

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-180243

(P2011-180243A)

(43) 公開日 平成23年9月15日(2011.9.15)

(51) Int.Cl.

G02B 6/04 (2006.01)

F 1

G 02 B 6/04

テーマコード(参考)

C 2 H 04 G

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願2010-42331 (P2010-42331)

(22) 出願日

平成22年2月26日 (2010. 2. 26)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹

(74) 代理人 100092657

弁理士 寺崎 史朗

(74) 代理人 100113435

弁理士 黒木 義樹

(74) 代理人 100108257

弁理士 近藤 伊知良

(74) 代理人 100110582

弁理士 柴田 昌聰

最終頁に続く

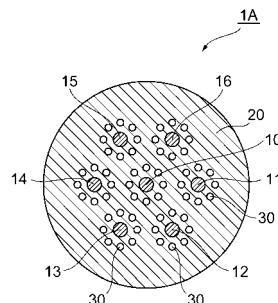
(54) 【発明の名称】マルチコア光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】コアの高密度化およびクロストークの抑制が共に可能なマルチコア光ファイバを提供する。

【解決手段】マルチコア光ファイバ1Aは、ファイバ軸方向に延在する7個のコア10～16と、これらコア10～16を取り囲む共通のクラッド20とを備え、クラッド20内にコア10～16それぞれの周囲にファイバ軸方向に延在する8個の空孔30が形成されている。ファイバ軸に垂直な断面において、7個のコア10～16のうちの任意の第1コアと、該第1コアに最も近い位置にある第2コアとの間の距離より、第1コアおよび第2コアそれからの距離が短い位置に、何れかの空孔30が存在する。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ガラスからなる複数のコアと、これら複数のコアの屈折率より低い屈折率を有し前記複数のコアを取り囲む共通のクラッドと、このクラッドに設けられた空孔とを有し、

前記複数のコアおよび前記空孔がファイバ軸方向に延在し、

ファイバ軸に垂直な断面において、前記複数のコアのうちの任意のコア（以下「第1コア」という）と、該第1コアに最も近い位置にあるコア（以下「第2コア」という）との間の距離より、前記第1コアおよび前記第2コアそれからの距離が短い位置に、何れかの空孔が存在する、

ことを特徴とするマルチコア光ファイバ。

10

【請求項 2】

前記断面において、前記複数のコアそれぞれに対しコア径の3.0～4.0倍の距離の位置の円周上に複数の空孔が存在し、前記空孔の直径が3.0～5.0 μmである、ことを特徴とする請求項1に記載のマルチコア光ファイバ。

【請求項 3】

円柱形状の外形を有し軸方向に貫通する複数の孔部が設けられたガラスからなるクラッド材を用意するとともに、前記クラッド材の屈折率より高い屈折率を有するロッド部の外周に前記クラッド材の屈折率と同じ屈折率を有し軸方向に溝が形成された周縁部が設けられたガラスからなるコア材を前記複数の孔部と同じ個数だけ用意し、

前記クラッド材の前記孔部に前記コア材を挿入し、前記周縁部の溝を空孔としたまま前記クラッド材と前記コア材とを加熱一体化して紡糸する、

ことを特徴とするマルチコア光ファイバ製造方法。

20

【請求項 4】

円柱形状の外形を有し低屈折率のクラッド部中に軸方向に延在する高屈折率の複数のコア部が設けられたガラスからなる円柱状部材を用意し、

前記円柱状部材の前記コア部以外の部分であって、前記複数のコアのうちの任意のコア（以下「第1コア」という）と、該第1コアに最も近い位置にあるコア（以下「第2コア」という）との間の距離より、前記第1コアおよび前記第2コアそれからの距離が短い位置に、軸方向に貫通する空孔を形成して、その空孔を維持したまま前記円柱状部材を紡糸する、

30

ことを特徴とするマルチコア光ファイバ製造方法。

【請求項 5】

各々ガラスからなる複数の高屈折率ロッド材、低屈折率ロッド材およびキャピラリを、前記複数の高屈折率ロッド材のうちの任意の高屈折率ロッド材（以下「第1高屈折率ロッド材」という）と、該第1高屈折率ロッド材に最も近い位置にある高屈折率ロッド材（以下「第2高屈折率ロッド材」という）との間の距離より、前記第1高屈折率ロッド材および前記第2高屈折率ロッド材それからの距離が短い位置に前記キャピラタリを配した状態で、ガラスからなるパイプに挿入してスタック体を作製し、

