

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4229442号  
(P4229442)

(45) 発行日 平成21年2月25日(2009.2.25)

(24) 登録日 平成20年12月12日(2008.12.12)

(51) Int.Cl.

F 1

**C03B 8/04 (2006.01)**  
**C03B 37/018 (2006.01)**  
**C03B 37/014 (2006.01)**

C03B	8/04	A
C03B	8/04	C
C03B	8/04	G
C03B	37/018	A
C03B	37/018	C

請求項の数 7 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-540095 (P2003-540095)  
 (86) (22) 出願日 平成14年10月9日 (2002.10.9)  
 (65) 公表番号 特表2005-507358 (P2005-507358A)  
 (43) 公表日 平成17年3月17日 (2005.3.17)  
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2002/011278  
 (87) 國際公開番号 WO2003/037808  
 (87) 國際公開日 平成15年5月8日 (2003.5.8)  
 審査請求日 平成17年3月28日 (2005.3.28)  
 (31) 優先権主張番号 101 52 328.9  
 (32) 優先日 平成13年10月26日 (2001.10.26)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 502024579  
 ヘライオステネフォーアーゲー  
 ドイツ連邦共和国ハナオ 63450クヴァ  
 ルシュトラーセ8  
 (74) 代理人 100094248  
 弁理士 楠本 高義  
 (74) 代理人 100124718  
 弁理士 増田 建  
 (72) 発明者 オリバー ハンバッハ  
 ドイツ連邦共和国 エヴェルスヴィンケル  
 48351 アントン ホルツ シュトラ  
 ーセ1

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】石英ガラスから成る管を製造する方法、多孔質石英ガラスから成る管状中間製品、及びその使用

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

シリコン含有出発成分を火炎加水分解することによって石英ガラス管を製造する方法であつて、該出発成分が、SiO<sub>2</sub>含有粒子が製造されるデポジション・バーナーに供給される工程と、該粒子が長軸を中心に回転するキャリア上に堆積されて、所定の径方向ストート密度プロファイルを持つ多孔質ストート壁を有するストート管を形成する工程と、該ストート管が塩素含有雰囲気中で処理される工程と、該処理されたストート管がガラス化される工程を含む方法であつて、内側領域(1)に隣接する移行領域(2)が該ストート壁の厚みの少なくとも75%を超える範囲に及ぶという条件で、該ストート壁の内側領域(1)において、密度(4)が石英ガラスの密度の少なくとも25%に増加するように調整され、該ストート壁の外側領域(3)において、密度が減少するように調整され、その結果、該内側領域(1)において増加した密度(4)と該外側領域(3)において減少した密度との差が、4%~12%の間の範囲であり、該移行領域(2)において、密度が外側領域(3)に向かって減少するように調整されるということを特徴とする、方法。  
10

## 【請求項 2】

前記内側領域(1)において、密度が、石英ガラスの密度の25%~35%、好ましくは、28%~32%の間に調整され、前記外側領域(3)において、密度が、石英ガラスの密度の20%~27%、好ましくは20%~24%に調整されるということを特徴とする、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記ストーク管は、内側に進行する溶融面の形成中に外側から加熱されることによってガラス化されるということを特徴とする、請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】

連続して減少する密度が、前記移行領域(2)において調整されるということを特徴とする、請求項1から3のいずれかに記載の方法。

【請求項5】

ほぼ直線的に減少する密度が、前記移行領域(2)において調整されるということを特徴とする、請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記移行領域(2)において内側から外側に減少する密度は、前記形成途中のストーク管の表面温度を低下させることによって得られることを特徴とする、請求項1から5のいずれかに記載の方法。 10

