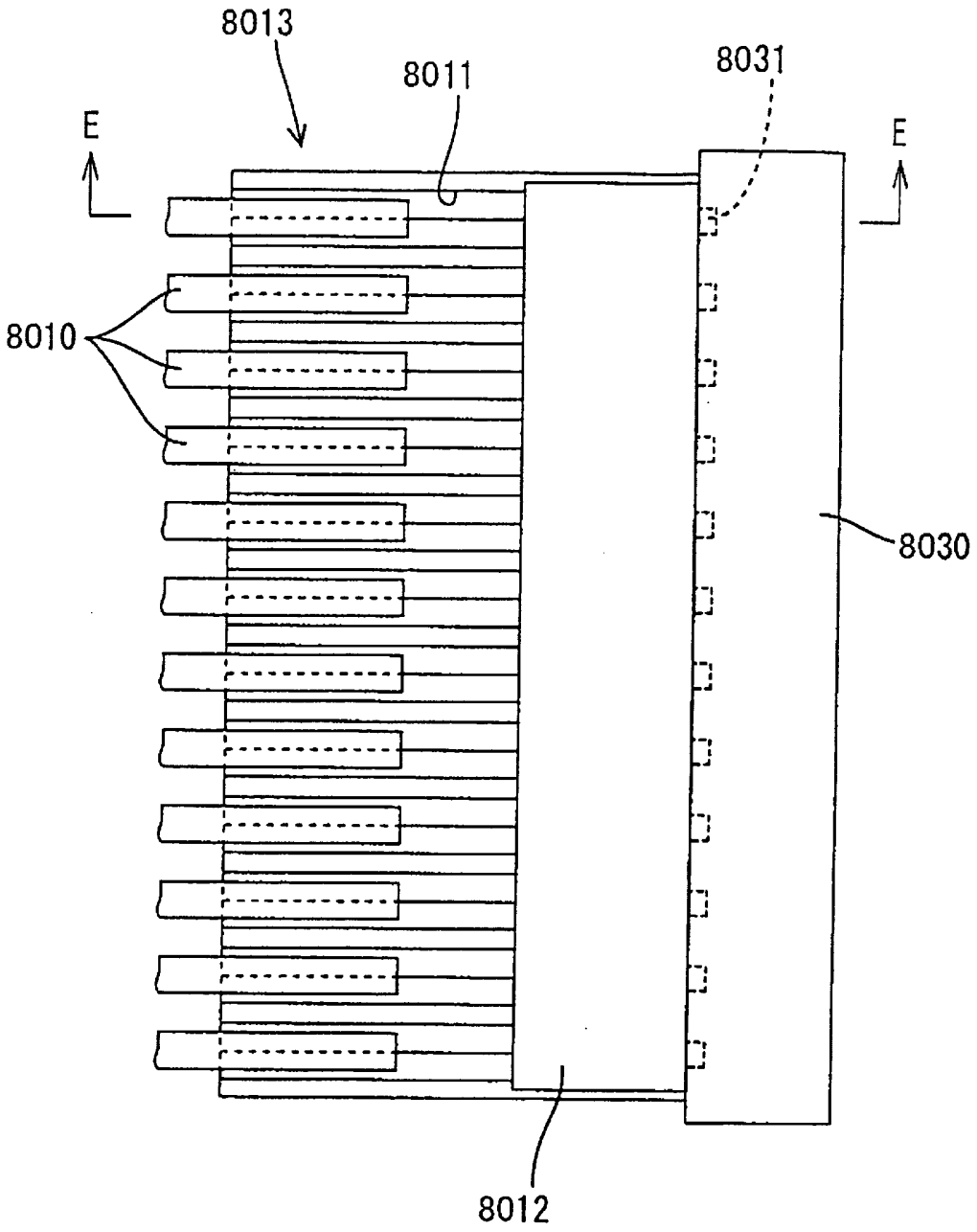


図 64

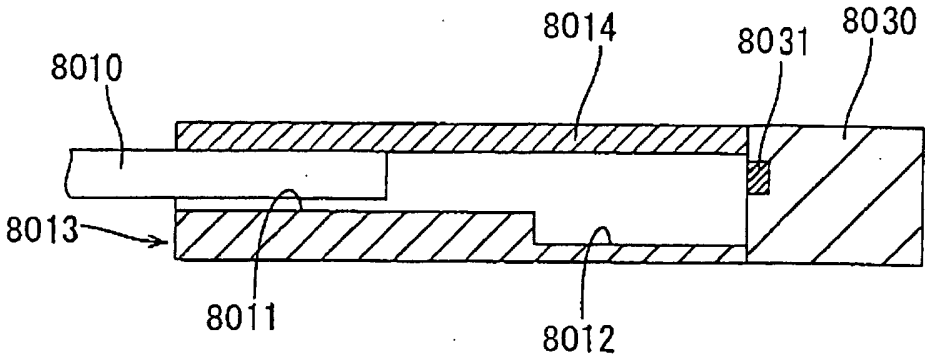

8014
8031
8030
8010
8013
8011
8012

図 65