前記キャピラリの中心孔を維持したまま前記スタック体を加熱一体化して紡糸する、

40

ことを特徴とするマルチコア光ファイバ製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、マルチコア光ファイバおよびマルチコア光ファイバ製造方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

マルチコア光ファイバは、ファイバ軸方向に延在する複数のコアが共通のクラッドで覆われている（特許文献1，2を参照）。複数のコアそれが光学的に独立した光導波路

50

として機能するので、マルチコア光ファイバは大容量の情報を伝送することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開昭61-251534号公報

【特許文献2】特開平8-119656号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

このようなマルチコア光ファイバは、更に大容量の情報を伝送する為にコアの本数が多いことが望まれる。その一方で、コアの本数を多くする為にコア間隔を狭くすると、コア間でクロストークが発生して信号光伝送品質が低下する。このように、マルチコア光ファイバにおいては、コアの高密度化とクロストークの抑制とを両立させることは困難であった。

【0005】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、コアの高密度化およびクロストークの抑制が共に可能なマルチコア光ファイバを提供することを目的とする。また、このようなマルチコア光ファイバを製造する方法を提供することも目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のマルチコア光ファイバは、ガラスからなる複数のコアと、これら複数のコアの屈折率より低い屈折率を有し複数のコアを取り囲む共通のクラッドと、このクラッドに設けられた空孔とを有し、複数のコアおよび空孔がファイバ軸方向に延在し、ファイバ軸に垂直な断面において、複数のコアのうちの任意のコア（以下「第1コア」という）と、該第1コアに最も近い位置にあるコア（以下「第2コア」という）との間の距離より、第1コアおよび第2コアそれからの距離が短い位置に、何れかの空孔が存在することを特徴とする。このような空孔を有する本発明のマルチコア光ファイバは、コアの高密度化およびクロストークの抑制が共に可能となる。

【0007】

本発明のマルチコア光ファイバは、断面において、複数のコアそれぞれに対しコア径の3.0～4.0倍の距離の位置の円周上に複数の空孔が存在し、空孔の直径が3.0～5.0μmであるのが好適である。この場合には、本発明のマルチコア光ファイバは、曲げ損失が低減されたものとなる。

【0008】

本発明のマルチコア光ファイバ製造方法は、円柱形状の外形を有し軸方向に貫通する複数の孔部が設けられたガラスからなるクラッド材を用意するとともに、クラッド材の屈折率より高い屈折率を有するロッド部の外周にクラッド材の屈折率と同じ屈折率を有し軸方向に溝が形成された周縁部が設けられたガラスからなるコア材を複数の孔部と同じ個数だけ用意し、クラッド材の孔部にコア材を挿入し、周縁部の溝を空孔としたままクラッド材とコア材とを加熱一体化して紡糸することを特徴とする。

【0009】

或いは、本発明のマルチコア光ファイバ製造方法は、円柱形状の外形を有し低屈折率のクラッド部中に軸方向に延在する高屈折率の複数のコア部が設けられたガラスからなる円柱状部材を用意し、円柱状部材のコア部以外の部分であって、複数のコアのうちの任意のコア（以下「第1コア」という）と、該第1コアに最も近い位置にあるコア（以下「第2コア」という）との間の距離より、第1コアおよび第2コアそれからの距離が短い位置に、軸方向に貫通する空孔を形成して、その空孔を維持したまま円柱状部材を紡糸することを特徴とする。

【0010】

或いは、また、本発明のマルチコア光ファイバ製造方法は、各々ガラスからなる複数の

10

20

30

40

50

高屈折率ロッド材、低屈折率ロッド材およびキャピラリを、複数の高屈折率ロッド材のうちの任意の高屈折率ロッド材（以下「第1高屈折率ロッド材」という）と、該第1高屈折率ロッド材に最も近い位置にある高屈折率ロッド材（以下「第2高屈折率ロッド材」という）との間の距離より、第1高屈折率ロッド材および第2高屈折率ロッド材それからの距離が短い位置にキャピラリを配した状態で、ガラスからなるパイプに挿入してスタッカ作製し、キャピラリの中心孔を維持したままスタッカ作を加熱一体化して紡糸することを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、コアの高密度化およびクロストークの抑制が共に可能なマルチコア光ファイバを提供することができる。 10

