

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4558368号
(P4558368)

(45) 発行日 平成22年10月6日(2010.10.6)

(24) 登録日 平成22年7月30日(2010.7.30)

(51) Int. Cl. F I
C O 3 B 37/027 (2006.01) C O 3 B 37/027 A
G O 2 B 6/00 (2006.01) G O 2 B 6/00 3 5 6 A

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2004-115733 (P2004-115733)	(73) 特許権者	000005290
(22) 出願日	平成16年4月9日(2004.4.9)		古河電気工業株式会社
(65) 公開番号	特開2005-298257 (P2005-298257A)		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(43) 公開日	平成17年10月27日(2005.10.27)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成19年3月1日(2007.3.1)		弁理士 酒井 宏明
前置審査		(74) 代理人	100142712
			弁理士 田代 至男
		(72) 発明者	奥 誠人
			東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内
		(72) 発明者	鈴木 尚
			東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内
		審査官	大工原 大二
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

加熱によって軟化した光ファイバ母材を線引きして光ファイバを得る光ファイバ製造方法であって、

前記光ファイバのコアは少なくとも Ge がドーブされ、該光ファイバのクラッドは実質的に SiO₂ からなり、前記コアの前記クラッドに対する比屈折率差が 0.3 ~ 0.5 % であって、波長 1310 nm におけるモードフィールド径が 8 μm 以上であり、22 m 法におけるケーブルカットオフ波長 cc が 1270 nm 以下であり、

前記光ファイバの線引きの速度は、1000 m / 分以上であり、

光ファイバ温度が 1200 ~ 1400 のときに、800 以上 1000 以下の温度の第1徐冷手段を用いて 4000 / 秒以下の冷却速度で前記光ファイバを冷却する第1冷却工程と、

光ファイバ温度が 850 ~ 1200 のときに、300 以上 700 以下の温度の第2徐冷手段を用いて 4000 / 秒より速く 8000 / 秒以下の冷却速度で前記光ファイバを冷却する第2冷却工程と、

を含むことを特徴とする光ファイバ製造方法。

【請求項2】

前記第2徐冷手段は、前記光ファイバをアルゴンガス雰囲気中で冷却す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】

前記第2徐冷手段は、前記光ファイバを大気雰囲気中で冷却す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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、波長1300～1600nmの波長範囲において低損失な光ファイバ、この光ファイバ製造装置およびこの光ファイバの製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、光ファイバの低損失化に関しては、たとえば線引炉直下に光ファイバを徐冷する加熱炉を設け、加熱炉温度を500～1500として光ファイバを徐冷し、これによって光ファイバの低損失化を図る技術がある（特許文献1参照）。さらに、この技術を用いても光ファイバの低損失化が図れない場合があり、この場合に、コア・クラッドの粘度を調整して光ファイバの低損失化を図るものもある（特許文献2参照）。

【0003】

【特許文献1】特開平4-59631号公報

【特許文献2】特開2002-148466号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、コアやクラッドに添加する不純物（F・Cl等）の種類やその量を制御してコアやクラッドの粘度・屈折率を管理することは容易ではなく、そのための装置を必要とし、光ファイバの製造装置が複雑かつ大規模になるとともに、製造工程が増え、光ファイバの製造時間が増大するという問題点があった。

【0005】

この発明は、上記に鑑みてなされたものであって、コア部にGeがドーブされ、クラッド部が実質的にSiO₂からなる光ファイバであっても、十分に低損失な光ファイバを提供することを目的とするとともに、この光ファイバを製造する光ファイバ製造装置およびその製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる光ファイバ製造方法は、加熱によって軟化した光ファイバ母材を線引きして光ファイバを得る光ファイバ製造方法であって、光ファイバ温度が1200～1400のときに冷却速度を4000/秒以下で前記光ファイバを冷却する第1冷却工程と、光ファイバ温度が850～1200のときに冷却速度を8000/秒以下で前記光ファイバを冷却する第2冷却工程と、を含むことを特徴とする。