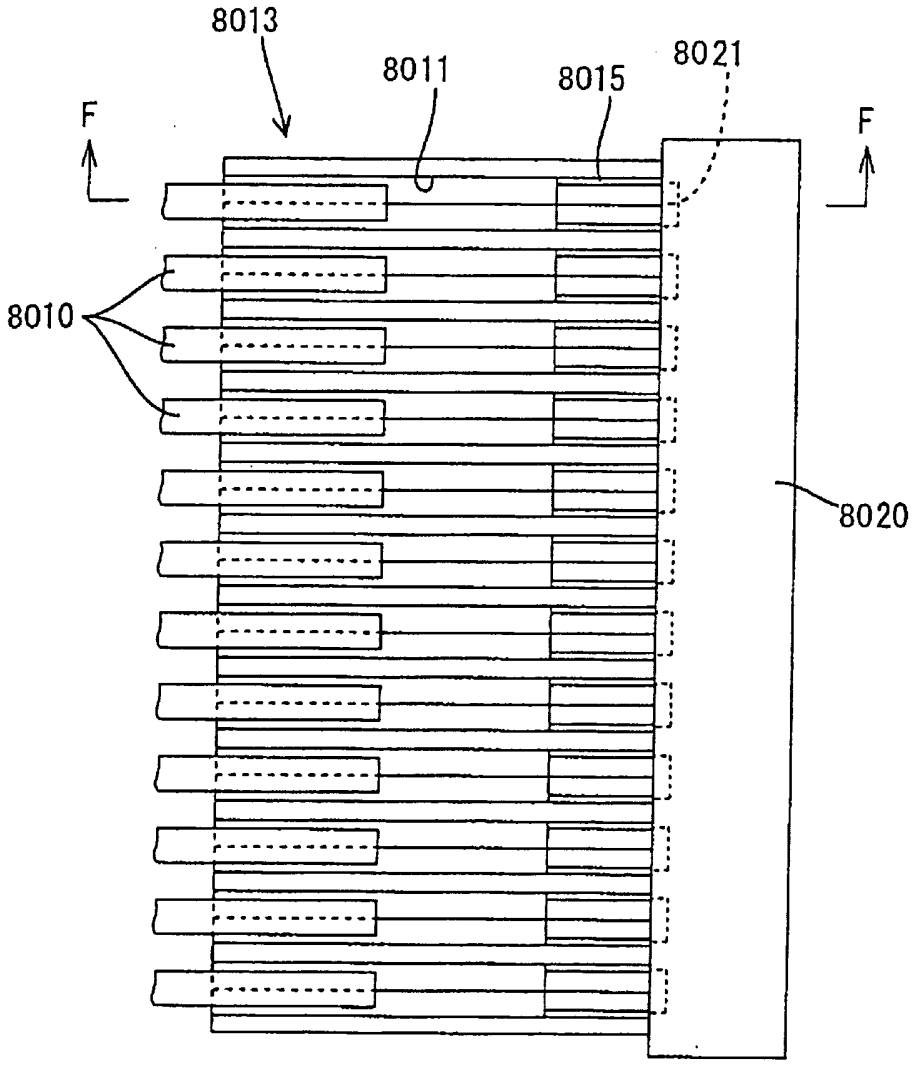

8013
8011
8015
8021
F
F
8010
8020

図 66

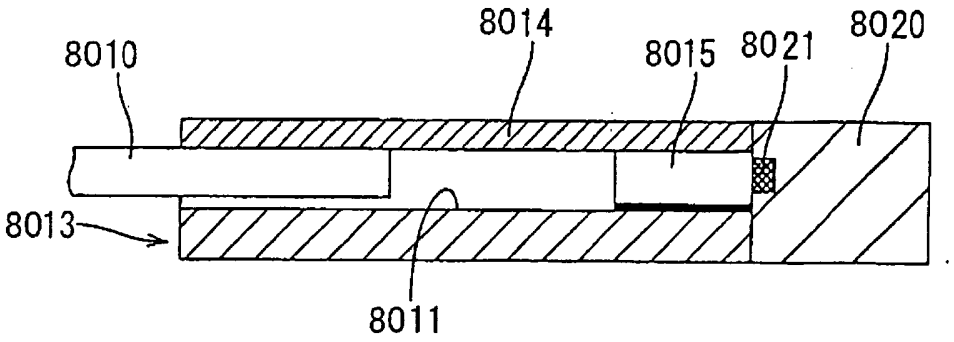


図67