【請求項7】

前記内側領域は、前記ストーク管の内壁(5)からの距離が30mm以下であり、好ましくは20mm以下であることを特徴とする、請求項1から6のいずれかに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シリコン含有出発成分を火炎加水分解することによって石英ガラス管を製造する方法であって、該出発成分が、 $\text{SiO}_2$ 含有粒子を製造するデポジション・バー  
ーに供給されるという工程と、該粒子が、長軸を中心に回転するキャリア上に堆積されて、所定の径方向密度プロファイルを持つ多孔質 $\text{SiO}_2$ のストーク壁を有するストーク管を形成する工程と、該ストーク管が、塩素含有雰囲気中で処理される工程と、該処理されたストーク管がガラス化される工程とを含む、方法に関する。 20

【0002】

更に、本発明は、所定の径方向密度プロファイルを持つ多孔質 $\text{SiO}_2$ ストーク壁を有する石英ガラスから成る管状中間製品、及びこのような管の使用方法に関する。

【背景技術】

【0003】

石英ガラス管は、光ファイバのためのプリフォームの出発原料として使用される。プリフォームは、一般的に、低屈折率を有する材料から成るジャケットで覆われたコアを有する。プリフォームのコアを合成石英ガラスから製造する方法には、VAD(気相軸付け)法、OVD(外付け気相成長)法、MCVD(内付け気相成長)法、及び、PCVD(プラズマ気相成長)法と呼ばれる方法がある。これら全ての方法において、コア・ガラスは、 $\text{SiO}_2$ 粒子をサブストレート上に堆積し、ガラス化して製造される。VAD法及びOVD法においては、コア・ガラスは、外側からサブストレート上に堆積され、MCVD法及びPCVD法においては、コア・ガラスはいわゆるサブストレート管の内壁上に堆積される。サブストレート管は、コア材料を純粋に支持する機能を有し得るが、それ自体、導光コアの一部としても形成され得る。纖維設計に応じて、サブストレート管は、ドープ石英ガラス又は非ドープ石英ガラスにより構成される。更に、プリフォームの製造としては、コア・ガラスでできたロッドをクラッド・ガラス管に挿入して、クラッド・ガラスと一緒に溶融させるという、いわゆるロッド・イン・チューブ法が知られている。プリフォームを延伸すると、光ファイバが得られる。 30 40

【0004】

各プロセスにもよるが、クラッド・ガラスは、別 の方法(OVD法、プラズマ法、ロッド・イン・チューブ法)で製造されたり、あるいは、いわゆるVAD法では一般的であるよう に、クラッド・ガラス及びコア・ガラスが同時に製造される。コア・ガラスとクラッド・ガラスの屈折率の差は、適切なドーパントを混合することにより設定される。多くのドーパント、特に、ゲルマニウム、燐、又はチタンが、石英ガラスの屈折率を増加させるのに適切であり、一方、フッ素及びホウ素は、石英ガラスの屈折率を減少させるとい 50

とが知られている。

#### 【0005】

また、石英ガラスの屈折率は、塩素によってもわずかに増加される。この塩素の影響は、特に、 $\text{SiCl}_4$ などの塩素含有出発原料から石英ガラスを製造する際や、塩素含有雰囲気中で多孔質の「ストート体」を処理する際に、注意しなければならない。例えば、欧州特許公開公報No. 604 787では、いわゆる「ストート法」によるドープ石英ガラス管の製造が記載されている。ストート法では、 $\text{SiCl}_4$ や $\text{GeCl}_4$ という出発成分をデポジション・バーナーで火炎加水分解することによって粒子が製造され、製造された粒子は長軸を中心に回転するキャリア・ロッド上に層を成して堆積する。この時、デポジション・バーナーはキャリア・ロッドに沿って振動しながら往復運動する。このプロセスにおいて、 $\text{GeO}_2$ でドープ処理された多孔質ストート壁は、 $\text{SiO}_2$ の粒子から形成される。次に、ドープ処理されていない $\text{SiO}_2$ のクラッド・ガラス層がその上に堆積される。キャリア・ロッドを除去後、このようにして製造された管状のストート体は、通常、塩素含有雰囲気中で加熱することによって、精製・脱水される。プリフォームを完成するために、更なるクラッド・ガラスで囲まれたいわゆるコア・ロッドは、脱水されたストート体をガラス化（焼結）することによって得られる。光ファイバは、プリフォームから線引きされて作られる。10

