

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4981632号
(P4981632)

(45) 発行日 平成24年7月25日 (2012. 7. 25)

(24) 登録日 平成24年4月27日 (2012. 4. 27)

(51) Int. Cl.	F I
G O 2 B 6/036 (2006.01)	G O 2 B 6/22
G O 2 B 6/02 (2006.01)	G O 2 B 6/10 D
H O 1 S 3/067 (2006.01)	H O 1 S 3/06 B
H O 1 S 3/10 (2006.01)	H O 1 S 3/10 Z

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2007-298472 (P2007-298472)	(73) 特許権者	000003263
(22) 出願日	平成19年11月16日 (2007. 11. 16)		三菱電線工業株式会社
(65) 公開番号	特開2009-122541 (P2009-122541A)		東京都千代田区丸の内三丁目4番1号
(43) 公開日	平成21年6月4日 (2009. 6. 4)	(74) 代理人	110001427
審査請求日	平成22年7月27日 (2010. 7. 27)		特許業務法人前田特許事務所
		(74) 代理人	100077931
			弁理士 前田 弘
		(74) 代理人	100110939
			弁理士 竹内 宏
		(74) 代理人	100110940
			弁理士 嶋田 高久
		(74) 代理人	100113262
			弁理士 竹内 祐二
		(74) 代理人	100115059
			弁理士 今江 克実

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ダブルクラッドファイバのファイバ端部加工方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コアと、該コアを被覆するように設けられた第1クラッドと、該第1クラッドを被覆するように設けられた第2クラッドと、該第2クラッドを被覆するように設けられたオーバークラッドと、を備え、該第2クラッドに、該第1クラッドを囲うように配設され各々が長さ方向に延びる複数の細孔が形成されたダブルクラッドファイバの少なくとも一方のファイバ端部において、上記オーバークラッドの外周面に傷を付けた後、外力を加えて該傷の位置からファイバ先端側のオーバークラッドを剥離し、上記第2クラッドの細孔間の隔壁を破壊して当該破壊箇所を境に上記オーバークラッド側の第2クラッドとオーバークラッドとを除去すると同時に、上記第1クラッドの表面に上記細孔の痕跡である溝を上記破壊箇所を境に第1クラッド側の第2クラッドで形成して該溝部分に第1クラッドを露出させるダブルクラッドファイバのファイバ端部加工方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載されたダブルクラッドファイバのファイバ端部加工方法において、

上記ダブルクラッドファイバにおいて、上記細孔間の隔壁の壁厚さが 0.2 ～ 1 μm であることを特徴とするダブルクラッドファイバのファイバ端部加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コア、第1クラッド、及び第2クラッドを備え、第2クラッドに複数の細孔

が形成されたダブルクラッドファイバのファイバ端部加工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ファイバレーザや光増幅器等に使用する光ファイバとして、ダブルクラッドファイバが広く用いられている。

【0003】

ダブルクラッドファイバは、コア、第1クラッド、及び第2クラッドを備え、コアに光増幅成分として希土類元素がドーピングされ、また、第1クラッドがコアよりも低屈折率に、第2クラッドが第1クラッドよりも低屈折率にそれぞれ構成されている。このようなダブルクラッドファイバは、マルチモードの光導波路として機能する第1クラッドに励起光が入射され、その励起光が、第1クラッドと第2クラッドとの界面で反射を繰り返しながら伝搬し、コアの通過する際にコアにドーピングされた希土類元素を最外殻電子が励起した反転分布状態にさせ、その誘導放出によってコアを伝搬する信号光を増幅するように構成されている。

【0004】

ダブルクラッドファイバとしては、例えば、特許文献1に、外側クラッド層に大きな空隙を設け、外側クラッドの周囲にさらにシリカ製のオーバークラッドを設けたものが開示されている。

【特許文献1】特開平11-142672号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、ダブルクラッドファイバにおいて、コアに信号光を、また、第1クラッドに励起光をそれぞれ入射させる方法として、光源から出射された信号光及び励起光をレンズ等の光学装置によりコア及び第1クラッドに結合させてダブルクラッドファイバ内に入射する方法、及び光コンバイナ等の光結合器の接続端とダブルクラッドファイバの端面とを融着接続して光結合器の他端から信号光及び励起光を入射する方法が挙げられる。これらのうち、前者の方法では、励起光源、光学装置及びダブルクラッドファイバの光軸の調整等の手間を要するという難点があることから、後者の方法が簡易であり望ましい。