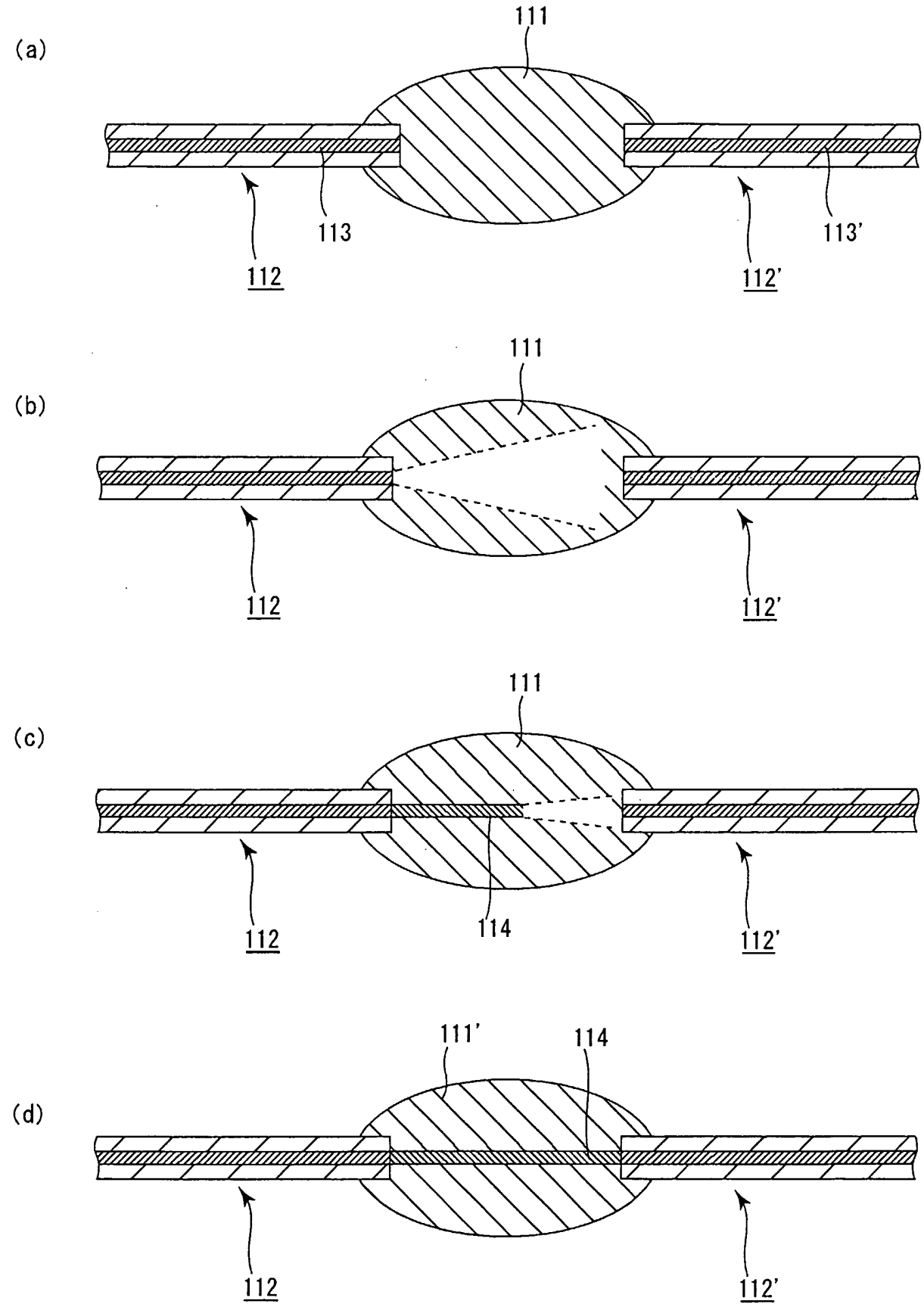

(a)
111
113
113'
112
112'
(b)
111
112
112'
(c)
111
114
112
112'
(d)
111'
114
112
112'