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】比較例のマルチコア光ファイバ2の断面図である。

【図2】第1実施形態のマルチコア光ファイバ1Aの断面図である。

【図3】第2実施形態のマルチコア光ファイバ1Bの断面図である。

【図4】第3実施形態のマルチコア光ファイバ1Cの断面図である。

【図5】第4実施形態のマルチコア光ファイバ1Dの断面図である。

【図6】第5実施形態のマルチコア光ファイバ1Eの断面図である。

【図7】第6実施形態のマルチコア光ファイバ1Fの断面図である。 20

【図8】第7実施形態のマルチコア光ファイバ1Gの断面図である。

【図9】第8実施形態のマルチコア光ファイバ1Hの断面図である。

【図10】第1実施形態のマルチコア光ファイバ製造方法の説明図である。

【図11】第2実施形態のマルチコア光ファイバ製造方法の説明図である。

【図12】第3実施形態のマルチコア光ファイバ製造方法の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付図面を参照して、本発明を実施するための形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一または同等の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。 30

【0014】

図1は、比較例のマルチコア光ファイバ2の断面図である。この図はファイバ軸に垂直な断面を示している。比較例のマルチコア光ファイバ2は、ファイバ軸方向に延在する7個のコア10～16と、これらコア10～16を取り囲む共通のクラッド20とを備える。コア10～16およびクラッド20はガラスからなる。コア10～16の屈折率はクラッド20の屈折率より高い。コア10～16それぞれの断面形状は円形である。ファイバ軸に垂直な断面において、コア10は中央に配置され、6個のコア11～16はコア10を中心とする円の円周上に等間隔に配置されている。

【0015】

コア10～16およびクラッド20それぞれは、石英ガラスを主成分として、必要に応じて屈折率調整用の不純物が添加される。例えば、コア10～16はGeO₂またはAl₂O₃を添加された石英ガラスであって、クラッド20は純石英ガラスである。或いは、例えば、コア10～16は純石英ガラスであって、クラッド20はF元素またはB元素を添加された石英ガラスである。 40

【0016】

このような比較例のマルチコア光ファイバ2において、断面において共通のクラッド内にコアを高密度に配置することができれば、コアの本数を増やすことができ、したがって、更に大容量の情報を伝送することができる。しかし、その一方で、コアの本数を多くする為にコア間隔を狭くすると、コア間でクロストークが発生して信号光伝送品質が低下する。このように、比較例のマルチコア光ファイバ2においては、コアの高密度化とクロス

トーケの抑制とを両立させることは困難である。以下に説明する本実施形態のマルチコア光ファイバは、コアの高密度化およびクロストークの抑制が共に可能なものである。

【0017】

図2は、第1実施形態のマルチコア光ファイバ1Aの断面図である。この図もファイバ軸に垂直な断面を示している。図1に示された比較例のマルチコア光ファイバ2と比較すると、この図2に示される第1実施形態のマルチコア光ファイバ1Aは、クラッド20内にコア10～16それぞれの周囲に8個の空孔30が形成されている点で相違している。各空孔30はファイバ軸方向に延在する。各空孔30の断面形状は円形である。各コアの周囲に形成された8個の空孔30は、該コアを中心とする円の円周上に等間隔に配置されている。図中において各空孔30は白抜きの円で示されている。

10

【0018】

第1実施形態のマルチコア光ファイバ1Aでは、ファイバ軸に垂直な断面において、7個のコア10～16のうちの任意の第1コアと、該第1コアに最も近い位置にある第2コアとの間の距離より、第1コアおよび第2コアそれぞれからの距離が短い位置に、何れかの空孔30が存在する。第1実施形態では、7個のコア10～16は3角格子の格子点に配置されているので、任意の隣り合う2個のコアの間の距離は一定である。例えば、隣り合う2個のコア10とコア11との間の距離より、何れかの空孔30とコア10との間の距離が短く、且つ、その空孔30とコア11との間の距離が短い。