【0007】

また、本発明にかかる光ファイバ製造方法は、上記の発明において、前記光ファイバの線引きの速度は、1000m/分以上であることを特徴とする。

【0008】

また、本発明にかかる光ファイバ製造方法は、上記の発明において、前記光ファイバは、該光ファイバのコアは少なくともGeがドーブされ、該光ファイバのクラッドは実質的にSiO₂からなり、前記コアの前記クラッドに対する比屈折率差が0.3～0.5%であって、波長1310nmにおけるモードフィールド径が8μm以上であり、22m法におけるケーブルカットオフ波長 λ_{cc} が1270nm以下であることを特徴とする。

【0009】

また、本発明にかかる光ファイバ製造装置は、加熱によって軟化した光ファイバ母材を線引きして光ファイバを得る光ファイバ製造装置であって、前記光ファイバ母材から線引きした光ファイバの光ファイバ温度が少なくとも1200～1400のときに冷却速度

10

20

30

40

50

を4000 /秒以下で前記光ファイバを冷却する第1徐冷手段と、前記光ファイバ温度が850～1200 のときに冷却速度を8000 /秒以下で前記光ファイバを冷却する第2徐冷手段と、を備えたことを特徴とする。

【0010】

また、本発明にかかる光ファイバ製造装置は、上記の発明において、前記第2徐冷手段の温度は、700 以下であることを特徴とする。

【0011】

また、本発明にかかる光ファイバ製造装置は、上記の発明において、前記第1徐冷手段の温度は、800～1000 であることを特徴とする。

【0012】

また、本発明にかかる光ファイバ製造装置は、上記の発明において、前記第2徐冷手段は、前記光ファイバをアルゴンガス雰囲気中で冷却することを特徴とする。

【0013】

また、本発明にかかる光ファイバ製造装置は、上記の発明において、前記第2徐冷手段は、前記光ファイバを大気雰囲気中で冷却することを特徴とする。

【0014】

また、本発明にかかる光ファイバ製造装置は、上記の発明において、前記光ファイバの線引きの速度は、1000 m /分以上であることを特徴とする。

【0015】

また、本発明にかかる光ファイバ製造装置は、上記の発明において、前記第1徐冷手段および/または前記第2徐冷手段の線引き方向の長さが約1.5 mであることを特徴とする。

【0016】

また、本発明にかかる光ファイバ製造装置は、上記の発明において、前記光ファイバは、該光ファイバのコアは少なくともGeがドープされ、該光ファイバのクラッドは実質的にSiO₂からなり、前記コアの前記クラッドに対する比屈折率差が0.3～0.5%であって、波長1310 nmにおけるモードフィールド径が8 μm以上であり、22 m法におけるケーブルカットオフ波長 ccが1270 nm以下であることを特徴とする。

【0017】

また、本発明にかかる光ファイバは、光ファイバのコアに少なくともGeがドープされ、該光ファイバのクラッドは実質的にSiO₂からなり、前記コアの前記クラッドに対する比屈折率差が0.3～0.5%であって、波長1310 nmにおけるモードフィールド径が8 μm以上であり、22 m法におけるケーブルカットオフ波長 ccが1270 nm以下である光ファイバであって、光ファイバ温度が1200～1400 のときに冷却速度を4000 /秒以下で前記光ファイバを徐冷し、さらに光ファイバ温度が850～1200 のときに冷却速度を8000 /秒以下で前記光ファイバを徐冷して波長1383 nmにおける伝送損失を0.35 dB / km以下にし、該伝送損失を とし、波長を としたとき、次式で表記されるA値が0.905以下であり、B値が0.015以下であることを特徴とする。

$$= A / \sqrt[4]{B}$$

【発明の効果】

【0018】

この発明にかかる光ファイバ、光ファイバ製造装置および光ファイバ製造方法は、光ファイバ温度が1200～1400 のときに冷却速度を4000 /秒以下で前記光ファイバを冷却し、光ファイバ温度が850～1200 のときに冷却速度を8000 /秒以下で前記光ファイバを冷却するという熱管理のみによって低損失の光ファイバを得ることができるという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

10

20

30

40

50

以下、この発明を実施するための最良の形態である光ファイバ、光ファイバ製造装置および光ファイバの製造方法について説明する。

【0020】

(実施の形態1)