図68

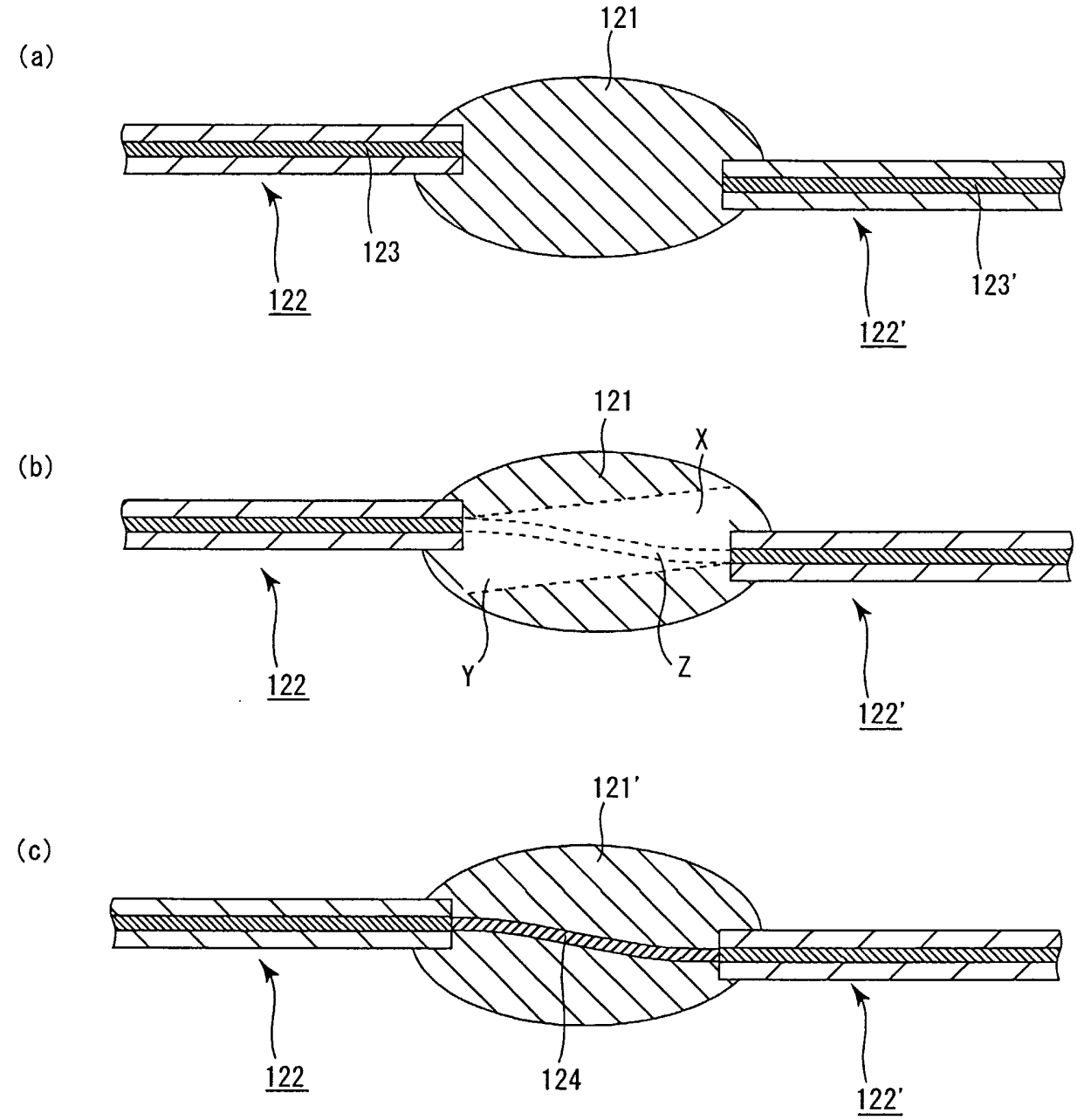


図69

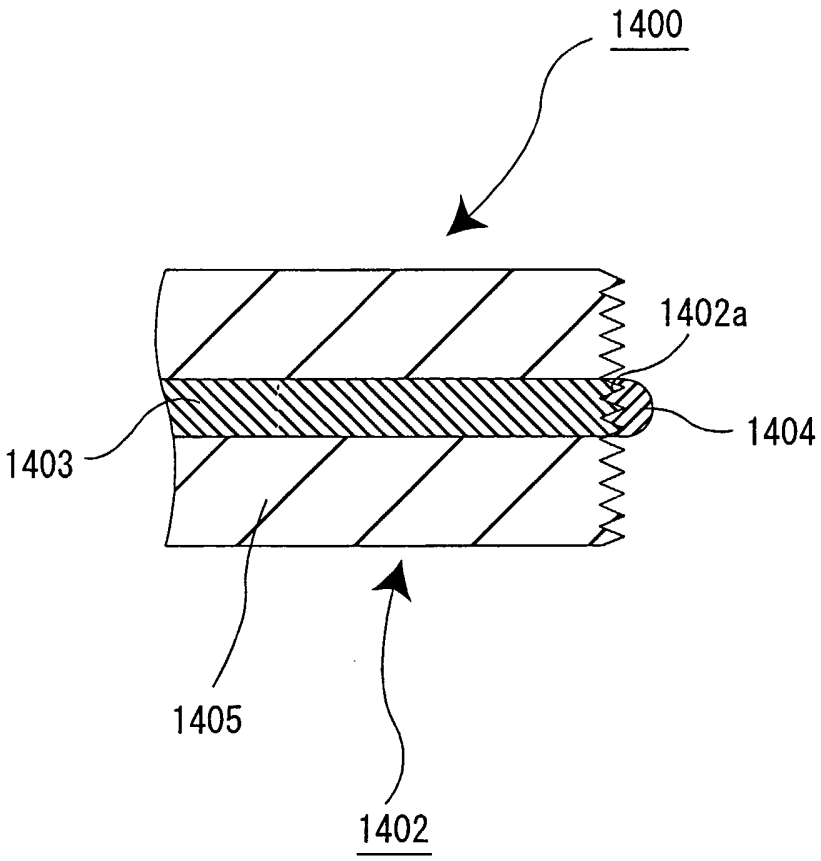

1400
1402a
1403
1404