#### 【0006】

塩素含有雰囲気中で脱水中、塩素がストート体に入り込み、 $\text{GeO}_2$ 含有ストート体の場合には $\text{GeO}_2$ が浸出し得る。20

#### 【0007】

多孔質ストート壁の脱水中におけるこれらの塩素の影響により、通常、径方向の屈折率曲線が、プリフォームの所望のプロファイルから逸脱してしまう。ストート壁全体で一定の屈折率曲線を有する所望のプロファイル（以後、「均一な径方向の屈折率曲線」とも呼ぶ）の場合、内側から外側に径方向に減少する屈折率は、多くの場合、脱水後に得られる。このことにより、通常、光ファイバの導光性、例えば、いわゆる遮断波長に、好ましくない変化が生じてしまう。更に、MCVD法及びPCVD法によるサブストレート管の内側堆積中の堆積速度が、塩素の分散によって影響を受け、不規則な堆積速度の原因となり得る。30

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0008】

したがって、本発明の目的は、ストート堆積プロセス、塩素含有雰囲気中での脱水処理、及びガラス化プロセスを含む、石英ガラスを製造する一般的な方法を、所望の径方向の屈折率分布が得られるように改良することにある。

#### 【0009】

更に、本発明の目的は、塩素含有雰囲気中で加熱することによる脱水処理後、管状の壁全体の屈折率が所望の曲線に調整される場合に、多孔質石英ガラスでできた管状中間製品を提供することにある。

#### 【0010】

本発明の更なる目的は、本発明により製造した管状中間製品の適切な使用方法を示すことがある。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0011】

上記の方法から派生する方法に関しては、内側領域に隣接する移行領域がストート壁の厚みの少なくとも75%を越える範囲に及ぶという条件で、ストート壁の内側領域で密度が石英ガラスの密度の少なくとも25%にまで増加し、ストート壁の外側領域で密度が減少し、移行領域で密度が外側領域に向かって減少するように密度が調整されるので、前記の目的が本発明によって実現される。

#### 【0012】

50

20

30

40

50

ストーント管の脱水処理中、ストーント壁内において、塩素が径方向に不均一に混入したり、又は、塩素が少なくとも径方向に不均一に影響することがあり得、そのことが、ガラス化された管における不均一な屈折率分布の一因となる。驚いたことに、このような径方向に不均一な塩素の影響は、ガラス化後に径方向に均一な屈折率分布を有する石英ガラス管が得られるようにストーント体の特定の径方向の密度プロファイルを調整することによって、補償又は解消され得ることが判明している。

#### 【0013】

ここで要求される特定の径方向の密度プロファイルは、移行部における密度が、少なくとも25%に増した値（内側領域において）から、外側に向かって、ストーント壁の外側領域に至るまで減少するということを特徴とする。理想的には、移行領域は、ストーント壁全体に及ぶ。この場合、内側領域はストーント管の内壁と一致し、外側領域はストーント管の外側自由表面で終了する。内側と外側領域の間の移行領域がストーント壁の厚みの少なくとも70%を占めるという条件で、内側領域が外側に向かってシフトしても、又は外側領域が内側に向かってシフトしても、程度は落ちるが、所望の技術的成果は得られる。ストーント管の外側自由表面と移行領域の間に、約28%より高い密度の領域がある場合には、所望の結果は得られない。

#### 【0014】

ストーント壁の内側の相対密度に関するデータは、 $2.21\text{ g/cm}^3$ の密度の石英ガラスに基づいている。密度を計測するために、ストーント壁からサンプルを取り、X線を使った方法で計測する。