20

【0019】

第1実施形態のマルチコア光ファイバ1Aは、各コアの周囲に設けられた空孔による光閉じ込め効果を有するので、コア間のクロストークを抑制することができる。そして、第1実施形態のマルチコア光ファイバ1Aは、クロストークが抑制されることから、コアの高密度化が可能となり、コアの本数を増やすことができて、更に大容量の情報を伝送することができる。

20

【0020】

第1実施形態のマルチコア光ファイバ1Aは、ITU-TのG652の規格に従う標準的なシングルモード光ファイバと同等のコア径や比屈折率差を有するのが好ましい。また、第1実施形態のマルチコア光ファイバ1Aは、ファイバ軸に垂直な断面において、各コアに対しコア径の3.0～4.0倍の距離の位置に空孔が存在し、各空孔の直径が3.0～5.0μmであるのが好ましい。この場合、第1実施形態のマルチコア光ファイバ1Aは、G652規格互換の光学的特性を有しつつ、曲げ損失が低減されたものとなる。

30

【0021】

図3は、第2実施形態のマルチコア光ファイバ1Bの断面図である。この図もファイバ軸に垂直な断面を示している。図2に示された第1実施形態のマルチコア光ファイバ1Aと比較すると、この図3に示される第2実施形態のマルチコア光ファイバ1Bは、各コアの周囲の空孔30の配置の点で相違している。

【0022】

第2実施形態のマルチコア光ファイバ1Bでは、クラッド20内にコア10～16それぞれの周囲に6個の空孔30が形成されていて、隣り合う2個のコアが両者間の2個の空孔を共有する様となっている。これにより、第2実施形態のマルチコア光ファイバ1Bは、更なるコアの高密度化が可能となる。

40

【0023】

第2実施形態のマルチコア光ファイバ1Bでも、ファイバ軸に垂直な断面において、7個のコア10～16のうちの任意の第1コアと、該第1コアに最も近い位置にある第2コアとの間の距離より、第1コアおよび第2コアそれぞれからの距離が短い位置に、何れかの空孔30が存在する。

【0024】

第2実施形態のマルチコア光ファイバ1Bも、ITU-TのG652の規格に従う標準的なシングルモード光ファイバと同等のコア径や比屈折率差を有するのが好ましい。また、第2実施形態のマルチコア光ファイバ1Bも、ファイバ軸に垂直な断面において、各コ

50

アに対しコア径の3.0～4.0倍の距離の位置に空孔が存在し、各空孔の直径が3.0～5.0μmであるのが好ましい。

【0025】

なお、マルチコア光ファイバにおいて各コアの周囲のクラッド内に低屈折率領域が設けられたトレンチ構造とすることによっても、クロストークの抑制およびコアの高密度化が可能である。これに対して、本実施形態のマルチコア光ファイバ1A, 1Bは、各コアの周囲に空孔が設けられていることにより、より確実なクロストークの抑制およびコアの高密度化が可能である。

【0026】

上述した本実施形態のマルチコア光ファイバ1A, 1Bは本発明の好適な態様の例であるが、本発明は以下のような様々な態様が可能である。図4～図6それぞれは、共通のクラッド20内に2個のコア11, 14を有するマルチコア光ファイバの断面図である。図7は、共通のクラッド20内に4個のコア11～14を有するマルチコア光ファイバの断面図である。また、図8および図9それぞれは、共通のクラッド20内に7個のコア10～16を有するマルチコア光ファイバの断面図である。

10

【0027】

図4に示される第3実施形態のマルチコア光ファイバ1Cは、共通のクラッド20内に2個のコア11, 14および1個の空孔30が設けられている。空孔30とコア11との中心間距離をd₁とし、空孔30とコア14との中心間距離をd₄とし、また、コア11とコア14との中心間距離をd₀とすると、距離d₀より距離d₁および距離d₄の双方が短い位置に空孔30が存在する。

20

【0028】

図5に示される第4実施形態のマルチコア光ファイバ1Dは、共通のクラッド20内に2個のコア11, 14および1個の空孔30が設けられている点では第3実施形態のマルチコア光ファイバ1Cと同じであって、特にコア11とコア14とを結ぶ線分の中点の位置に空孔30が存在する。

20

【0029】

図6に示される第5実施形態のマルチコア光ファイバ1Eは、共通のクラッド20内に2個のコア11, 14および2個の空孔30が設けられている。2個の空孔30は、コア11とコア14とを結ぶ線分に対して互いに対称関係にある位置に存在する。