【0006】

しかしながら、図6に示すように、第2クラッド13'に細孔13a'が形成されたダブルクラッドファイバF'に光コンバイナC'を融着接続する場合、ダブルクラッドファイバF'の接続端を加熱すると、第2クラッド13'の細孔13a'がコラプスして消失することにより励起光の閉じ込め機能を喪失し、接続部において励起光が漏れてしまい、それによって光増幅機能が低下するという問題がある。

【0007】

本発明の目的は、光コンバイナと融着接続しても接続部における励起光の漏れが抑止されるダブルクラッドファイバのファイバ端部加工方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明のダブルクラッドファイバのファイバ端部加工方法は、コアと、該コアを被覆するように設けられた第1クラッドと、該第1クラッドを被覆するように設けられた第2クラッドと、該第2クラッドを被覆するように設けられたオーバークラッドと、を備え、該第2クラッドに、該第1クラッドを囲うように配設され各々が長さ方向に延びる複数の細孔が形成されたダブルクラッドファイバの少なくとも一方のファイバ端部において、上記オーバークラッドの外周面に傷を付けた後、外力を加えて該傷の位置からファイバ先端側のオーバークラッドを剥離し、上記第2クラッドの細孔間の隔壁を破壊して当該破壊箇所を境に上記オーバークラッド側の第2クラッドとオーバークラッドとを除去すると同時に、上記第1クラッドの表面に上記細孔の痕跡である溝を上記破壊箇所を境に第1クラッド側の第2クラッドで形成して該溝部分に第1クラッドを露出させることを特徴とする。

【0009】

本発明のダブルクラッドファイバの端部加工方法では、ダブルクラッドファイバにおいて、上記細孔間の隔壁の壁厚さが0.2～1 μmであることが好ましい。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、ダブルクラッドファイバの一方のファイバ端部において、オーバークラッドの外周面に傷を付けた後、外力を加えて該傷の位置からファイバ先端側のオーバークラッドを剥離し、第2クラッドの細孔間の隔壁を破壊して当該破壊箇所を境に上記オーバークラッド側の第2クラッドとオーバークラッドとを除去する端部加工を行うので、ダブルクラッドファイバの端部がコア及び第1クラッドで構成される。そのため、光コン
バイナを融着接続する際でも、第2クラッドの細孔がコラプスして消失して励起光の閉じ込め機能を喪失するということがなく、接続部においても第1クラッドが低屈折率層で覆われることとなり、それによって励起光の漏れを抑止することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、実施形態について図面に基づいて詳細に説明する。

【0012】

<ダブルクラッドファイバ>

図1及び2は、ダブルクラッドファイバFを示す。このダブルクラッドファイバFは、例えば、光増幅器やファイバレーザ等として使用されるものである。

【0013】

このダブルクラッドファイバFは、ファイバ本体10とその周囲を被覆する被覆層15とにより構成されている。このダブルクラッドファイバFは、例えば、長さが3～50m、及びファイバ径が1600～1800 μmにそれぞれ形成されている。

【0014】

ファイバ本体10は、ファイバ中心となるコア11、それを被覆するように設けられた第1クラッド12、第1クラッド12を被覆するように設けられた第2クラッド13、及び第2クラッド13を被覆するように設けられたオーバークラッド14からなる。ファイバ本体10は、本体径が例えば600～700 μmに形成されている。

【0015】

コア11は、例えば、イッテルビウム(Yb)、エルビウム(Er)、ネオジム(Nd)等の希土類元素が増幅媒体としてドーピングされた石英ガラス等で形成されている。コア11は、コア径が例えば30～80 μmに形成されている。コア11は、希土類元素のドーピング量が例えば5000～20000 ppmであり、波長1.31 μmの光に対する屈折率が例えば約1.448である。なお、コア11には、希土類元素による濃度消光を防ぐアルミニウム等がさらにドーピングされていてもよく、また、ゲルマニウム等がドーピングされていてもよい。

【0016】

第1クラッド12は、例えば石英ガラス等のコア11よりも低屈折率な材料で形成されている。第1クラッド12は、例えば、外径が380～420 μm、及び層厚さが160～180 μmにそれぞれ形成されている。第1クラッド12は、波長1.31 μmの光に対する屈折率が例えば約1.447である。

