

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-11328

(P2006-11328A)

(43) 公開日 平成18年1月12日(2006.1.12)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)	
GO2B	6/00	(2006.01)	GO2B	6/00	376Z	2H050
GO2B	6/032	(2006.01)	GO2B	6/20	Z	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2004-192267 (P2004-192267)
 (22) 出願日 平成16年6月29日 (2004.6.29)

(71) 出願人 000004226
 日本電信電話株式会社
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
 (71) 出願人 000003263
 三菱電線工業株式会社
 東京都千代田区丸の内三丁目4番1号
 (74) 代理人 100077481
 弁理士 谷 義一
 (74) 代理人 100088915
 弁理士 阿部 和夫
 (72) 発明者 川西 悟基
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
 本電信電話株式会社内

最終頁に続く

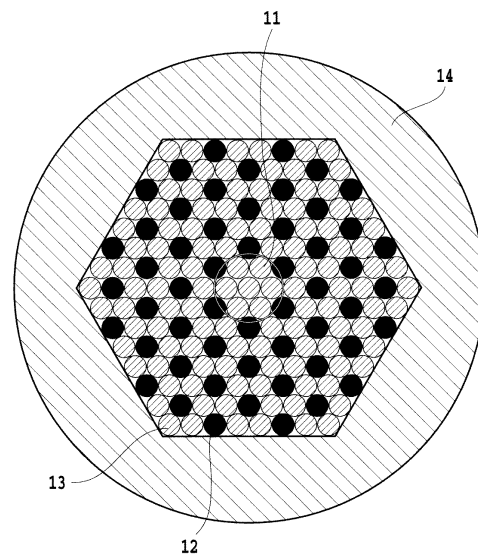
(54) 【発明の名称】 フォトニック結晶ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 モードフィールド径が単一モード光ファイバと同等でありながら、曲げによる光の漏れを抑えるとともに、環境変化の影響を受けない構造とする。

【解決手段】 クラッド部は、コア部31に隣接する領域に、フォトニックバンドギャップを形成するブラッグ回折格子を有し、ブラッグ回折格子は、光ファイバの長手方向に互いに屈折率の異なる複数のガラス材料(高屈折率ガラス棒32、ガラス棒33)を、格子状に規則的に配置した構成である。ブラッグ回折格子は、光ファイバ断面において正六角形を基本格子とする八ニカム形状であることが好ましい。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光を伝搬するコア部と、該コア部の周囲に設けたクラッド部とを有するフォトニック結晶光ファイバであって、

前記クラッド部は、前記コア部に隣接する領域に、フォトニックバンドギャップを形成するブラッグ回折格子を有し、

該ブラッグ回折格子は、光ファイバの長手方向に互いに屈折率の異なる複数のガラス材料を、格子状に規則的に配置した構成であることを特徴とするフォトニック結晶ファイバ。

【請求項 2】

光を伝搬するコア部と、該コア部の周囲に設けたクラッド部とを有するフォトニック結晶光ファイバであって、

前記クラッド部は、前記コア部に隣接する領域に、フォトニックバンドギャップを形成するブラッグ回折格子を有し、

該ブラッグ回折格子は、光ファイバの長手方向に複数のガラス材料および空孔を、格子状に規則的に配置した構成であることを特徴とするフォトニック結晶ファイバ。

【請求項 3】

前記コア部は、光ファイバの長手方向に複数のガラス材料を、格子状に規則的に配置した構成であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のフォトニック結晶ファイバ。

【請求項 4】

前記コア部の複数のガラス材料の少なくとも 1 つは、屈折率を上昇させる物質がドーピングされていることを特徴とする請求項 3 に記載のフォトニック結晶ファイバ。

【請求項 5】

前記ブラッグ回折格子は、光ファイバ断面において正六角形を基本格子とするハニカム形状であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のフォトニック結晶ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、フォトニック結晶ファイバに関し、より詳細には、クラッド部にフォトニック結晶構造を有するフォトニック結晶ファイバに関する。