30

【0030】

図7に示される第6実施形態のマルチコア光ファイバ1Fは、共通のクラッド20内に4個のコア11～14および6個の空孔30が設けられている。4個のコア11～14は一定間隔で一列に配列されている。4個のコア11～14のうち任意の隣り合う2個のコアを互いに結ぶ線分に対して互いに対称関係にある位置に空孔30が存在する。

40

【0031】

図8に示される第7実施形態のマルチコア光ファイバ1Gは、共通のクラッド20内に7個のコア10～16および12個の空孔30が設けられている。7個のコア10～16の配置は、図1～図3の場合と同様である。7個のコア10～16のうち任意の隣り合う2個のコアを互いに結ぶ線分の中点の位置に空孔30が存在する。

40

【0032】

図9に示される第8実施形態のマルチコア光ファイバ1Hは、共通のクラッド20内に7個のコア10～16および12個の空孔30が設けられている。7個のコア10～16の配置は、図1～図3の場合と同様である。7個のコア10～16のうち任意の隣り合う2個のコアを互いに結ぶ線分に対して互いに対称関係にある位置に空孔30が存在する。

【0033】

図4～図9の何れの場合にも、ファイバ軸に垂直な断面において、隣り合う第1コアと第2コアとの間の距離より、第1コアおよび第2コアそれからの距離が短い位置に、何れかの空孔が存在する。

【0034】

50

次に、本実施形態のマルチコア光ファイバを製造する方法について説明する。以下では、図2に示された第1実施形態のマルチコア光ファイバ1Aを製造する場合について説明するが、他の実施形態のマルチコア光ファイバを製造する場合も同様である。図10～図12それぞれは、本実施形態のマルチコア光ファイバ製造方法の説明図である。これらの図も軸に垂直な断面を示している。

【0035】

図10に示される第1実施形態のマルチコア光ファイバ製造方法では、各々ガラスからなるコア材110(同図(a))およびパイプ100(同図(c))が先ず用意される。コア材110は、パイプ100のクラッド材120の屈折率より高い屈折率を有するロッド部111と、このロッド部111の外周に設けられクラッド材120の屈折率と同じ屈折率を有する周縁部112とからなる。コア材110の断面において、ロッド部111の外形は円形であり、周縁部112の外形も円形である。このコア材110の周縁部112に対し軸方向に溝113が形成されてコア材110A(同図(b))とされる。コア材110Aにおいて8本の溝が軸方向に形成されている。

10

【0036】

パイプ100は、円柱形状の外形を有し、軸方向に貫通する7個の孔部130が設けられたクラッド材120である。コア材110Aは、孔部130の個数と同じ個数だけ用意される。各孔部130にコア材110Aが挿入される。そして、周縁部112に形成された溝113が空孔とされたまま、パイプ100とコア材110Aとが加熱一体化されて紡糸され、本実施形態のマルチコア光ファイバが製造される。このとき、ロッド部111はコア10～16となり、周縁部112およびクラッド材120はクラッド20となり、周縁部112に形成された溝113は空孔30となる。

20

【0037】

図11に示される第2実施形態のマルチコア光ファイバ製造方法では、ガラスからなる円柱状部材200(同図(a))が先ず用意される。円柱状部材200は、円柱形状の外形を有し、低屈折率のクラッド部220中に軸方向に延在する高屈折率のコア部210～216が設けられている。この円柱状部材200のコア部210～216以外の部分に軸方向に貫通する空孔230が形成されて円柱状部材200A(同図(b))とされる。また、空孔230は、コア210～216のうちの任意のコア(以下「第1コア」という)と、該第1コアに最も近い位置にあるコア(以下「第2コア」という)との間の距離より、第1コアおよび第2コアそれからの距離が短い位置に形成される。そして、孔230が維持されたまま円柱状部材200Aが紡糸されて、本実施形態のマルチコア光ファイバが製造される。このとき、コア部210～216はコア10～16となり、クラッド部220はクラッド20となり、空孔230は空孔30となる。