図1は、この発明の実施の形態にかかる光ファイバ製造装置の概要構成を示す図である。この光ファイバ製造装置は、波長1300～1600nmの波長範囲において低損失な光ファイバを線引きによって製造する装置であり、この光ファイバの母材である光ファイバ母材10は、加熱炉11によって2000以上に加熱され、光ファイバの線引き方向に沿って、第1徐冷装置12、第2徐冷装置13、ファイバ冷却装置14、被覆塗布装置15、被覆固化装置16、および巻取装置17が順に配置され、各装置を経由することによって所望の光ファイバが製造される。また、制御装置Cは、上述した各装置を制御する。

10

【0021】

第1徐冷装置12は、たとえばニクロム線・カーボンヒーター・カンタルヒーターなどの加熱体を有し、この加熱体の周囲に断熱材・炉殻をもつ加熱炉であり、中心部に石英ガラス製の炉心管を有する構造であって、光ファイバの線引き方向に沿って設置される。この第1徐冷装置12は、約1.5m程度である。炉心管内に導入するガスの種類は特に限定しないが、He等の熱伝達率の大きなガスを使用すると熱エネルギーが奪われるため、大気・窒素・アルゴンガス等を使用することが好ましい。加熱炉11から線引きされた光ファイバはこの第1徐冷装置12の加熱炉を通過する際に加熱され、室温・大気中を通過するのに比べて一層、徐冷される。この加熱炉の温度が700程度以下だと徐冷効果が小さく、後述するように結果として低損失化された光ファイバの製造は期待できない。また、1100程度以上とすると、光ファイバの冷却速度をさらに低下させることができるため低損失化効果が期待できるものと考えられるが、1000近傍で十分な徐冷効果が得られることと、高温化することとは、加熱炉・付帯設備コストがかかり、また光ファイバ製造装置1の高さ自体が有限であり、かつ光ファイバに被覆を塗布する時点では十分な冷却がなされている必要があるため、必要以上に第1徐冷装置12を高温化することは好ましくない。

20

【0022】

この第1徐冷装置12を通過中の光ファイバの温度は、1000～1500の間に設定している。この温度帯よりも高い温度帯を第1の徐冷領域に含ませて、ゆっくり冷却しても低損失化効果は期待できない。また、光ファイバの温度が1000以下では4000/秒以下よりも速い速度、たとえば8000/秒以下で冷却しても、低損失化効果が十分得られる。

30

【0023】

第2徐冷装置13は、第1徐冷装置12と同じ約1.5m程度の長さを有し、第1徐冷装置12と同様に炉心管を用いて温度制御する。この第2徐冷装置13は、第1徐冷装置12によって冷却された光ファイバをさらに冷却するものであるため、入線される光ファイバは第1徐冷装置12に入線される光ファイバの温度に比して低いため、炉心管の設定温度を下げることによって実現できるが、第1徐冷装置12のように発熱体を有する加熱炉である必要はない。この第2徐冷装置13の通過によって光ファイバの温度は、500～1100となるように設定される。すなわち、この第2徐冷装置13を通過する光ファイバの温度領域は、第1徐冷装置12を通過する光ファイバの温度領域に比べて温度が低く、また後述するように低損失化に必要な冷却速度の許容範囲が広いこと、発熱体を有する加熱炉を用いないようにし、これによって設備の高コスト化および設備の大型化を抑えている。

40

【0024】

たとえば、第2徐冷装置13に入力される光ファイバの温度が1000である場合、大気中でのファイバの冷却速度は5000/秒前後であり、第2徐冷装置13に要求される冷却速度と大きな差はない。

50

【 0 0 2 5 】

具体的に、第2徐冷装置13は、光ファイバの線引き方向に沿って、筒状の構造物、たとえば石英ガラスの管とその周囲に、常温付近で温度管理された温水を循環し、大気・窒素・アルゴン等のガスを導入するようにしている。なお、雰囲気ガスとして熱伝達率の大きいHeガスを使用すると急冷条件となるため、この場合、加熱体を設置し、加熱体の温度を第2徐冷装置13を通過中の光ファイバの温度に近い温度、たとえば500とする必要がある。この場合でも、第1徐冷装置12で必要とされる温度より低いため、第1冷却装置12と同じ加熱装置および制御を行う必要はなく、ボイラーからの蒸気を熱源とする加熱体などをいれればよい。

【 0 0 2 6 】

なお、第2徐冷装置13の温度は、設備面からも低温であるほうが好ましく、500以下が好ましい。第2徐冷装置13の温度は常温(25)付近でもよく、例えば温度制御が可能であれば、大気開放であってもよい。