【背景技術】

【0002】

光ファイバネットワークを構築する上で、収容局における光ファイバの配線、加入者宅における光ファイバの取り扱いを考慮すると、曲げ直径が小さく、損失が少なく、長期信頼性の高い光ファイバが求められている。また、光機能部品が集積された光デバイスの小型化を実現するためにも、組み込まれる光ファイバの曲げ直径は小さい方が望ましい。

【0003】

通常の一モード光ファイバに波長 1300 nm の光を透過させ、光ファイバを直径 2 cm 程度に曲げると、透過光は、光ファイバから漏れ始める。光ファイバを直径 1 cm 程度に曲げると、ほとんどすべての透過光が漏れ出してしまうという欠点があった。

【0004】

【非特許文献 1】田中他、「フォトニック結晶ファイバの伝送損失温度特性」、2002 年電子情報通信学会、エレクトロニクスソサイエティ大会、C-3-47、P.147

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一方、フォトニック結晶構造を有する光ファイバにおいては、光ファイバを直径 3 mm 以下に曲げても、光が漏れ出さない構造が知られている。しかしながら、フォトニック結晶ファイバのモードフィールド径は、幾何学的なコア径の 7 割程度であるため、幾何学的なコア径が 8 μm 程度のフォトニック結晶ファイバは、モードフィールド径が 8 μm ない

10

20

30

40

50

し10 μ mである単一モード光ファイバとの互換性が低いという問題があった。

【0006】

また、コアの周囲に4ないし6個の空孔を設けて、平均屈折率を低下させて光の閉じこめを強化したフォトニック結晶ファイバも作製されている。このようフォトニック結晶ファイバは、光ファイバ敷設時の接続工事において、空孔内に空気中の水分が侵入する。空気中の水分が空孔内に侵入して凍結した場合、空孔内の屈折率分布が変化して、光の閉じこめが弱くなり伝送損失が増加するという問題もあった(例えば、非特許文献1参照)。

【0007】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、モードフィールド径が単一モード光ファイバと同等でありながら、曲げによる光の漏れを抑えらるとともに、環境変化の影響を受けない構造のフォトニック結晶ファイバを提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、このような目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、光を伝搬するコア部と、該コア部の周囲に設けたクラッド部とを有するフォトニック結晶光ファイバであって、前記クラッド部は、前記コア部に隣接する領域に、フォトニックバンドギャップを形成するブラッグ回折格子を有し、該ブラッグ回折格子は、光ファイバの長手方向に互いに屈折率の異なる複数のガラス材料を、格子状に規則的に配置した構成であることを特徴とする。

20

【0009】

このような構成により、透過光は、ブラッグ回折格子によりコア部に強く閉じ込められ、光ファイバを曲げても安定して光の閉じこめることができる。また、コア部を適切に設計することにより、単一モードファイバのモードフィールド径に等しくすることができる。さらに、空孔が存在しないので、環境変化によって伝送損失特性が影響を受けることはない。

【0010】

なお、ガラス材料は、石英ガラス、カルコゲナイドガラス、フッ化物ガラス、フリントガラスなどである。異なるガラス材料を組み合わせることにより、屈折率差を大きくすることができる。

30

【0011】

請求項2に記載の発明は、光を伝搬するコア部と、該コア部の周囲に設けたクラッド部とを有するフォトニック結晶光ファイバであって、前記クラッド部は、前記コア部に隣接する領域に、フォトニックバンドギャップを形成するブラッグ回折格子を有し、該ブラッグ回折格子は、光ファイバの長手方向に複数のガラス材料および空孔を、格子状に規則的に配置した構成であることを特徴とする。

【0012】

上述したように、ガラス材料は、石英ガラス、カルコゲナイドガラス、フッ化物ガラス、フリントガラスなどを用いることができる。

【0013】

請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載の前記コア部は、光ファイバの長手方向に複数のガラス材料を、格子状に規則的に配置した構成であることを特徴とする。

40

【0014】

請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の前記コア部の複数のガラス材料の少なくとも一つは、屈折率を上昇させる物質がドーブされていることを特徴とする。