#### 【0015】

キャリアは、グラファイト、アルミニウム酸化物等のセラミック材料、アンドープ石英ガラス、ドープ石英ガラス、或いは、ドープ又はアンドープの多孔質 $\text{SiO}_2$ ストーントから成るロッド状体又は管状体である。また、ドープ石英ガラス又はドープ $\text{SiO}_2$ ストーントから成るキャリアも、径方向に不均一なドーパント分布を有し得、特に、径方向に不均一な屈折率プロファイルを持ついわゆる「コア・ロッド」という、光ファイバの中間製品として、設計され得る。

#### 【0016】

したがって、本発明の方法は、ストーント壁全体又は少なくともストーント壁の大部分（>70%）を占める密度プロファイルを介して屈折率曲線を均一にすることを目的とし、実質的には、内側から外側に減少する密度によって特徴付けられる。

#### 【0017】

好ましくは、内側領域の密度増加と外側領域の密度減少との差は、石英ガラスの密度の1%～15%の範囲内で、好ましくは、4%から12%の範囲内に設定される。ガラス化された石英ガラス管における均一な屈折率分布の調整のためには、内側領域と外側領域の密度差は明確であるが、移行領域の密度勾配は明確ではないということが判明している。同様の密度差（量差）が、移行領域での密度勾配が小さい厚肉のストーント管や、移行領域での密度勾配が大きい薄肉ストーント管において得られる。

#### 【0018】

上記の内側領域と外側領域の密度差を考慮して、内側領域の密度が25%から35%、好ましくは28%～32%に調整され、外側領域の密度が20%～27%、好ましくは、20%～24%に調整されると（密度の各データは、石英ガラスの密度を基準とする）、アドバンテージのあることが判明した。

#### 【0019】

このような径方向の密度プロファイルにより、ストーント壁の壁厚全体に、塩素をより均一に分布、又は、塩素をより均一に作用させることができ、その結果、塩素含有雰囲気中の先の脱水処理による、ガラス化されたストーント管の径方向の屈折率プロファイルへの影響が、少なくなる。

#### 【0020】

本発明の方法において、外側から加熱され、内側に進行する溶融面を形成することによ

10

20

30

40

50

って、ストート管はガラス化されるのが好ましい。このプロセスにおいて、溶融面は、ストート密度が減少する領域からストート密度が増加する領域へと進行する。前述の方法の有利な効果は、外側から内側に移動する溶融面によって均一化される塩素濃度プロファイルが、前述のストート管の壁厚全体への脱水処理によって設定されたという事実によって説明され得る。

#### 【0021】

有利なことに、連続的に減少する密度は、移行領域で調整される。移行領域内で密度が内側から外側へ一定割合で減少するので、一部の工程や付随する塩素の影響による変化が回避され、その結果、ガラス化されたストート管の均一な屈折率プロファイルの調整が容易にされる。このことは、ほぼ直線的に減少する密度が移行領域で調整される際に立証される。10 移行領域の密度の減少は、肉眼で見える減少であり、約10mmの長さにわたって平均化されている。一定割合の密度減少からのわずかなズレや微小な範囲での密度のばらつきは、本発明の方法の成功を阻害するものではない。

#### 【0022】

移行領域において内側から外側へ減少する密度は、堆積中に、成長するストート管の表面温度を徐々に下げるによって得られるのが好ましい。密度の増加は、堆積中に表面温度が上昇するように便宜上設定される。後の焼き締めのための追加の工程は、ここでは必要ない。表面温度を上げるために多くの適切な方法がある。ここでは、例として、下記の方法を参照する。デポジション・バーナーの火炎温度を高く設定すること、デポジション・バーナーとストート管表面との距離を変えること、デポジション・バーナーとストート管との間の相対運動のスピードを減速すること。表面温度は、逆の方法によって低下させることができる。20