【 0 0 2 7 】

ファイバ冷却装置14は、第2徐冷装置13から出力された光ファイバを常温まで冷却する。被覆塗布装置15は、ファイバ冷却装置14によって常温まで冷却された光ファイバに被覆となる樹脂を塗布し、被覆固化装置16は、この塗布された樹脂を固化する。たとえば、塗布された樹脂が紫外線硬化樹脂である場合、被覆固化装置16は紫外線照射装置であり、この紫外線によって樹脂を硬化させる。巻取装置17は、被覆固化装置16から出力された光ファイバを引き取り、図示しないボビンに巻き取る。この巻き取りの回転速度によって線引きの速度が決定され、線引きの速度は、1000m/分以上としている。

【 0 0 2 8 】

この光ファイバ製造装置によって製造される光ファイバは、図2に示した屈折率プロファイルをもつ光ファイバ母材10を線引きして得られたものであり、最終的に得られる光ファイバも同じ屈折率プロファイルを有する。この光ファイバは、コア21とクラッド22とを有し、コア21には少なくともGeがドーパされ、クラッド22は実質的にSiO₂からなる単純なものである。ここで、クラッド22が実質的にSiO₂からなるとは、たとえばFなどの屈折率を調整するようなドーパントが添加されていないことを意味する。コア21のクラッド22に対する比屈折率差は0.3~0.5%であり、これは0.3%より小さいと曲げ損失の増加となり、0.5%より大きいとレーリー散乱損失の増加によって短波長側での損失が大きくなるからである。

【 0 0 2 9 】

また、製造された光ファイバの波長1310nmにおけるモードフィールド径は、8μm以上としている。モードフィールド径が8μmよりも小さいと光ファイバ接続時における軸ずれによって接続損失が大きくなり易いからである。また、この光ファイバのケーブルカットオフ波長ccは、1270nm以下である。このケーブルカットオフ波長ccは、22m法によるもので、ケーブル使用状態でのカットオフ波長を規定するものである。これによって、この光ファイバは、1270nmよりも長い波長域でシングルモードファイバとして使用可能である。また、この光ファイバは、波長1383における伝送損失が、0.35dB/km以下であって、これより大きいと1300nm伝送損失よりも大きくなり、1300~1600nmの広い波長域での使用に影響を及ぼすことになる。

【 0 0 3 0 】

ここで、光ファイバの伝送損失は、

$$= A / \lambda^4 + B$$

によって表される。この式の第1項である A / λ^4 は、レーリー散乱損失であり、光ファイバ中のガラスの組成や密度ゆらぎによって生じるものである。この第1項には、 $1 / \lambda^4$ が含まれ、主に短波長側伝送損失への影響が大きいことがわかる。第2項であるBは、構造不完全損失とよばれ、全波長域で伝送損失に影響を与える。このA値およびB値の算出は、通常、カットバック法による波長-損失値から算出することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

この計算に用いる波長領域は、 $1.38 \mu\text{m}$ の吸収損失の影響を受けず、またカットオフ波長によるピークのない部分が望ましい。ケーブルカットオフが 1270 nm 以下でモードフィルタとして 60×1 ターンの曲げを入れた十分な長さをもつ光ファイバの場合、カットオフのピークは 1200 nm 以下の領域に現れる。この点を考慮して、ここではA値およびB値の算出の一例として、波長領域 $1230 \sim 1320 \text{ nm}$ の間の波長 - 損失値を最小二乗法で近似して、傾きおよび切片からそれぞれA値およびB値を算出する。

【 0 0 3 2 】

上述した光ファイバ製造装置1によって製造された光ファイバは、A値が 0.905 以下で、B値が 0.015 以下である。これは、通常使用される波長 1310 nm 損失値で

10

【 0 0 3 3 】

ここで、光ファイバの低損失化を実現するための第1徐冷装置12および第2徐冷装置13の条件について説明する。上述したように第2冷却装置13の長手方向の長さを、第1徐冷装置12の長手方向の長さとはほぼ同じにし、約 1.5 m という条件とした。また、上述した第1徐冷装置12の加熱体はカンタルヒーターを使用し、加熱体の温度は $400 \sim 1200$ としている。さらに、第2徐冷装置の保温体として 25 の温水を循環している。第1徐冷装置12および第2徐冷装置13は、ともに石英ガラス製の炉心管を有し、それぞれアルゴンガスを 35 リットル/分供給している。また、線引速度は 1200 m