30

【0038】

図12に示される第3実施形態のマルチコア光ファイバ製造方法では、各々ガラスからなる複数の高屈折率ロッド材310、低屈折率ロッド材320およびキャピラリ330が、ガラスからなるパイプ340に挿入されて、スタック体300が作製される。このとき、複数の高屈折率ロッド材310のうちの任意の高屈折率ロッド材(以下「第1高屈折率ロッド材」という)と、該第1高屈折率ロッド材に最も近い位置にある高屈折率ロッド材(以下「第2高屈折率ロッド材」という)との間の距離より、第1高屈折率ロッド材および第2高屈折率ロッド材それからの距離が短い位置にキャピラタリ330を配した状態とされる。低屈折率ロッド材320として様々な径のものが用意される。低屈折率ロッド材320は、パイプ340内において高屈折率ロッド材310および低屈折率ロッド材320が所定位置に配置されたときに、これらの間の隙間を埋めるものとして用いられる。そして、キャピラリ330の中心孔が維持したままスタック体300が加熱一体化されて紡糸され、本実施形態のマルチコア光ファイバが製造される。このとき、高屈折率ロッド材310はコア10～16となり、低屈折率ロッド材320、キャピラリ330およびパイプ340はクラッド20となり、キャピラリ330の中心孔は空孔30となる。

40

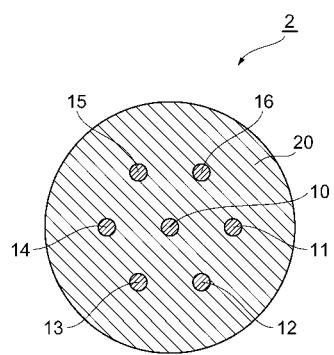
【符号の説明】

50

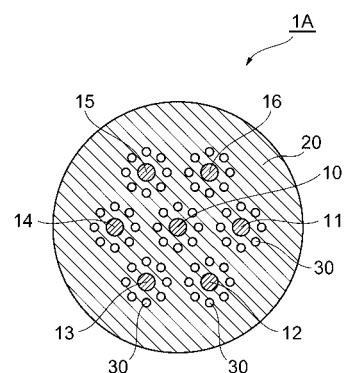
【0039】

1A～1H…マルチコア光ファイバ、10～16…コア、20…クラッド、30…空孔、100…パイプ、110，110A…コア材、111…ロッド部、112…周縁部、20…クラッド材、130…空孔、200，200A…円柱状部材、210～216…コア部、220…クラッド部、230…空孔、300…スタック体、310…高屈折率ロッド材、320…低屈折率ロッド材、330…キャピラリ、340…パイプ。