【0015】

請求項5に記載の発明は、請求項1または2に記載の前記ブラッグ回折格子は、光ファイバ断面において正六角形を基本格子とする八ニカム形状であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

50

以上説明したように、本発明によれば、クラッド部が、格子状に配置されたフォトニックバンドギャップを形成するブラッグ回折格子によって構成されているので、モードフィールド径が単一モード光ファイバと同等でありながら、曲げによる光の漏れを抑えるとともに、環境変化の影響を受けない構造とすることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳細に説明する。本発明の実施形態にかかる光ファイバは、石英コア部を有し、クラッド部が、格子状に配置されたフォトニックバンドギャップを形成するブラッグ回折格子によって構成されていることを特徴とする。

10

【0018】

図1に、本発明の第1の実施形態にかかるフォトニック結晶ファイバを示す。光ファイバを線引きする前のプリフォームの構成を示している。フォトニック結晶ファイバは、石英コア部11と、石英コア部11の周囲に高屈折率ガラス棒12および通常のガラス(石英)棒13からなるブラッグ回折格子と、ブラッグ回折格子を内挿する石英ジャケット管14とから構成されている。このプリフォームを加熱し、線引きすることにより、各部分が溶融し結合してフォトニック結晶ファイバとなる。このような構成により、透過光は、ブラッグ回折格子により石英コア部11に強く閉じ込められ、光ファイバを曲げて安定した光の閉じこめを実現することができる。

【0019】

石英コア部11は、中央に1本(第1層)とさらにその周囲に6本(第2層)の合計7本の石英棒で構成され、図1において白い円で囲まれた部分である。石英コア部11は、7本の石英棒で構成する以外にも、第3層として周囲を19本の石英棒で構成したり、さらには任意のn層(nは自然数)の構成としてもよい。図1に示したように、ブラッグ回折格子は、光ファイバ断面において正六角形を基本格子とする八ニカム形状であることが望ましい。

20

【0020】

高屈折率ガラス棒12は、フォトニックバンドギャップを形成するブラッグ回折格子において、空孔を形成することに相当する。高屈折率ガラス棒12の材料としては、屈折率2.2のフリントガラスなどを用いることができる。ブラッグ回折格子は、高屈折率ガラス棒12およびガラス棒13を、格子上に規則的に配置する。図1では、1本の高屈折率ガラス棒12を6本のガラス棒13で囲むように配置している。フォトニックバンドギャップが有効に作用するためには、石英コア部11の周囲に、少なくとも複数層の高屈折率ガラス棒12および通常ガラス棒13を配置する必要がある。

30

【0021】

石英ジャケット管14の内壁の形状は、石英コア部11が正確に中心にくるように、六角形または円形が望ましい。石英ジャケット管14の内壁の一辺に接する高屈折率ガラス棒12および通常ガラス棒13は、図1においては8本であるが、これに限定されず、これと異なる本数でもよい。

【0022】

ここで、石英コア部11の石英棒の本数を調節することにより、線引きされたフォトニック結晶ファイバにおいて、波長1.2 μ mから1.6 μ mの信号光が伝搬するモードフィールド径を、単一モードファイバ(ITU-T G.652規格)を伝搬する同じ波長の信号光のモードフィールド径にほぼ等しくすることができる。また、本実施形態においては、光ファイバの内部に空孔が存在しないので、環境変化によって伝送損失特性が影響を受けることはない。

40

【0023】

図2に、本発明の第2の実施形態にかかるフォトニック結晶ファイバを示す。光ファイバを線引きする前のプリフォームの構成を示している。フォトニック結晶ファイバは、石英コア部21の構成を除いて、図1示した第1の実施形態と同じ構成である。石英コア部