20

【 0 0 3 4 】

図3は、第1徐冷装置12の温度(第1徐冷装置温度)を 800 とした場合における波長 $1300 \sim 1600 \text{ nm}$ の伝送損失変化を示す図である。また、図4は、第2徐冷装置13の温度(第2徐冷装置温度)を 25 とした場合における上述した伝送損失のA値およびB値の第1徐冷装置温度依存性を示す図である。

【 0 0 3 5 】

図3に示すように、得られた光ファイバの波長 1383 nm での伝送損失は、 0.283 dB/km である。また、光ファイバのクラッド22に対するコア21の比屈折率差 Δn は 0.35% であり、 1310 nm におけるMFDは $9.3 \mu\text{m}$ 、ケーブルカットオフ波長 λ_{cc} は 1180 nm であり、これらの値は第1徐冷装置温度を変化させてもほとんど変化しなかった。なお、比屈折率差 Δn は、

30

$$\Delta n = \{ (n_1^2 - n_c^2) / 2n_1^2 \} \cdot 100$$

で示され、 n_1 はコア21の屈折率、 n_c はクラッド22の屈折率である。また、ケーブルカットオフ波長 λ_{cc} とは、ITU-T(国際電気通信連合)G.650で定義するケーブルカットオフ波長 λ_{cc} をいう。その他、本明細書で特に定義しない用語についてはITU-T G.650における定義及び測定方法に従うものとする。

【 0 0 3 6 】

一方、図4に示すように、第1徐冷装置温度 800 および 1000 のとき、伝送損失のA値が 0.905 以下であり、B値が 0.015 以下となり、第1徐冷装置温度を $700 \sim 1100$ 程度とすることによって伝送損失を低下させることができる。なお、このときの第1徐冷装置12入口のファイバ温度は 1450 、出口は $1050 \sim 1120$ 、第2徐冷装置13入口のファイバ温度は $980 \sim 1080$ 、第2徐冷装置13出口のファイバ温度は $540 \sim 620$ であった。このことから、第1徐冷装置温度は、 $700 \sim 1100$ とすることが好ましく、 700 未満として強制冷却することは低損失化には好ましくない。

40

【 0 0 3 7 】

図5は、第1徐冷装置温度を 1000 とし、第2徐冷装置温度を 25 、 300 、 500 、 800 とした場合におけるファイバ温度に対するファイバの冷却速度の関係を示した図である。図5において、ファイバ温度が高い側から、最初に下に凸の形状を示

50

すのは第1徐冷装置12によって冷却される期間であり、さらにファイバ温度が低くなった次の下に凸の形状を示すのが第2徐冷装置13によって冷却される期間である。その間において上に凸になっているのは、第1徐冷装置12から第3徐冷装置13に侵入する際、大気に晒されて急激に冷却されていることを示している。すなわち、第1徐冷装置12と第2徐冷装置13とが物理的に離れている。図5に示すように、第2徐冷装置温度を低くするに従って冷却速度は大きくなり、第2徐冷装置13を出たファイバ温度も高くなっている。ここで、第2徐冷装置温度が500以下の場合、光ファイバ温度が850～1200における冷却速度が8000/秒以下であり、光ファイバ温度が1200～1400における冷却速度が4000/秒以下となっている。

【0038】

ここで、図6は、第1徐冷装置温度を1000に設定した場合におけるA値およびB値の第2徐冷装置温度依存性を示し、図7は、図6におけるファイバ冷却装置14に入るときのファイバ温度依存性を示している。図6および図7において、B値は、第2徐冷装置温度が800と1000のときに大きな値となっており、このときにおけるファイバ冷却装置14に入るファイバ温度は、それぞれ約900および970である。したがって、B値の改善効果をもたせるためには、第2徐冷装置温度を約700以下、すなわちファイバ冷却装置14に入るファイバ温度を約850以下とすることが好ましい。