【0017】

第2クラッド13は、第1クラッド12と同一の石英ガラス等で形成されている。第2クラッド13は、例えば、外径が430～470 μm、及び層厚さが20～30 μmにそれぞれ形成されている。

【0018】

第2クラッド13には、図3に示すように、第1クラッド12を囲うように複数の細孔が配設されており、それらのそれぞれはコア11に沿って長さ方向に延びるように形成されている。複数の細孔は、配設ピッチが20～30 μmに形成され、層数が1～5層であ

10

20

30

40

50

る。複数の細孔のそれぞれは、孔径が例えば $10 \sim 30 \mu\text{m}$ に形成されている。相互に隣接する細孔間の隔壁は、壁厚さが例えば $0.2 \sim 1 \mu\text{m}$ に形成されている。

【0019】

第2クラッド13には、これらの複数の細孔が形成されていることにより、構造的に低屈折率化しており、波長 $1.31 \mu\text{m}$ の光に対する実効屈折率が例えば約 1.357 である。

【0020】

オーバークラッド14は、第1及び第2クラッド12、13と同一の石英ガラス等で形成されている。オーバークラッド14は、層厚さが例えば $80 \sim 120 \mu\text{m}$ に形成されて

10

【0021】

被覆層15は、例えば、紫外線硬化型樹脂、シリコン樹脂、ナイロン樹脂等で形成されており、単一層で構成されていてもよく、また、複数層で構成されていてもよい。被覆層15は、層厚さが、例えば $450 \sim 600 \mu\text{m}$ である。

【0022】

そして、このダブルクラッドファイバFでは、一方のファイバ端部16において、第2クラッド13及びオーバークラッド14が機械的加工により除去されている。第2クラッド13は、細孔13a間の隔壁部分が破壊され、その破壊箇所を境にしてオーバークラッド側の部分が除去されている。この第2クラッド13及びオーバークラッド14が除去された部分では、第1クラッド12の表面には、隔壁部分が破壊された細孔13aの痕跡である複数の溝17が形成されている。複数の溝17は、各々が長さ方向に延びるように形成された断面円弧状であって、周方向に間隔をおいて設けられている。複数の溝17は、第2クラッド13のうち、細孔13aの隔壁部分の上記破壊箇所を境にして第1クラッド12側で形成されている。そして、これらの溝17の部分において、第1クラッド12が露出している。この第2クラッド13及びオーバークラッド14が除去された部分は、長さが例えば $10 \sim 40 \text{mm}$ に形成されている。

20

【0023】

第2クラッド13及びオーバークラッド14を除去する機械的加工とは、ファイバ端から所定長の位置において、オーバークラッド14の外周面上に周方向に沿ってガラス切断工具を用いて傷を入れ、その傷を入れた位置から先端側の部分を被覆を剥がすように長さ方向に引っ張って第2クラッド13の細孔間の隔壁を破壊する加工である。このとき、隔壁の破壊箇所を境として、第2クラッド13のうちオーバークラッド側（外周側）の部分が除去され、同時に、細孔13aの痕跡である第1クラッド12側の部分により、複数の溝17が形成される。ガラス切断工具としては、例えばカッターナイフ等を用いる。

30

【0024】

このようなダブルクラッドファイバFのファイバ端部16は、第2クラッド13及びオーバークラッド14を機械的加工により除去し、同時に形成された細孔13aの痕跡である溝17の部分において第1クラッド12が露出するので、第1クラッド12が空気層からなる低屈折率のエアクラッドで被覆された構造とすることができる。

【0025】

＜光コンバイナ＞

図4は、実施形態に係る光コンバイナCを示す。

40

【0026】

この光コンバイナCは、1本の信号用光ファイバ心線21と複数本の励起用光ファイバ心線22とで構成されている。1本の信号用光ファイバ心線21及び複数本の励起用光ファイバ心線22のそれぞれは、心線先端から被覆層23、24が所定長さだけ剥がされて信号用光ファイバ25又は励起用光ファイバ26が露出しており、光コンバイナCは、これらの1本の信号用光ファイバ25及び複数本の励起用光ファイバ26が、信号用光ファイバ25が中心に位置付けられるように束ねられて溶融一体化した接続端部27に形成されている。

50

【0027】

1本の信号用光ファイバ心線21は、信号用光ファイバ25が被覆層23で被覆された構成を有する。信号用光ファイバ心線21は、例えば、心線全長が1～10m（接続端部27を含む）、及び心線径が240～260 μ mにそれぞれ形成されている。