1405
1402

図70

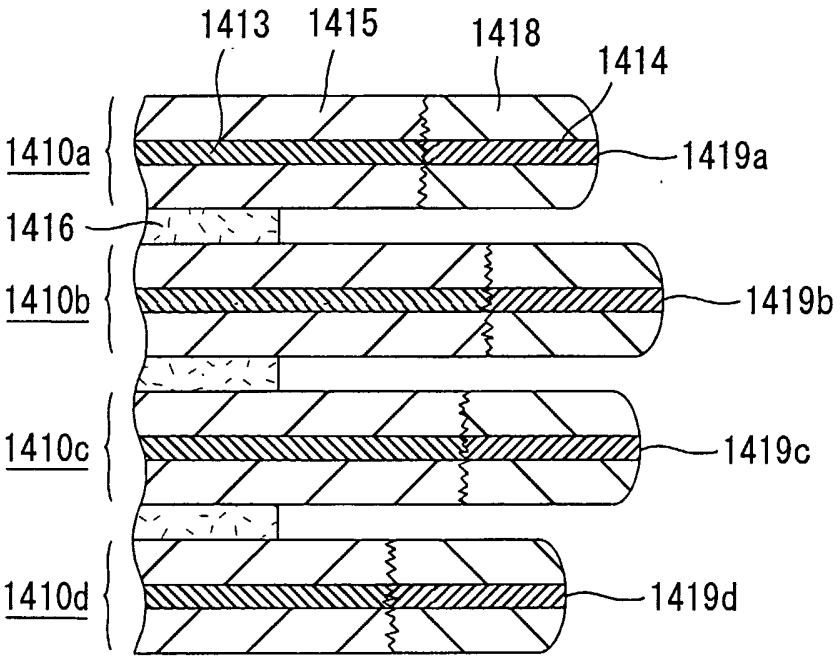

1413
1415
1418
1414
1410a
1419a
1416
1410b
1419b
1410c
1419c