【0039】

第2徐冷装置温度が700を越えると、図5に示したように、第2徐冷装置13による冷却速度を4000/秒以下に抑えて徐冷しているにもかかわらず、ファイバ冷却装置14に入るときの光ファイバの温度が850を越え、このときの冷却速度が12000/秒となり、これによってB値が悪化するものと考えられる。このファイバ冷却装置14に入るときのファイバ温度を低下させるためには、第2徐冷装置温度を700以下にすることが必要である。このことは、光ファイバ温度が850～1200のときに冷却速度を約8000/秒以下に抑えることでもある。

【0040】

なお、図5において第2徐冷装置温度が800のときは、ファイバ冷却装置14に入るファイバ温度が850を越え、冷却速度が12000/秒となってしまう、これによってB値が大きくなってしまったが、第2徐冷装置13の長手方向の長さを増すことができれば、ファイバ温度も低下し、ファイバ冷却装置14に入るファイバ温度も低くなり、冷却速度も8000/秒以下を満足させることができる。すなわち、図5は、上述したように同一の長さをもつ第2徐冷装置13を前提としたものであり、長さが約1.5mのときで、線引速度が1200m/分のときに適合される。

【0041】

これまでの線引方法は、通常のガラス製造でも行われている徐冷の技術の延長線上にあるもので、その本質はガラス転移点以上の温度領域を徐冷することでガラスの密度揺らぎを低減して仮想温度(ガラス内の原子配列が確定する温度)を下げることであり、上述したA値はこの仮想温度と比例関係にあることが知られている。一般的に光ファイバガラスのガラス転移点は1200前後といわれており、この温度に至るまでの高温の光ファイバを徐冷する、すなわち光ファイバの温度が1200～1400における冷却速度を4000/秒以下とすることにより、A値の改善が可能である。この実施の形態では、この温度領域よりも下の温度領域にB値の改善に効果がある温度領域があることを見だし、またその温度領域での冷却速度についても知見を得た。つまり、光ファイバ温度が1200～1400における冷却速度を4000/秒以下とすることに加えて、光ファイバ温度が850～1200における冷却速度を8000/秒以下とする必要があることを見出した。これは、光ファイバ温度が850～1400における冷却速度を8000/秒以下とすることにより、コア/クラッド界面でのひずみの残留を低減することができる、B値を改善できるためであると考えられる。光ファイバ温度が850～1200における冷却速度を遅くしても(たとえば4000/秒以下に)、ファイバ自体の温度が低下しているため、A値の改善への寄与は小さい。逆に遅くしすぎると設備

10

20

30

40

50

的な制約から十分温度が低下してから(850 以下になってから)光ファイバをファイバ冷却装置14に入れることが困難となる。

【0042】

この実施の形態では、線引速度を1000m/分以上とし、第1徐冷装置12および第2徐冷装置13がそれぞれ約1.5m程度のとき、第1徐冷装置温度を700~1100とし、第2徐冷装置温度を700以下とすることによって、低損失化された光ファイバを得ることができる。

【0043】

なお、上述した実施の形態では、第2徐冷装置13が、温水を循環させていたが、これに限らず、第2冷却装置13が大気開放して室温(25)を保つようにしてもよい。図8は、第2徐冷装置13を大気開放とした場合におけるA値およびB値の第1徐冷装置温度依存性を示しており、第1徐冷装置温度が1000におけるB値が0.001増えるものの、図4に示した結果と同じ結果を得ることができる。

10

【0044】

なお、この場合における第1徐冷装置12の出口温度は1080~1150、ファイバ冷却装置14の入口温度は520~600であった。また、得られた光ファイバのクラッドに対するコアの比屈折率差 Δn は0.35%であり、1310nmにおけるMFDは9.3 μ m、ケーブルカットオフ波長 λ_c は1170nm、1383nmにおける伝送損失は0.283dB/kmであり、これらの値は第1徐冷装置温度を400~1200の間で変化させてもほとんど変化しなかった。

20

【0045】

なお、比較例として、図9は、第2徐冷装置13の炉心管内にHeガスを供給した場合におけるA値およびB値の第1徐冷装置温度依存性を示し、その他はこの実施の形態と同じ構成とした場合における結果を示したものである。A値は改善されるものの、B値の改善効果が少ない。このとき、光ファイバの冷却速度は光ファイバ温度が1000のとき、14000/秒であった。また、得られた光ファイバのクラッドに対するコアの比屈折率差 Δn は0.36%であり、1310nmにおけるMFDは9.2 μ m、ケーブルカットオフ波長 λ_c は1160nm、1383nmにおける伝送損失は0.283dB/kmであり、これらの値は第1徐冷装置温度を400~1200の間で変化させてもほとんど変化しなかった。