【0028】

信号用光ファイバ25は、例えば石英ガラスで形成されており、ファイバ中心の高屈折率の信号光用コア25aとその周りを被覆する低屈折率のクラッドとを有する。信号用光ファイバ25は、ゲルマニウム等をドーピングして高屈折率化した石英で信号光用コア25aを形成し且つ純粋石英でクラッドを形成したものであってもよく、また、純粋石英で信号光用コア25aを形成し且つフッ素等をドーピングして低屈折率化した石英でクラッドを形成したものであってもよい。信号用光ファイバ25は、一般的には、シングルモードファイバで構成される。信号用光ファイバ25は、例えば、被覆層23が剥がされて露出した部分のファイバ長が0.5～5mm、ファイバ径が123～127 μ m、及びコア径が10～60 μ mにそれぞれ形成されている。

10

【0029】

被覆層23は、例えば、紫外線硬化型樹脂、シリコン樹脂、ナイロン樹脂等で形成されており、単一層で構成されていてもよく、また、複数層で構成されていてもよい。被覆層23は、層厚さが例えば55～65 μ mに形成されている。

【0030】

複数本の励起用光ファイバ心線22のそれぞれは、励起用光ファイバ26は被覆層24で被覆された構成を有する。励起用光ファイバ心線22は、例えば、心線全長が1～10m（接続端部27を含む）、及び心線径が240～260 μ mにそれぞれ形成されている。複数本の励起用光ファイバ心線22は、例えば本数が3～10本である（なお、図4では6本）。

20

【0031】

各励起用光ファイバ26は、例えば石英ガラスで形成されており、ファイバ中心の高屈折率の励起光用コア26aとその周りを被覆する低屈折率のクラッドとを有する。各励起用光ファイバ26は、ゲルマニウム等をドーピングして高屈折率化した石英で励起光用コア26aを形成し且つ純粋石英でクラッドを形成したものであってもよく、また、純粋石英で励起光用コア26aを形成し且つフッ素等をドーピングして低屈折率化した石英でクラッドを形成したものであってもよい。各励起用光ファイバ26は、一般的には、マルチモードファイバで構成される。各励起用光ファイバ26は、例えば、被覆層24が剥がされて露出した部分のファイバ長が0.5～5mm、ファイバ径が123～127 μ m、及びコア径が80～115 μ mにそれぞれ形成されている。

30

【0032】

複数本の励起用光ファイバ26は、ファイバ径が均一に構成されていてもよく、また、相互に異なって構成されていてもよい。複数本の励起用光ファイバ26は、コア径が均一に構成されていてもよく、また、相互に異なって構成されていてもよい。

【0033】

被覆層24は、例えば、紫外線硬化型樹脂、シリコン樹脂、ナイロン樹脂等で形成されており、単一層で構成されていてもよく、また、複数層で構成されていてもよい。被覆層24は、層厚さが例えば55～65 μ mに形成されている。

40

【0034】

接続端部27は、1本の信号用光ファイバ25及び複数本の励起用光ファイバ26が一体化しており、その中を1本の信号用光ファイバ25及び複数本の励起用光ファイバ26のそれぞれの信号光用コア25a及び励起光用コア26aが長さ方向に延び、端面には、信号用光ファイバ25の信号光用コア25aが中心に位置付けられ且つそれを励起用光ファイバ26の励起光用コア26aが囲むように位置付けられたコア配置が露出している。接続端部27は、外径が例えば370～430 μ mに形成されており、ダブルクラッドファイバFの第1クラッド12と外径が略同一であるか、やや小さいことが好ましい。

50

【0035】

<ファイバ・コンバイナ接続構造>

図5は、実施形態に係るファイバ・コンバイナ接続構造30を示す。

【0036】

このファイバ・コンバイナ接続構造30は、第2クラッド13及びオーバークラッド14が除去されたダブルクラッドファイバFのコア11及び第1クラッド12からなるファイバ端部16と光コンバイナCの接続端部27とがアーク放電等により融着接続されたものである。

【0037】

このファイバ・コンバイナ接続構造30は、接続部において、ダブルクラッドファイバFのファイバ端部16が、第2クラッド13及びオーバークラッド14が機械的加工により除去されて、第1クラッド12が空気層からなる低屈折率のエアクラッドで被覆された構造を有する。なお、第1クラッド12が他の低屈折率材料で被覆されていてもよい。ファイバ・コンバイナ接続構造30は、ダブルクラッドファイバFのコア11に光コンバイナCの信号光用コア25aが、また、第1クラッド12に励起光用コア26aがそれぞれ接続されている。