50

21の中央の1本(第1層)の石英棒には、屈折率を上昇させる物質(ゲルマニウム、リンなど)がドーブされている。

【0024】

石英コア部21の中心部に屈折率が高い領域が存在し、屈折率による光の閉じ込め機構が存在するため、単一モードファイバと同様のモードフィールド径と波長依存性を実現することができる。これに加えて、フォトリックバンドギャップによる強い光の閉じ込め効果によって、小さな曲げ半径でも損失の増加を防ぐことができる。また、本実施形態においても、光ファイバの内部に空孔が存在しないので、環境変化によって伝送損失特性が影響を受けることはない。

【0025】

図3に、本発明の第3の実施形態にかかるフォトリック結晶ファイバを示す。光ファイバを線引きする前のプリフォームの構成を示している。フォトリック結晶ファイバは、石英コア部31と、石英コア部31の周囲に空孔32およびガラス棒33からなるブラッグ回折格子と、ブラッグ回折格子を内挿する石英ジャケット管34とから構成されている。このような構成により、透過光は、ブラッグ回折格子により石英コア部31に強く閉じ込められ、光ファイバを曲げて安定した光の閉じこめを実現することができる。

【0026】

石英コア部31は、第1の実施形態と同様に、n層の構成としてもよい。また、第2の実施形態と同様に、中央の1本(第1層)の石英棒に、屈折率を上昇させる物質をドーブしてもよい。さらに、石英コア部31を構成する石英棒のうち何本かに屈折率を上昇させる物質をドーブしてもよいし、全ての石英棒に屈折率を上昇させる物質をドーブしてもよい。図3に示したように、ブラッグ回折格子は、光ファイバ断面において正六角形を基本格子とするハニカム形状であることが望ましい。

【0027】

空孔32は、フォトリックバンドギャップを形成するブラッグ回折格子を構成するために用いられ、従来のフォトリック結晶ファイバのように平均屈折率を下げる目的で用いられてはいない。従って、空孔32に水分が侵入して凍結した場合でも、凍結した部分の屈折率(約1.3)と周囲の石英部分の屈折率(約1.45)の間には、フォトリックバンドギャップを形成することが可能な屈折率差を維持することができる。空孔に水分が侵入した場合であっても、伝送損失特性が影響を受けることはない。

【0028】

ブラッグ回折格子は、空孔32およびガラス棒33を、格子上に規則的に配置する。図3では、1本のガラス棒33を6個の空孔32で囲むように配置している。フォトリックバンドギャップが有効に作用するためには、石英コア部31の周囲に、少なくとも複数層の空孔32およびガラス棒33を配置する必要がある。

【0029】

石英ジャケット管34の内壁の形状は、石英コア部31が正確に中心にくるように、六角形または円形が望ましい。石英ジャケット管34の内壁の一辺に接する空孔32およびガラス棒33は、図3においては8本であるが、これに限定されず、これと異なる本数でもよい。

【0030】

ここで、石英コア部31の石英棒の本数を調節することにより、線引きされたフォトリック結晶ファイバにおいて、波長1.2 μm から1.6 μm の信号光が伝搬するモードフィールド径を、単一モードファイバ(ITU-T G.652規格)を伝搬する同じ波長の信号光のモードフィールド径にほぼ等しくすることができる。

【0031】

図3の石英コア部31は、中央に1本(第1層)とさらにその周囲に6本(第2層)の合計7本の石英棒で構成されている。以下に、第3の実施形態を応用した構成について述べる。

【0032】

10

20

30

40

50

図 4 は、図 3 に示した構成に対して、フォトニックバンドギャップを構成するブラッグ回折格子のうち、石英コア部 3 1 に隣接する部分を全て空孔 3 2 とした構成である。図 5 は、図 3 に示した構成に対して、ブラッグ回折格子のうち、石英コア部 3 1 に隣接する部分を、1 2 本のガラス棒 3 3 とした構成である。図 6 は、ブラッグ回折格子のうち、石英コア部 3 1 に隣接する部分を、1 2 本のガラス棒 3 3 とした構成である。さらに、これに隣接する部分を全て空孔 3 2 とした構成である。