1410d
1419d

図71

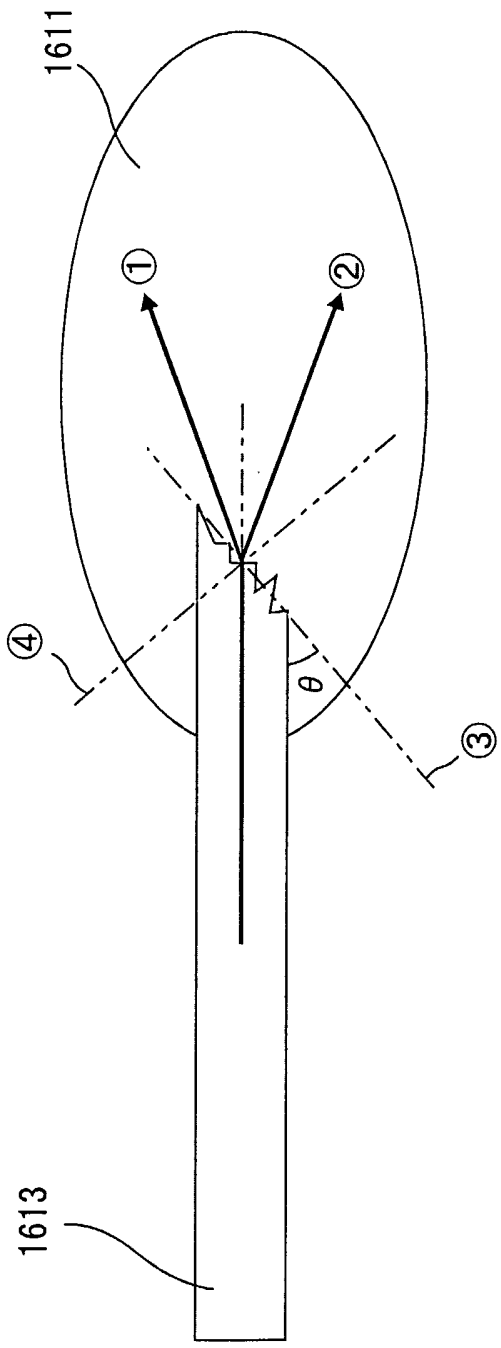


図72

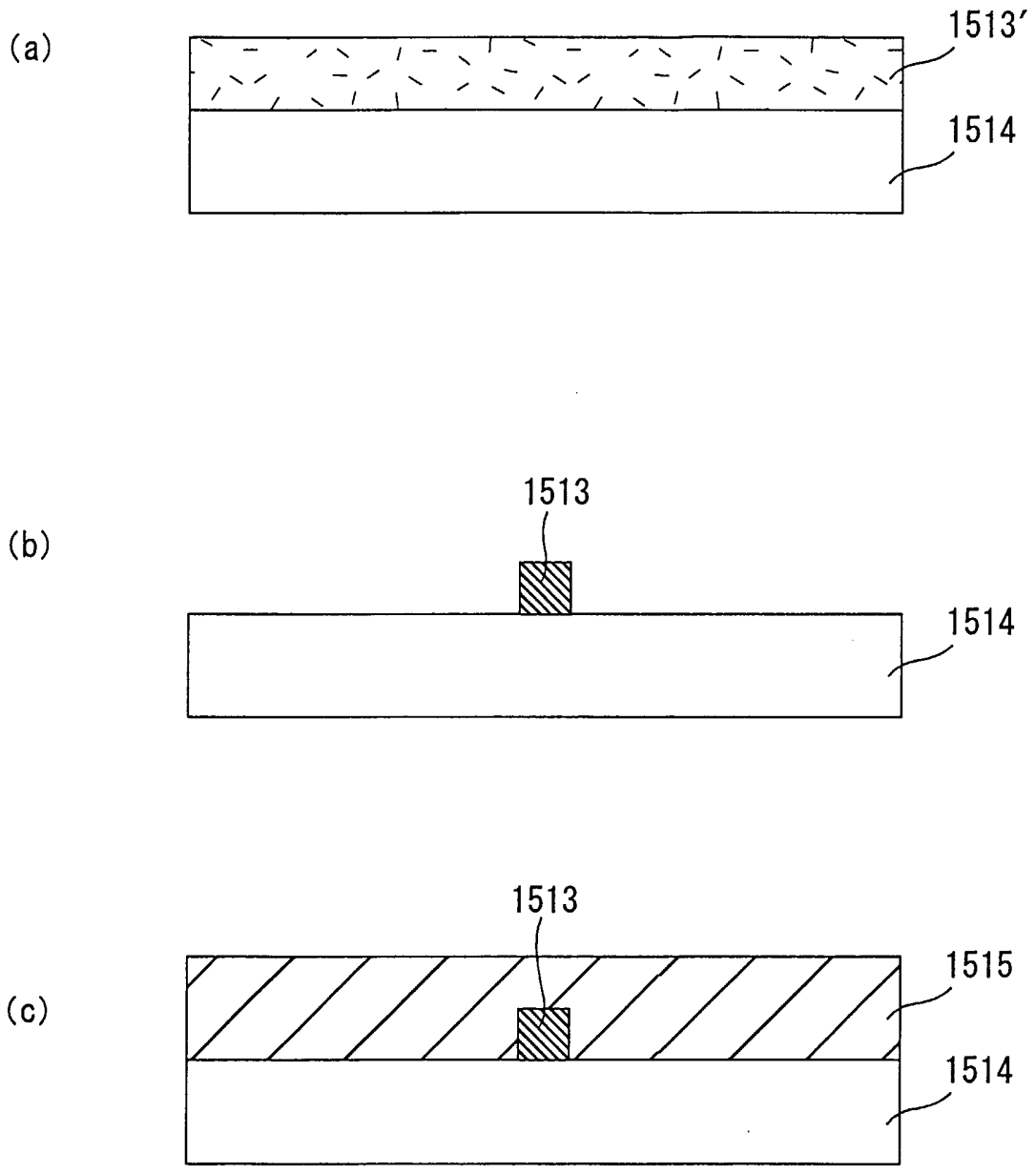


図73

