

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第2区分
 【発行日】令和7年6月13日(2025.6.13)

【国際公開番号】WO2024/070658
 【出願番号】特願2024-550026(P2024-550026)

【国際特許分類】
 G 0 2 B 6 / 0 3 2 (2 0 0 6 . 0 1)

【 F I 】
 G 0 2 B 6 / 0 3 2 Z

10

【手続補正書】
 【提出日】令和7年2月14日(2025.2.14)

【手続補正1】
 【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

20

ファイバ中心軸に沿って伸びたパイプ形状を有する外側クラッドと、
 前記外側クラッドの内壁面で囲まれた内部領域に、コア領域となる空間を取り囲むよう
 に前記内壁面に接触して配置された、パイプ形状を有する複数の内側クラッド要素と、
 を備え、

前記ファイバ中心軸に直交する前記内部領域の断面において、前記複数の内側クラッド
 要素の内部空間を含む、前記複数の内側クラッド要素が占める部分領域を除いた残りの領
 域に、 $1\ \mu\text{m}$ 以上かつ $2\ \mu\text{m}$ 以下の波長帯において H_2 よりも低い光吸収率と Ne よりも
 小さい拡散係数とを有するガスが充填されている、
 反共振中空コアファイバ。

【請求項2】

30

1 km以上の長さを有する、
 請求項1に記載の反共振中空コアファイバ。

【請求項3】

前記断面上において、前記内部領域の断面積に対する、前記複数の内側クラッド要素の
 総断面積の比は、0.55以上である、
 請求項1に記載の反共振中空コアファイバ。

【請求項4】

前記複数の内側クラッド要素の個数は、3個以上かつ6個以下である、
 請求項3に記載の反共振中空コアファイバ。

【請求項5】

40

前記内部領域の直径が $80\ \mu\text{m}$ 以上である、
 請求項3に記載の反共振中空コアファイバ。

【請求項6】

前記ガスは、 Ar 、 Kr 、 Xe 、 N_2 、 O_2 、 CF_4 、 C_2F_6 、 CCl_2F_2 、 CClF_3
 F_3 のうち少なくとも1つを含む、
 請求項1に記載の反共振中空コアファイバ。

【請求項7】

前記ガスの圧力は、摂氏25度の温度で $0.101\ \text{Pa}$ より大きく、かつ $70\ \text{MPa}$
 より小さい、

請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の反共振中空コアファイバ。

50

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0002】

従来から検討されている中空コアファイバとして、例えば、フォトニック結晶中空コアファイバ (Photonic Crystal Hollow-Core Fiber) および反共振中空コアファイバ (Anti-Resonant Hollow-Core Fiber) が知られている。中空コアファイバは、分光計測によるガス成分測定などへ適用されている。中空コアファイバは、多数のパイプが束ねられた母材を加熱しながら線引きすることで製造される。この製造方法で得られた中空コアファイバの空孔中には、線引き時の圧力制御用ガス、大気等が入っている。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0005】

【特許文献 1】特表 2017 - 520804 号公報

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

【非特許文献 1】O. H. Heckl et al., "Temporal pulse compression in a xenon-filled Kagome-type hollow-core photonics crystal fiber at high average power," OPTICS EXPRESS, Vol. 19, No. 20, 26 September 2011, p. 19142-19148.

【非特許文献 2】GREGORY T. JASION et al., "Fabrication of tubular anti-resonant hollow core fibers: modelling, draw dynamics and process optimization," OPTICS EXPRESS, Vol. 27, No. 15, 22 Jul. 2019, p.20567-20581.

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0035】

ファイバ中間部材 150 の他方の端面には、開閉弁 742 を介して真空ポンプ 720 が接続されており、この真空ポンプ 720 により、ファイバ中間部材 150 の内部領域、すなわち外側クラッド 120 の内部領域 120 b に相当する領域内の残留ガスが排気される。真空ポンプ 720 により排気されるガスの種類はガス分析計 730 により分析される。ガス分析計 730 により充填ガスが検出された時点で、ガスの充填が完了し、外側クラッド 120 の内部領域 120 b に相当するファイバ中間部材 150 の内部領域において、残留ガスが充填ガスに入れ替えられたことが確認できる。ガスの充填後、反共振中空コアファイバ 100 の両端部を気密封止すれば、ガスの圧力は封止時の圧力が維持される。封止時の反共振中空コアファイバ 100 の中に充填されたガスの圧力は、摂氏 25 度の温度で 0.101 Pa より大きく、かつ 70 MPa より小さい。充填中のガスの圧力は、高圧ガス供給システム 710 に備えられた圧力計により測定できる。充填後の反共振中空コアファイバ 100 の中に充填されたガスの種類とガスの圧力は、ガス分析計 730 および高

圧ガス供給システム710に反共振中空コアファイバ100を再び接続することで測定できる。また、充填後の反共振中空コアファイバ100の中に充填されたガスの種類とガスの圧力は、ラマン分光法や誘導ラマン散乱等の分光測定から得られたスペクトルの、面積強度やピーク強度から推定することもできる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0038

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0038】

10

図6の表から分かるように、分子径が大きくなるほど拡散係数が小さくなる。特に、温度25における拡散係数に着目すると、希ガスでは、Ar、Kr、Xeの拡散係数が $1 \times 10^{-20} \text{ cm}^2 / \text{ s}$ 未満であり、いずれもNeの拡散係数よりも小さく、光吸収率も $1 \mu\text{ m}$ 以上かつ $2 \mu\text{ m}$ 以下の波長帯において H_2 よりも低い。そのため、希ガスのグループのうちAr、Kr、Xeは、本開示の反共振中空コアファイバ100のための充填ガスに適している。なお、 $1 \times 10^{-20} \text{ cm}^2 / \text{ s}$ 未満の拡散係数の値は、15年間で拡散距離が $0.1 \mu\text{ m}$ 以下となる数値である。He、Neは拡散係数が大きいため、充填ガスには適さない。また、一般ガスでは、 N_2 、 O_2 の拡散係数が $1 \times 10^{-20} \text{ cm}^2 / \text{ s}$ 未満であり、いずれもNeの拡散係数よりも小さく、 H_2 よりも光吸収率も低い。そのため、一般ガスのうち N_2 、 O_2 は、充填ガスに適している。 H_2 、 D_2 の拡散係数はNeの拡散係数よりも小さいが、 $1 \mu\text{ m}$ 以上かつ $2 \mu\text{ m}$ 以下の波長帯において光吸収が起こるため、充填ガスには適さない。ハロゲン化カーボンでは、 CF_4 、 CCl_2F_2 、 CClF_3 の拡散係数が $1 \times 10^{-20} \text{ cm}^2 / \text{ s}$ 未満であり、いずれもNeの拡散係数よりも小さく、 H_2 よりも光吸収率も低い。したがって、図6の表に列挙されたいずれのガスも充填ガスに適している。その他のガスの例として、 CH_4 、 CO_2 、 CO 、 C_2H_4 の拡散係数も $1 \times 10^{-20} \text{ cm}^2 / \text{ s}$ 未満である。しかしながら、これらのガスはいずれも $1 \mu\text{ m}$ 以上かつ $2 \mu\text{ m}$ 以下の波長帯において H_2 よりも高い光吸収率を有するため、充填ガスには適さない。

20

30

40

50