【 0 0 3 3 】

図 7 は、フォトニックバンドギャップを構成するブラッグ回折格子のうち、石英コア部 3 1 に隣接する部分を、1 2 本のガラス棒 3 3 とした構成である。さらに、これに隣接する部分を、1 8 本のガラス棒 3 3 とした構成である。図 8 は、ブラッグ回折格子のうち、石英コア部 3 1 に隣接する部分を、1 2 本のガラス棒 3 3 とした構成である。これに隣接する部分を、1 8 本のガラス棒 3 3 とした構成である。さらに、これに隣接する部分を全て空孔 3 2 とした構成である。

10

【 0 0 3 4 】

図 9 は、石英コア部 3 1 は、7 本の石英棒で構成され、その周囲のフォトニックバンドギャップを構成するブラッグ回折格子の空孔 3 2 とガラス棒 3 3 の配置を入れ替えた構成である。図 1 0 は、図 9 に示した構成に対して、フォトニックバンドギャップを構成するブラッグ回折格子のうち、石英コア部 3 1 に隣接する部分を全て空孔 3 2 とした構成である。

【 0 0 3 5 】

図 1 1 は、図 9 に示した構成に対して、フォトニックバンドギャップを構成するブラッグ回折格子のうち、石英コア部 3 1 に隣接する部分を、1 2 本のガラス棒 3 3 とした構成である。図 1 2 は、ブラッグ回折格子のうち、石英コア部 3 1 に隣接する部分を、1 2 本のガラス棒 3 3 とした構成である。さらに、これに隣接する部分を全て空孔 3 2 とした構成である。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 6 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施形態にかかるフォトニック結晶ファイバを示す断面図である。

【 図 2 】 本発明の第 2 の実施形態にかかるフォトニック結晶ファイバを示す断面図である。

30

【 図 3 】 本発明の第 3 の実施形態にかかるフォトニック結晶ファイバを示す断面図である。

【 図 4 】 第 3 の実施形態を応用した構成の第 1 例を示す断面図である。

【 図 5 】 第 3 の実施形態を応用した構成の第 2 例を示す断面図である。

【 図 6 】 第 3 の実施形態を応用した構成の第 3 例を示す断面図である。

【 図 7 】 第 3 の実施形態を応用した構成の第 4 例を示す断面図である。

【 図 8 】 第 3 の実施形態を応用した構成の第 5 例を示す断面図である。

【 図 9 】 第 3 の実施形態を応用した構成の第 6 例を示す断面図である。

【 図 1 0 】 第 3 の実施形態を応用した構成の第 7 例を示す断面図である。

40

【 図 1 1 】 第 3 の実施形態を応用した構成の第 8 例を示す断面図である。

【 図 1 2 】 第 3 の実施形態を応用した構成の第 9 例を示す断面図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 7 】