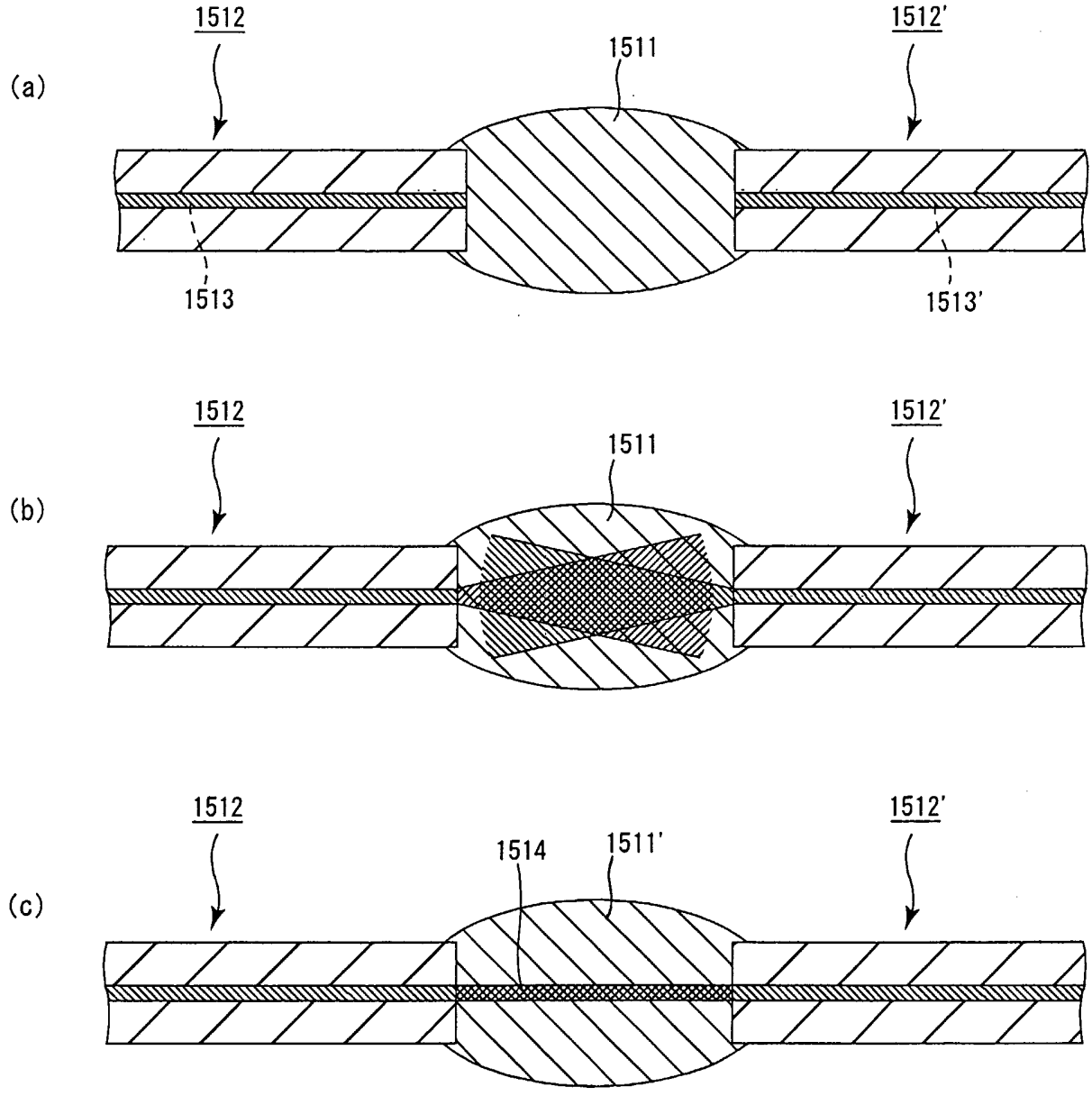
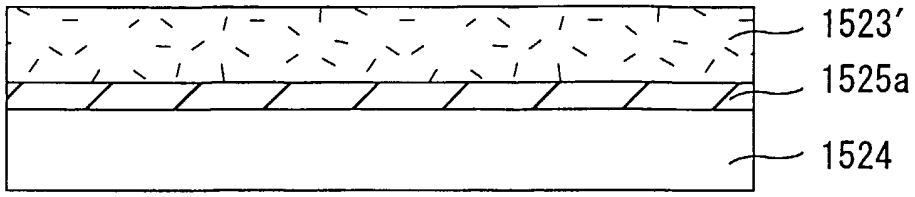
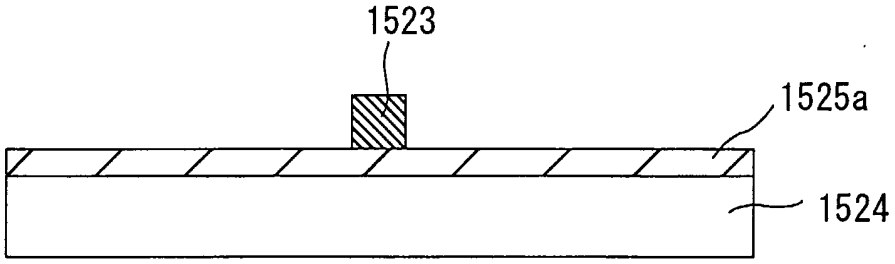