30

【0046】

また、上述した実施の形態では、第1徐冷装置12と第2徐冷装置13とを物理的に離れた構成としたが、これに限らず、第1徐冷装置12と第2徐冷装置13とを連続した構成としてもよい。ただし、この場合も、光ファイバ温度が850~1200において光ファイバの冷却速度が8000/秒以下であり、さらに1200~1400における冷却速度が4000/秒以下であればよい。

【0047】

なお、第2徐冷装置13の温度を上げて、光ファイバの冷却速度を遅くしても、第1徐冷装置12に比べて光ファイバ自体の温度が低下しているため、A値の改善への寄与は小さい。逆に、第2徐冷装置13の温度が高すぎると第2徐冷装置13の通過後の光ファイバ温度が高くなり、B値の改善に効果のある温度領域がファイバ冷却装置14内に入るため、B値が悪化することになる。

40

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】この発明の実施の形態にかかる光ファイバ製造装置の概要構成を示す図である。

【図2】光ファイバ母材の屈折率プロファイルを示す図である。

【図3】図1に示した光ファイバ製造装置によって製造された光ファイバの波長1300~1600nmの伝送損失を示す図である。

【図4】アルゴンガスをを用いて第2徐冷装置温度を25とした場合におけるA値およびB値の第1徐冷装置温度依存性を示す図である。

50

【図5】第1徐冷装置温度を1000とした場合であって第2冷却温度装置を変化させた場合における光ファイバの冷却速度のファイバ温度依存性を示す図である。

【図6】第1冷却装置温度を1000とした場合におけるA値およびB値の第2冷却温度依存性を示す図である。

【図7】第1冷却装置温度を1000とした場合におけるA値およびB値のファイバ冷却装置入口のファイバ温度依存性を示す図である。

【図8】第2冷却装置を大気開放した場合におけるA値およびB値の第1徐冷装置温度依存性を示す図である。

【図9】Heガスをを用いて第2徐冷装置温度を25とした場合におけるA値およびB値の第1徐冷装置温度依存性を示す図である。

10

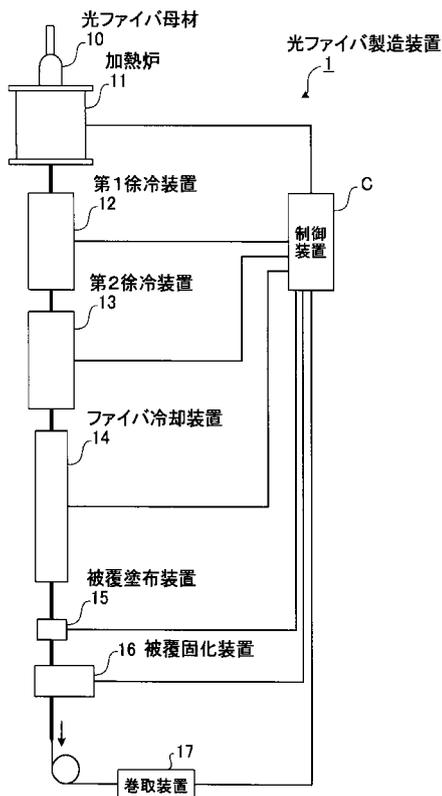
【符号の説明】

【0049】

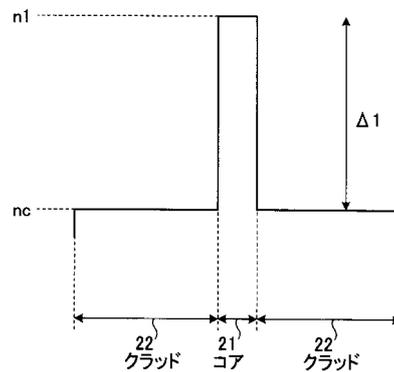
- 1 光ファイバ製造装置
- 10 光ファイバ母材
- 11 加熱炉
- 12 第1徐冷装置
- 13 第2徐冷装置
- 14 ファイバ冷却装置
- 15 被覆塗布装置
- 16 被覆固化装置
- 17 巻取装置
- C 制御装置