1 1 , 2 1 , 3 1 石英コア部

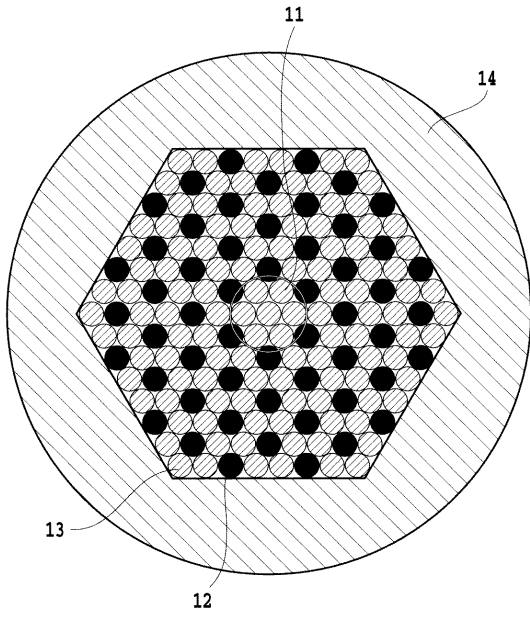
1 2 高屈折率ガラス棒

1 3 , 3 3 ガラス棒

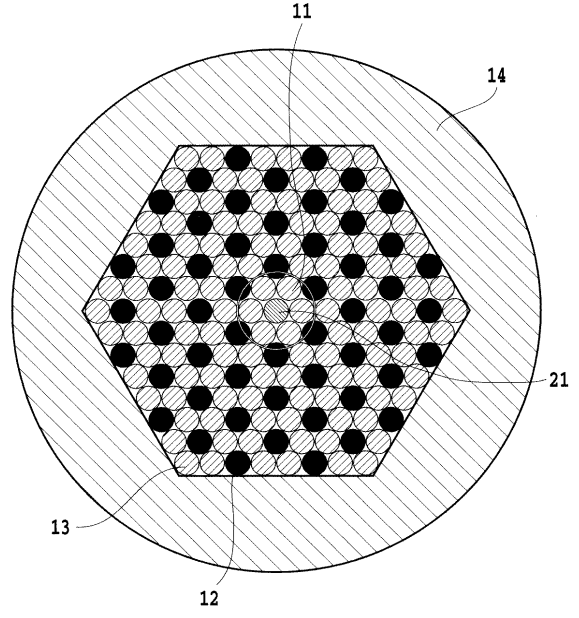
1 4 , 3 4 石英ジャケット管

3 2 空孔

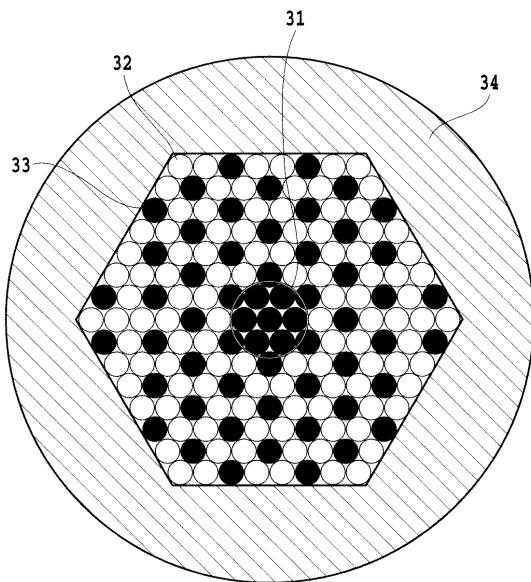
【 図 1 】



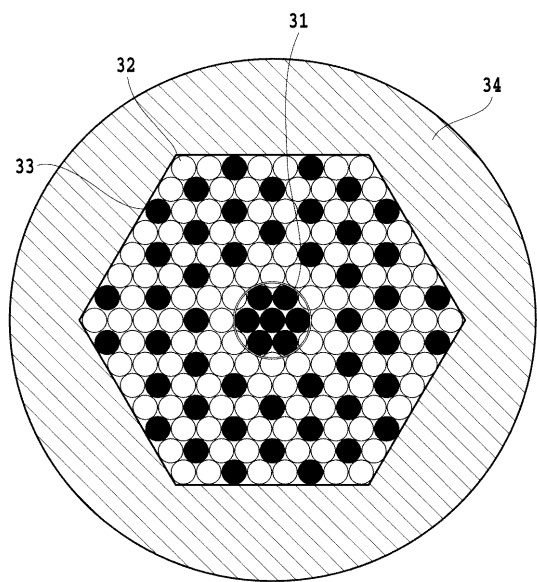
【 図 2 】



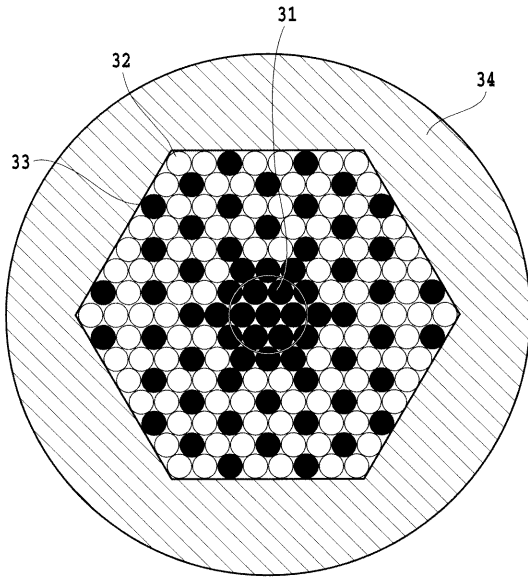
【 図 3 】