#### 【0023】

理想的には、内側領域は、ストート管の内壁の真上から始まる。しかし、特に、ストート壁の第1の層は、特定の条件（安定性、弾性等）に基づいて設計されることが多く、前記の条件に合った低い密度を有し得る。このような場合、内側領域は、ストート密度の最大値によって特徴付けられ、内側から外側に減少する密度の領域（移行領域）は、内壁から少し距離が離れて始まり、その距離は、30mm以下で効果があり、好ましくは20mm以下である。

#### 【0024】

管状中間製品に関しては、上記の目的が本発明により達成される。本発明においては、内側領域に隣接する移行領域がストート壁の厚みの少なくとも75%以上の範囲に及ぶという条件で、内側領域のストート壁の密度が、石英ガラスの密度の少なくとも25%に増加し、外側領域の密度は減少し、移行領域の密度は外側領域に向かって減少する。30

#### 【発明の効果】

#### 【0025】

また、このような多孔質石英ガラスでできた管状中間製品は、下記では、「ストート管」と呼ぶ。石英ガラス管は、ストート管をガラス化（焼結）することによって製造される。本発明のストート管は、ストート壁全体の上記の径方向密度曲線によって特徴付けられる。この密度曲線は、塩素含有雰囲気中の先の脱水処理後のガラス化により、管壁全体に均一な屈折率曲線を有する石英ガラス管を得るのに役立つ。40

#### 【0026】

この効果についての考え方の解釈は、記載された不均一な密度曲線が、脱水処理中の局所的に異なる塩素の作用を防止又は補償するのに役立つということである。

#### 【0027】

移行領域内の密度が、内側から外側に減少するということが極めて重要である。理想的には、移行領域は、ストート壁全体に及び、この場合、内側領域は、ストート管の内側自由表面で終わり、外側領域はストート管の外側自由表面で終わる。また、程度は下がるが、内側領域だけが管状ストート壁の内壁から離れて始まる場合、及び／又は、外側領域が外側のジャケットから離れて始まる場合にも、所望の技術的効果が得られる。しかし、中間の移行50

領域が、ストート壁の厚みの少なくとも 75 %を占めるのが好ましい。約 28 %を越える高い密度の領域が、ストート管の外側自由表面と移行領域との間に存在する場合、所望の結果は得られない。

#### 【0028】

石英ガラス管を製造するために、従来のストート管を使用すると、径方向の屈折率分布が、先の脱水処理による塩素の作用によって阻害される。これに対して、本発明のストート管は、塩素含有雰囲気中で加熱することによって脱水処理にかけられるが、ガラス化された石英ガラス管の壁全体で均一な屈折率曲線が容易に調整されるということを特徴とする。塩素の影響は、上記で説明された移行領域において所定の密度曲線を有する中間構成によって解消又は補償されるので、所定の屈折率プロファイルでかつ同時に低い水酸基含有量を有する石英ガラス管を、本発明のストート管を用いて提供することができる。10

#### 【0029】

ストート管の有利な実施態様は、従属請求項に記載される。また、移行領域の径方向の拡張および内側領域と外側領域との間の密度曲線にも関連して、本発明の方法に関する詳細な説明について言及する。

#### 【0030】

キャリアを除去後、ガラス化された管状のストート管は、プリフォームのコア・ロッドにクラッドとして取り付けるためのいわゆる「ジャケット管」として使用することができる。20

#### 【0031】

しかし、ストート管は、キャリアの上でもガラス化され得る。ドープ石英ガラス又はアンドープ石英ガラスの場合、特に、コア・ロッド形状のキャリアの場合は、光ファイバのためのプリフォーム又はこのようなプリフォームの一部を製造することができる。20

#### 【0032】

しかし、均一な径方向の屈折率曲線により、本発明のストート管は、中間製品がガラス化され、サブストレート管の形成中に延伸されて、コア材料が M C V D 法又は P C V D 法によってサブストレート管の内壁上に堆積されるので、特に、光ファイバのプリフォームを製造するのに使用することができる。