【0038】

このファイバ・コンバイナ接続構造30では、光コンバイナCの信号光ファイバ25及び励起光ファイバ26が信号光源及び励起光源にそれぞれ接続される。そして、信号光源からの信号光が信号光ファイバ25を介してダブルクラッドファイバFのコア11に入射され、励起光源からの励起光が励起光ファイバ26を介してダブルクラッドファイバFの第1クラッド12に入射される。

【0039】

このとき、ダブルクラッドファイバFのファイバ端部16において、第1クラッド12が空気層からなる低屈折率のエアクラッドで被覆された構造となっているので、第2クラッド13の細孔がコラプスして消失して励起光の閉じ込め機能を喪失するということがなく、接続部においても第1クラッド12が低屈折率層で覆われて励起光の閉じ込め作用が有効に機能することとなり、それによって励起光の漏れを抑止することができる。

【0040】

ダブルクラッドファイバFにおけるファイバ端部16よりも先の部分においては、第1クラッド12に入射された励起光は、第1クラッド12と第2クラッド13との界面で反射を繰り返しながら、第2クラッド13に囲まれた領域を伝搬し、コア11を通過する際にコア11にドープされた希土類元素を最外殻電子が励起した反転分布状態にさせ、その誘導放出によってコア11を伝搬する信号光を増幅する。

【0041】

なお、本発明の端部加工方法による端部加工を施したダブルクラッドファイバは、上記の実施形態に限らず、光コンバイナ以外の光結合器や光分岐器等の光学装置と融着接続する場合においても用いることができ、同様の効果を有するものである。

【産業上の利用可能性】

【0042】

本発明は、コア、第1クラッド、及び第2クラッドを備え、第2クラッドに複数の細孔が形成されたダブルクラッドファイバのファイバ端部加工方法について有用である。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本発明のファイバ端部加工方法が適用されたダブルクラッドファイバの斜視図である。