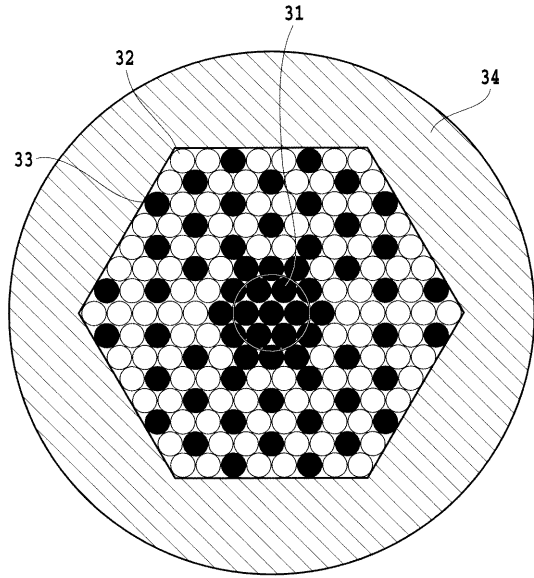
【 図 4 】



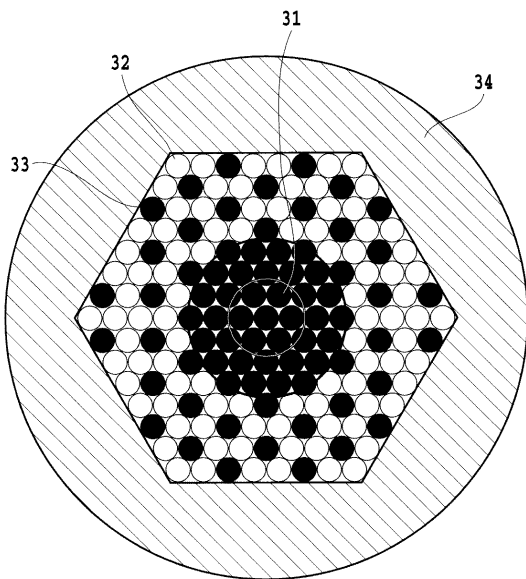
【 図 5 】



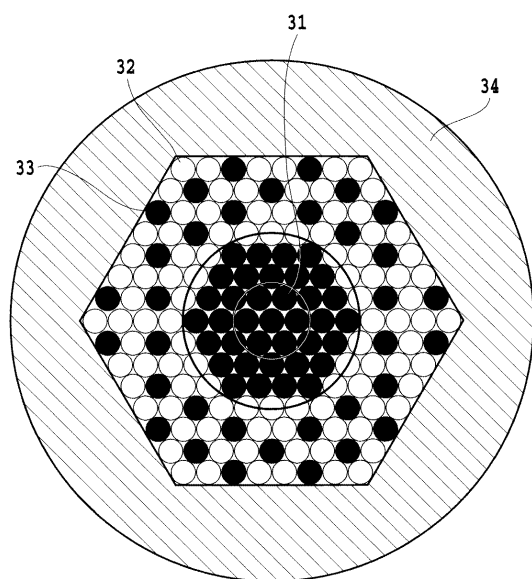
【 図 6 】



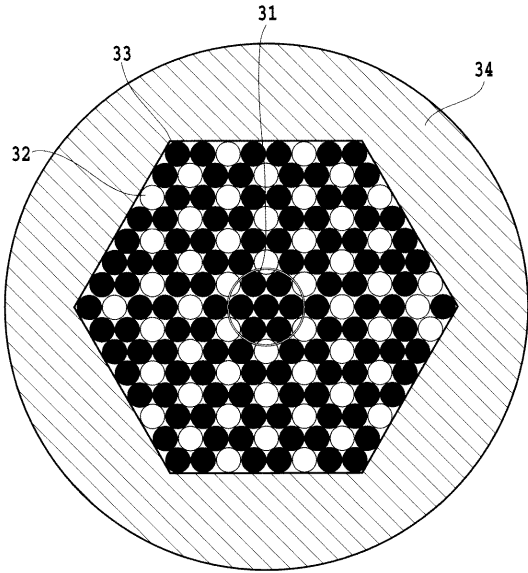
【 図 7 】



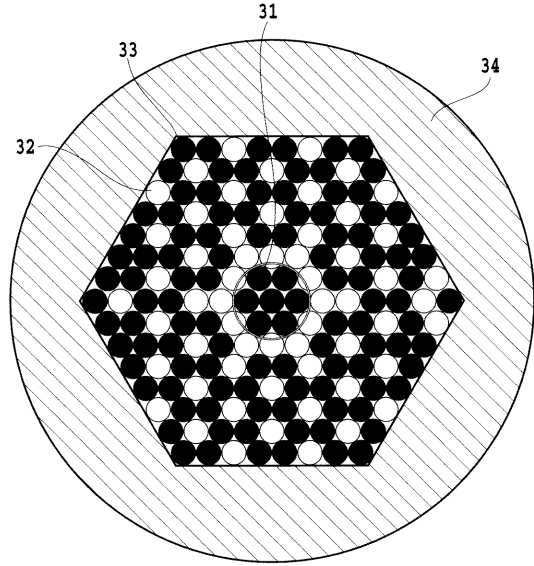
【 図 8 】



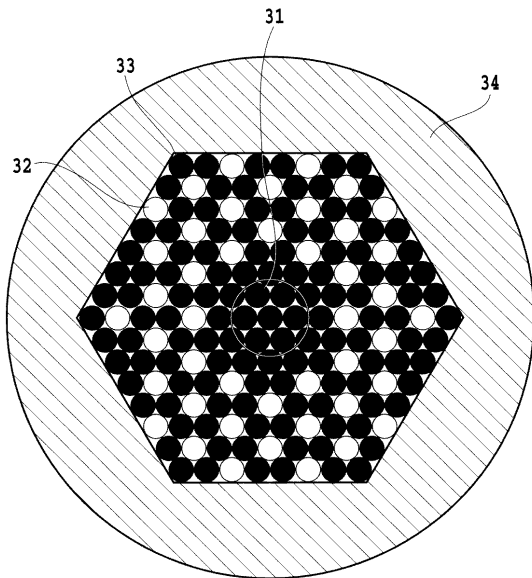
【 図 9 】