(a)
1512
1511
1512'
1513
1513'
(b)
1512
1511
1512'
(c)
1512
1514
1511'
1512'

図74

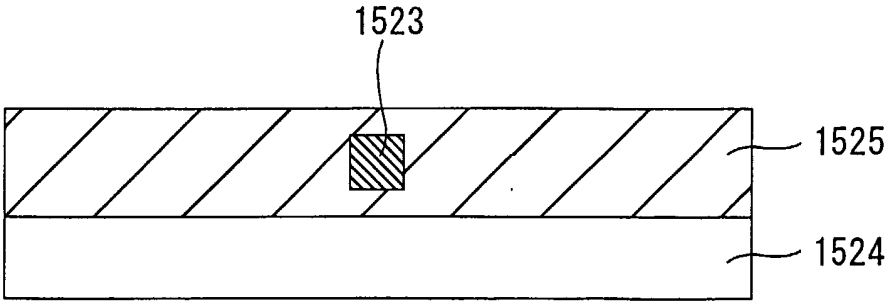
(a)



(b)



(c)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP02/12040

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[7] G02B6/24

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[7] G02B6/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-320422 A (Fujitsu Ltd.), 03 December, 1996 (03.12.96), Full text; Figs. 1 to 61 & US 6081632 A & US 5854868 A & EP 0689067 A	1-38
A	JP 50-059044 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 22 May, 1975 (22.05.75), Full text; Fig. I-3 (Family: none)	1-38

☐ 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 document 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
21 February, 2003 (21.02.03)	04 March, 2003 (04.03.03)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP02/12040

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
Claims 1-7 are directed to a roughening process of an edge of a waveguide.
Claims 8-38 are directed to a method for forming a core for coupling waveguides to each other

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

国際調査報告

国際出願番号　PCT／JP02／12040

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int. Cl⁷　G02B6／24

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. Cl⁷　G02B6／24

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

日本国実用新案公案　1922－1996年
日本国公開実用新案公報　1971－2003年
日本国登録実用新案公報　1994－2003年
日本国実用新案登録公報　1996－2003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）

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	関連する請求の範囲の番号
A	JP 8－320422 A（富士通株式会社） 1996.12.03，全文，第1－61図 & US 6081632 A & US 5854868 A & EP 0689067 A	1－38
A	JP 50－059044 A（日本電信電話公社） 1975.05.22，全文，第I－3図（ファミリーなし）	1－38

☐ 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
21.02.03	04.03.03

国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官（権限のある職員）		
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	福島　浩司	2K	9018
	電話番号　03－3581－1101　内線　3253		

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ０２／１２０４０

第Ⅰ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第８条第３項（ＰＣＴ１７条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1．☐ 請求の範囲 _____は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、

2．☐ 請求の範囲 _____は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3．☐ 請求の範囲 _____は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第３文の規定に従って記載されていない。

第Ⅱ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲１－７は、導波路端面の粗面化に関するものである。
請求の範囲８－３８は、導波路間を接続するためのコアを形成する方法に関するものである。

1．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。

2．☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

3．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。

4．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。