【図2】図1におけるII-II断面図である。

【図3】ダブルクラッドファイバの要部の拡大断面図である。

【図4】光コンバイナの斜視図である。

【図5】ファイバ・コンバイナ接続構造の縦断面図である。

【図 6】従来のファイバ・コンバイナ接続構造を示す縦断面図である。

【符号の説明】

【0044】

C 光コンバイナ

F ダブルクラッドファイバ

11 コア

12 第1クラッド

13 第2クラッド

13a 細孔

14 オーバークラッド

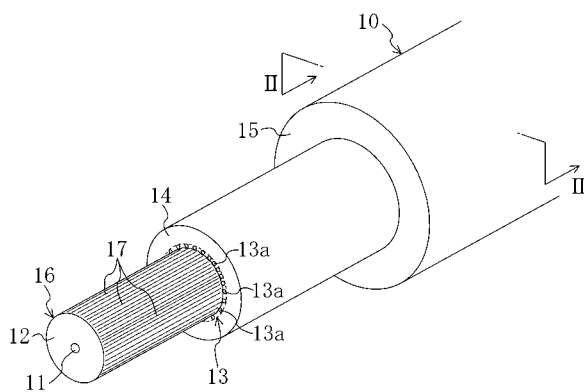
25a 信号光用コア

26a 励起光用コア

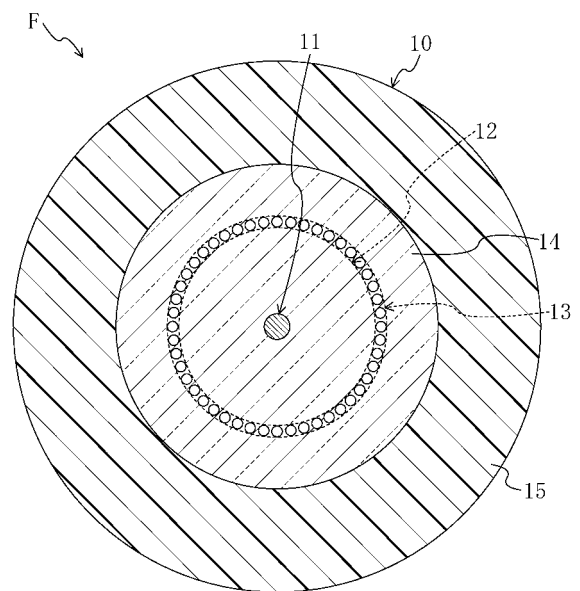
30 ファイバ・コンバイナ接続構造

10

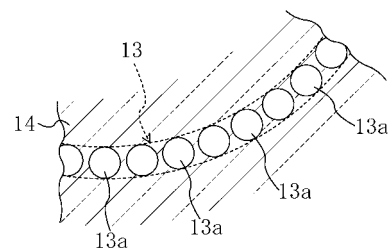
【図 1】



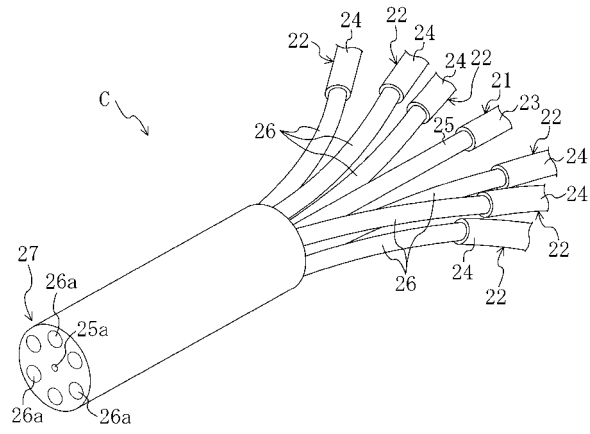
【図 2】



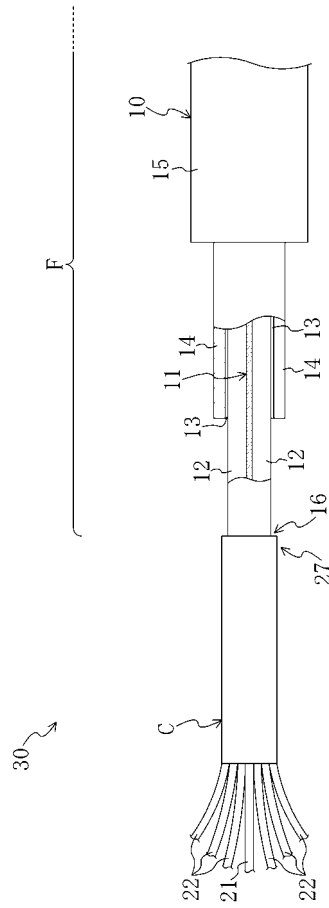
【図 3】



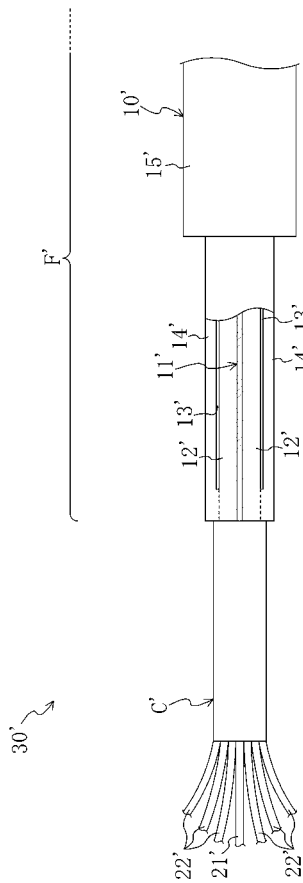
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (74)代理人 100115691
弁理士 藤田 篤史
- (74)代理人 100117581
弁理士 二宮 克也
- (74)代理人 100117710
弁理士 原田 智雄
- (74)代理人 100121728
弁理士 井関 勝守
- (74)代理人 100124671
弁理士 関 啓
- (74)代理人 100131060
弁理士 杉浦 靖也
- (72)発明者 田中 正俊
兵庫県尼崎市東向島西之町8番地 三菱電線工業株式会社 尼崎事業所内
- (72)発明者 山本 哲也
兵庫県尼崎市東向島西之町8番地 三菱電線工業株式会社 尼崎事業所内

審査官 大石 敏弘

- (56)参考文献 特開2005-070607 (JP, A)
特表2002-506225 (JP, A)
特開2004-273581 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|---------------------|
| G 0 2 B | 6 / 0 2 - 6 / 0 3 6 |
| H 0 1 S | 3 / 0 6 |
| H 0 1 S | 3 / 1 0 |