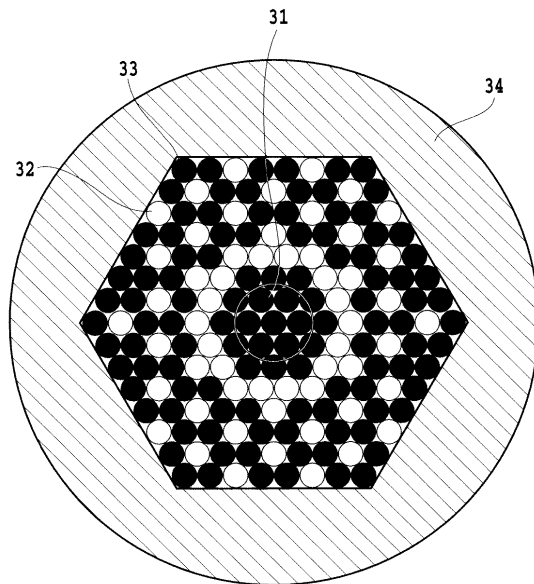
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

- (72)発明者 久保田 寛和
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 田中 正俊
兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社伊丹製作所内
- (72)発明者 山口 俊一郎
兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社伊丹製作所内
- Fターム(参考) 2H050 AB76 AC34 AC62