#### 【0033】

ガラス化されて延伸された後、サブストレート管は、管壁全体に所定の均一な屈折率分布を有する。したがって、このようにして製造されたサブストレート管は、所定の屈折率プロファイルが重要である場合、プリフォームを製造するのに特に適している。30

#### 【0034】

本発明のストート管を用いた更なる有利な可能性は、いわゆるコア・ガラス・ロッドが石英ガラス管によって提供されて、クラッドを取り付けられるので、脱水処理とガラス化の後に、光ファイバのためのプリフォームを形成するジャケット材料として前記の管を使用することにある。この場合、水酸基の含有量は低くなければならない。これは、多孔質ストート管を高温塩素処理法にかけて実現される。更に、可能な限り均一な屈折率曲線が観測されなければならない。上記のように、これは、移行領域で所定の密度曲線を中間形成し、後で脱水処理を行う、本発明のストート管において達成されるので、その結果、所定の屈折率プロファイルでかつ同時に低い水酸基含有量を有する石英ガラス管が、ストート管から得られる。40

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0035】

次に、実施形態及び図面を参照して更に詳細に本発明を説明する。詳細を示す図面は下記のとおりである。

#### 【0036】

図 1 及び図 3 はそれぞれ、脱水処理前及びガラス化の前のプロセス段階における多孔質ストート管の壁全体の径方向密度プロファイルを示す。Y 軸上に、ストート管の特定の密度が、相対単位（石英ガラスの理論密度に基づいた %）でグラフ化されている。X 軸は、スー50

ト体の壁全体の厚みに基づいて、相対単位で半径を示す。半径「0」は、ストート体の内壁に相当し、半径「100」は、その外壁に相当する。測定された各ストート管は、約50mmの内径と約320mmの外径を有する。

#### 【0037】

図2及び図4は、脱水処理後およびガラス化後のプロセス段階の石英ガラス管の径方向屈折率プロファイルを示す。アンドープの石英ガラスと比較した屈折率差「n」がY軸上に示される。X軸は、石英ガラス管全体での径方向の位置「P」をミリ単位で示す。位置「P=0」は、内孔の中心軸を示す。

#### 【0038】

##### 実施例

10

図1の径方向密度プロファイルでは、ストート密度は、最初に、内側領域1において内側から外側に増加し、その後、約33%の最大値4から始まって、移行領域2で内側から外側に徐々に減少し、外側のジャケット3の領域で24%の値に達する。したがって、移行領域2内では、ストート密度は全体で9%減少する。移行領域2は、ストート管の壁厚の約90%を構成する。移行領域は、内側領域1に隣接し、内壁5から約15mm離れた、ストート密度の最大値4から始まって、外側に向かって外側ジャケット3までの径方向に約120mmの長さにわたって広がる。

#### 【0039】

堆積プロセス後、ストート管は、脱水処理にかけられ、その後ガラス化されて、石英ガラス管を形成する。図2は、脱水処理及びガラス化の後で、石英ガラス管で計測された屈折率プロファイルを示す。内孔21に隣接する石英ガラス管の壁22は、純粋な石英ガラスと比較して、 $n = 0.0004$ の屈折率の増加を示す。石英ガラス管の壁22全体の屈折率は、内孔21から外壁23に至るまでほぼ均一であるということは特筆すべきことである。

20

#### 【0040】

ここで、図1で示した密度プロファイルを有するストート管及び図2で示した屈折率プロファイルを有する石英ガラス管の製造について、例を示して説明する。

#### 【0041】

$\text{SiO}_2$ のストート粒子はデポジション・バーナーのバーナー炎で $\text{SiCl}_4$ を火炎加水分解することによって形成され、前記粒子は、長軸を中心に回転するキャリア・ロッドの上に層を成して堆積され、ストート体を形成する。図2で示すように、径方向の密度曲線をストート体の内側に形成するために、第1のストート層の堆積中に、比較的高い表面温度が生じ、約30%の比較的高密度のストート領域が形成される。その後、ストート密度は、上記に記載した約15mm離れた距離で、約32%の最大値4に達するまで、徐々に増加する。

