

【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 3 部門第 1 区分

【発行日】平成27年11月5日(2015.11.5)

【公開番号】特開2014-62021(P2014-62021A)

【公開日】平成26年4月10日(2014.4.10)

【年通号数】公開・登録公報2014-018

【出願番号】特願2012-209504(P2012-209504)

【国際特許分類】

C 0 3 B 37/027 (2006.01)

【F I】

C 0 3 B 37/027 A

【手続補正書】

【提出日】平成27年9月11日(2015.9.11)

【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】

G e O₂ を含む石英ガラスからなるコアを有する光ファイバ母材を線引して光ファイバを製造する方法であって、

線引炉において前記光ファイバ母材の一端を加熱溶融し紡糸して光ファイバとする紡糸工程と、前記紡糸工程で得られた光ファイバを前記線引炉における加熱温度より低い温度の加熱炉に通過させる徐冷工程と、を備え、

前記紡糸工程および前記徐冷工程における或る位置 n での前記コアの仮想温度を $T_f(n)$ とし、時間 t 経過後の位置 $n + 1$ での前記コアの仮想温度を $T_f(n+1)$ とし、温度 T における前記コアの材料の構造緩和定数を (T) としたときに、前記光ファイバのガラス外径が最終外径の 500% になる第 1 位置から前記光ファイバの温度 T が 1400 になる第 2 位置までの範囲のうちの 70% 以上の領域において、前記第 1 位置を $n = 0$ として前記第 1 位置における前記光ファイバの仮想温度 $T_f(0)$ から開始して漸化式

「 $T_f(n+1) = T(n) + (T_f(n) - T(n)) \exp(-t / (T(n)))$ 」

による計算を行って求められる $T_f(n+1)$ を最小とするような各位置 n での目標温度 $T(n)$ と光ファイバの実際の温度との差が ± 100 以下となるように前記加熱炉の温度を設定する、ことを特徴とする光ファイバ製造方法。

【請求項 2】

前記線引炉において紡糸された後に温度 500 の気体と触れる位置における前記光ファイバの断面方向の平均温度が 1650 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバ製造方法。

【請求項 3】

前記光ファイバのガラス外径の長手方向の変動量の 3 が $\pm 0.2 \mu m$ 以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ製造方法。

【請求項 4】

G e O₂ を含む石英ガラスからなるコアを有する光ファイバ母材を線引して光ファイバを製造する方法であって、

線引炉において前記光ファイバ母材の一端を加熱溶融し紡糸して光ファイバとする紡糸工程と、前記紡糸工程で得られた光ファイバを前記線引炉における加熱温度より低い温度の加熱炉に通過させる徐冷工程と、を備え、

前記加熱炉に入線するときの前記光ファイバの温度を 1,400 以上 1,650 以下とし、

前記光ファイバのガラス外径が最終外径の 500 % より小さく且つ温度 1700 以上の位置で前記光ファイバの冷却速度を 10,000 / s 以上とし、

前記光ファイバの温度が 1,400 ~ 1,600 の位置で前記光ファイバの冷却速度を 5,000 / s 以下とする、

ことを特徴とする光ファイバ製造方法。

【請求項 5】

前記徐冷工程における前記加熱炉の長さが 1.5 m 以上であることを特徴とする請求項 4 に記載の光ファイバ製造方法。

【請求項 6】

前記徐冷工程で用いる前記加熱炉として上部加熱炉および下部加熱炉を設け、前記上部加熱炉の内周面温度より前記下部加熱炉の内周面温度を高くする、ことを特徴とする請求項 4 に記載の光ファイバ製造方法。

【請求項 7】

前記徐冷工程で用いる前記加熱炉として上部加熱炉および下部加熱炉を設け、前記上部加熱炉の内周面温度より前記下部加熱炉の内周面温度を 50 以上高くする、ことを特徴とする請求項 4 に記載の光ファイバ製造方法。

【請求項 8】

前記下部加熱炉を通過するときの前記光ファイバの仮想温度に対して ± 100 以下の差となるよう前記下部加熱炉の内周面温度を設定する、ことを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の光ファイバ製造方法。

【請求項 9】

前記徐冷工程の後の光ファイバを重水素ガス雰囲気曝す重水素処理工程を更に備えることを特徴とする請求項 1 または 4 に記載の光ファイバ製造方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

第 1 の発明の光ファイバ製造方法は、 GeO_2 を含む石英ガラスからなるコアを有する光ファイバ母材を線引して光ファイバを製造する方法であって、線引炉において光ファイバ母材の一端を加熱溶融し紡糸して光ファイバとする紡糸工程と、紡糸工程で得られた光ファイバを線引炉における加熱温度より低い温度の加熱炉に通過させる徐冷工程と、を備え、紡糸工程および徐冷工程における或る位置 n でのコアの仮想温度を $Tf(n)$ とし、時間 t 経過後の位置 $n+1$ でのコアの仮想温度を $Tf(n+1)$ とし、温度 T におけるコアの材料の構造緩和定数を (T) としたときに、光ファイバのガラス外径が最終外径の 500 % になる第 1 位置から光ファイバの温度 T が 1400 になる第 2 位置までの範囲のうちの 70 % 以上の領域において、第 1 位置を $n=0$ として第 1 位置における光ファイバの仮想温度 $Tf(0)$ から開始して漸化式

$$Tf(n+1) = T(n) + (Tf(n) - T(n)) \exp(-t / (T(n)))$$

による計算を行って求められる $Tf(n+1)$ を最小とするような各位置 n での目標温度 $T(n)$ と光ファイバの実際の温度との差が ± 100 以下となるよう加熱炉の温度を設定することを特徴とする。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 1 1 】