20

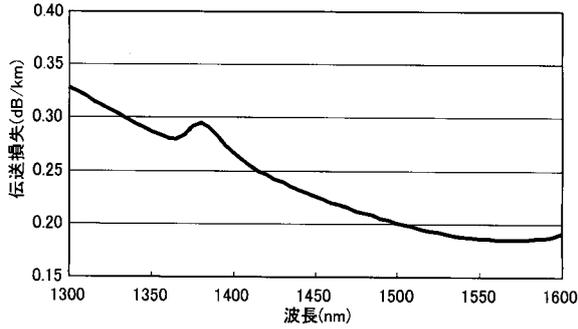
【図1】



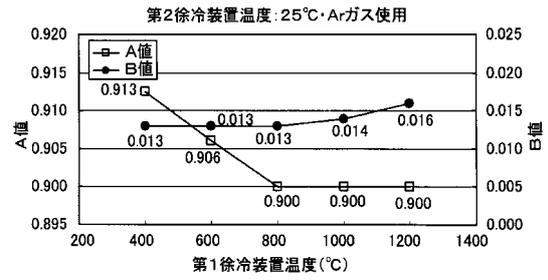
【図2】



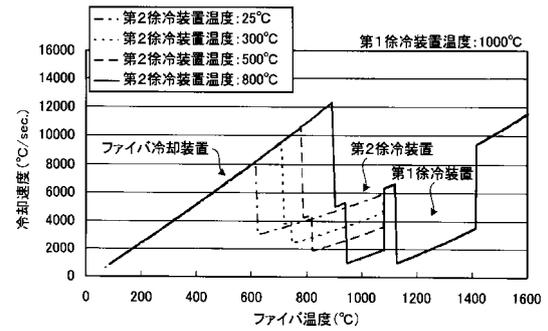
【 図 3 】



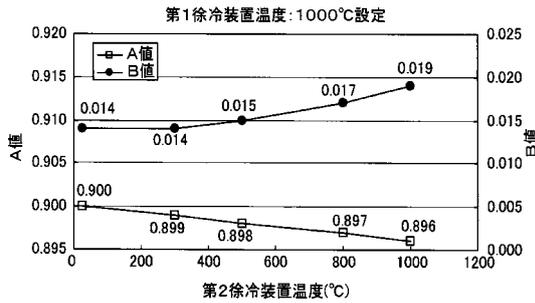
【 図 4 】



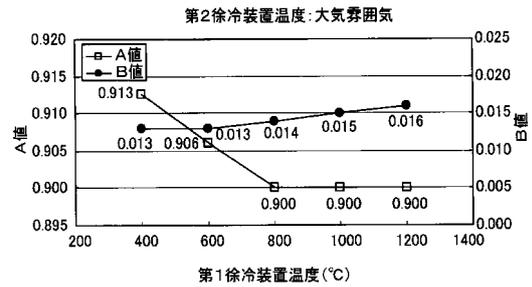
【 図 5 】



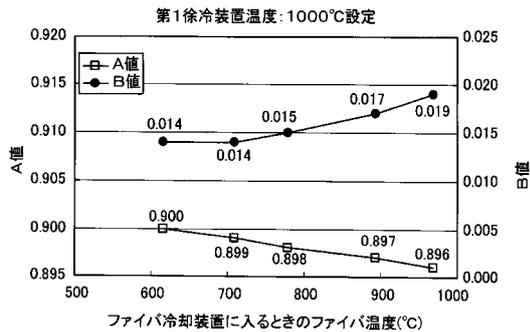
【 図 6 】



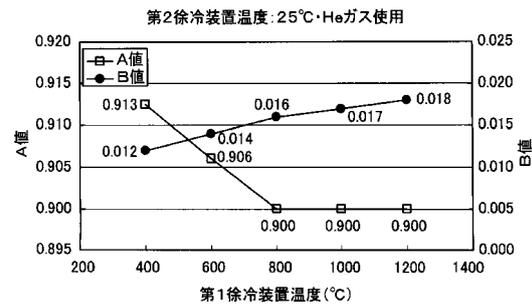
【 図 8 】



【 図 7 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2004/007383(WO, A1)
特開2004-102092(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C03B 37/00 - 37/16