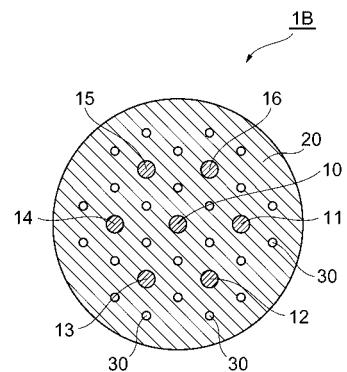
【図1】



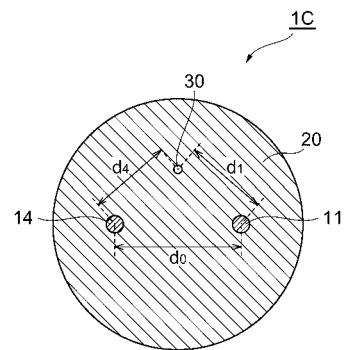
【図2】



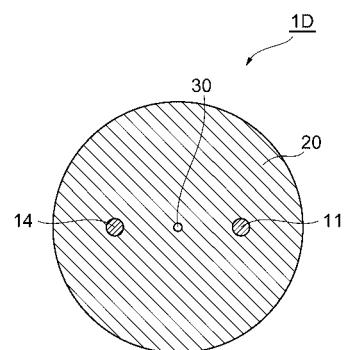
【図3】



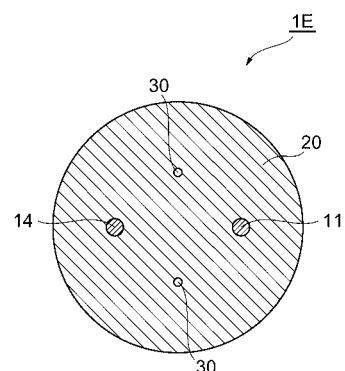
【図4】



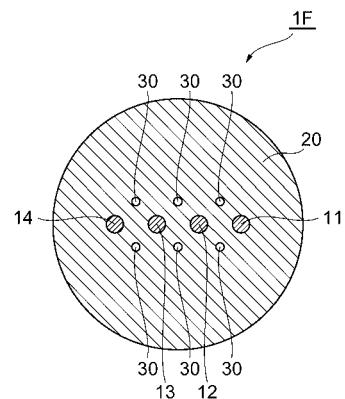
【図5】



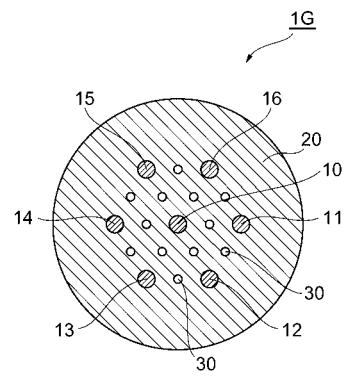
【図6】



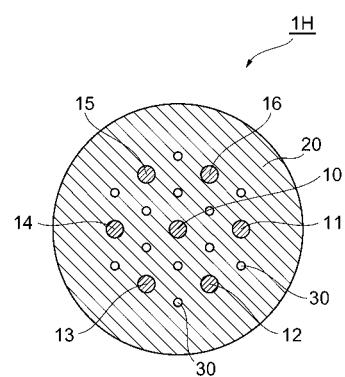
【図7】



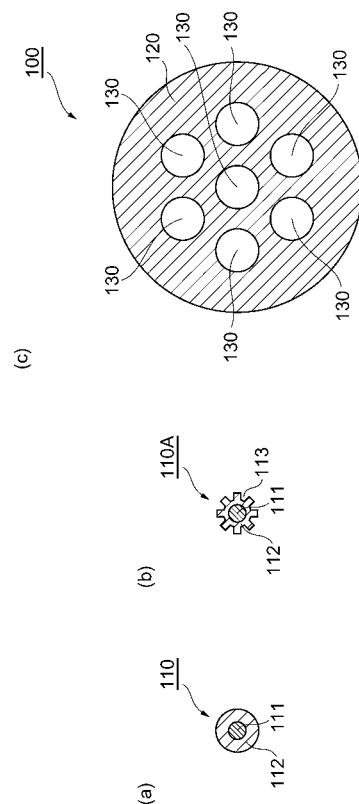
【図8】



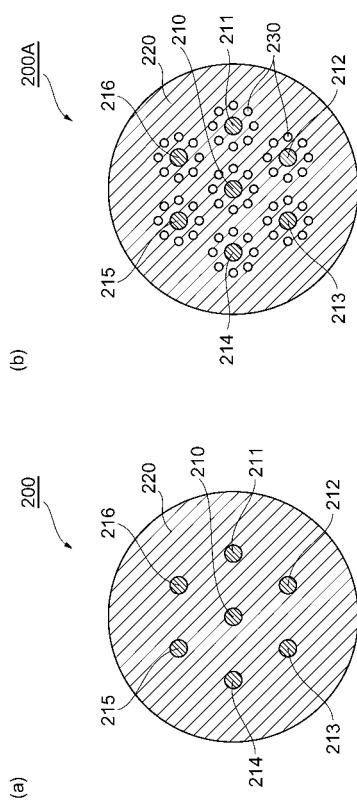
【図9】



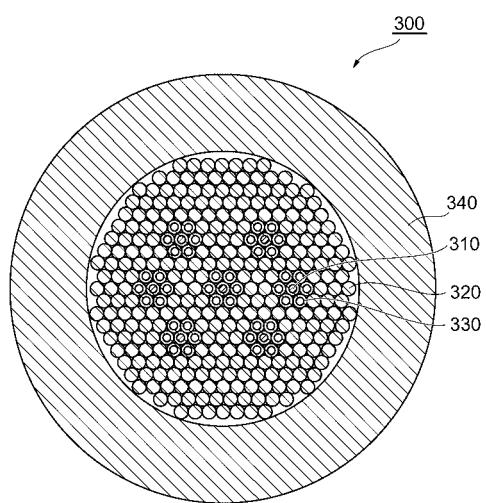
【図10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(72)発明者 永島 拓志

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 樽 稔樹

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

F ターム(参考) 2H046 AA08 AZ03