第 1 の発明の光ファイバ製造方法では、線引炉において紡糸された後に温度 5 0 0 の気体と触れる位置における光ファイバの断面方向の平均温度が 1 6 5 0 以下であるのが好適である。また、光ファイバのガラス外径の長手方向の変動量の 3 が $\pm 0.2 \mu m$ 以下であるのが好適である。

【 手 続 補 正 4 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 1 3

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 0 1 3 】

第 2 の発明の光ファイバ製造方法では、徐冷工程における加熱炉の長さが 1.5 m 以上であるのが好適である。徐冷工程で用いる加熱炉として上部加熱炉および下部加熱炉を設け、上部加熱炉の内周面温度より下部加熱炉の内周面温度を高くするのが好適である。徐冷工程で用いる加熱炉として上部加熱炉および下部加熱炉を設け、上部加熱炉の内周面温度より下部加熱炉の内周面温度を 5 0 以上高くするのが好適である。また、下部加熱炉を通過するときの光ファイバの仮想温度に対して $\pm 1 0 0$ 以下の差となるよう下部加熱炉の内周面温度を設定するのが好適である。

【 手 続 補 正 5 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 3 9

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 0 3 9 】

紡糸工程および徐冷工程における或る位置 n でのコアの仮想温度を $T_f(n)$ とし、時間 t 経過後の位置 $n + 1$ でのコアの仮想温度を $T_f(n+1)$ とし、位置 n での目標温度を $T(n)$ としたとき、下記 (2) 式の漸化式が成り立つ。この漸化式の関係を示したものが図 4 である。

【 手 続 補 正 6 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 4 2

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 0 4 2 】

従来では、温度 T の適正化は、加熱炉 2 0 内を通過中の光ファイバに対して実施されており、加熱炉 2 0 に入線する前の光ファイバに対しては実施されていなかった。本実施形態では、光ファイバのガラス外径が最終外径の 5 0 0 % になる第 1 位置から光ファイバの温度 T が 1 4 0 0 になる第 2 位置までの範囲のうちの 7 0 % 以上の領域において、第 1 位置を $n = 0$ として第 1 位置における光ファイバの仮想温度 $T_f(0)$ から開始して上記漸化式による計算を行って求められる各位置 n での $T_f(n+1)$ を最小とするような目標温度 $T(n)$ と光ファイバの実際の温度との差が $\pm 1 0 0$ 以下 (好ましくは、 $\pm 5 0$ 以下) となるように加熱炉 2 0 の温度を設定する。

【 手 続 補 正 7 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 4 4

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 0 4 4 】

処理を開始する第 1 位置は、光ファイバのガラス外径が最終外径の 5 0 0 % になる位置とし、好ましくは、光ファイバのガラス外径が最終外径の 2 0 0 % より小さくなる位置と

する。これにより光ファイバの外径の制御性を損なうことなく徐冷を行うことができる。処理を終了する第2位置は、光ファイバの目標温度が1400になる位置とする。これにより十分に仮想温度を低下させることができる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0046

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0046】

急激に温度が変化する位置においては乱流が発生し、光ファイバに与えられる温度の冷却効率がランダムに変化する。このとき、光ファイバの粘性が低い場合、光ファイバの外径が変動する。そこで、光ファイバが線引炉10により紡糸されてから最初に温度500以下の気体と触れる位置における光ファイバの断面方向の平均温度は1650以下であることが望ましい。より好ましくは1550以下である。このようにすることにより、ガラス外径の変動を3で $\pm 0.2 \mu\text{m}$ 以下程度まで防止しつつ、仮想温度を低減できる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0051】

図6より、理想的には0.05 s以上の適切な徐冷熱履歴を光ファイバに与えることにより、光ファイバの仮想温度を1560以下に低減でき、波長1.55 μm における伝送損失を0.182 dB/km以下にできる。このとき、経済的な光ファイバを得るのに必要な30 m/s以上の製造線速では、徐冷工程における加熱炉（目標温度に対して ± 100 以下とする領域）は1.5 m以上が必要となる。一方、徐冷工程における加熱炉が長すぎる場合、線引タワーの全高を高くする必要が生じ、作業性が低下し、建設コストが増大するので、望ましくない。徐冷加熱炉の長さは8 m以下、より好ましくは5 m以下、更に好ましくは2 m以下であることが望ましい。