30

#### 【0042】

「移行領域」2が、本発明の意義において発生するのが、この段階である。後のストート層の堆積中に、形成途中のストート体の表面温度は下がり続けるので、ストート密度が減少する。このため、増大するストート体の表面の円周速度が一定のままとなるように、キャリア・ロッドの回転速度が減速し続ける。ストート体の円周は増加するのに、バーナーの火炎温度は一定であるので、表面温度が低下する。この結果、図1で示した径方向の密度勾配をもたらす。より急勾配又はより平坦な勾配を生み出すために、水素と酸素の燃焼ガスの供給量を変えて、デポジション・バーナーの火炎温度を変化させる。

40

#### 【0043】

堆積プロセスの完了とキャリア・ロッドの除去後、図1で示した密度プロファイルを有するストート管が得られる。石英ガラス管は、下記の例によって説明された方法を用いてストート管から製造される。

#### 【0044】

上記で詳細に説明した方法の工程によって得られたストート体は、製造プロセスにより入った水酸基を除去するため、脱水処理にかけられる。このため、ストート管は、垂直方向に脱水炉に入れられ、最初に、塩素含有雰囲気中で約900℃の温度で処理される。この処

50

理は、約8時間続く。こうして、100wt.%より低い水酸基濃度になる。

#### 【0045】

脱水処理中に多孔質ストート材料に作用する塩素の影響は、内側領域1の高密度と移行領域2の密度曲線によって補償されるので、本発明のストート管を用いて、図2で示した所定の均一な屈折率プロファイルを持つ石英ガラス管を得ることができる。

#### 【0046】

図2で示した屈折率プロファイルを持つ石英ガラスを製造するため、ストート管は、縦型ガラス溶融炉において約1300の範囲の温度で焼結される。この際、ストート体は、環状加熱ゾーンに供給され、炉の中でゾーン方向に加熱される。このプロセスにおいて、溶融面は、外側から内側に進行する。その後、焼結された(ガラス化された)管は、外径46mm、内径17mmに延伸される

10

#### 【0047】

均一な屈折率分布は別として、このようにして得られた石英ガラス管は、水酸基の濃度が低く、そのため、光ファイバのためのプリフォームのコアに近い領域で使用できる。

#### 【0048】

比較するため、図3及び図4は、従来のストート管の径方向密度プロファイルと、従来のストート管から製造される石英ガラス管の屈折率プロファイルを示す。

#### 【0049】

##### 比較例

図3は、従来技術によって製造されたストート管の径方向密度プロファイルを示す。約40.5%のストート密度を有する内壁3から約15mm離れた最大値32は別として、密度は、ストート管の壁厚全体でほぼ一定であり、平均約28%である(破線33)。

20

#### 【0050】

堆積プロセスの後、上記の例に基づいて説明されたように、ストート管は同様の脱水処理にかけられ、その後、ガラス化されて延伸され、その結果、外径64mmで内径22mmの石英ガラス管となる。

#### 【0051】

屈折率プロファイルを、この石英ガラス管で計測した。その結果は、図4に示す。内孔41に隣接する石英ガラス管の壁42の内側では、内側から外側に向かって屈折率は著しく減少する。内壁41の領域で約+0.0005の最大値から始まって、屈折率は、30%より多く減少し、外壁42の領域で+0.00035より少なくなるほどにまで減少する。したがって、径方向に不均一な屈折率分布を有する石英ガラス管が、従来のストート体をガラス化して延伸することによって得られた。

30

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0052】

本発明の石英ガラス管は、MVC法によってコア材料層を内側に堆積するため、好ましくは、サブストレート管として使用される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0053】

【図1】ガラス化前の、本発明の多孔質SiO<sub>2</sub>ストート管の壁全体の径方向密度プロファイルを示す。

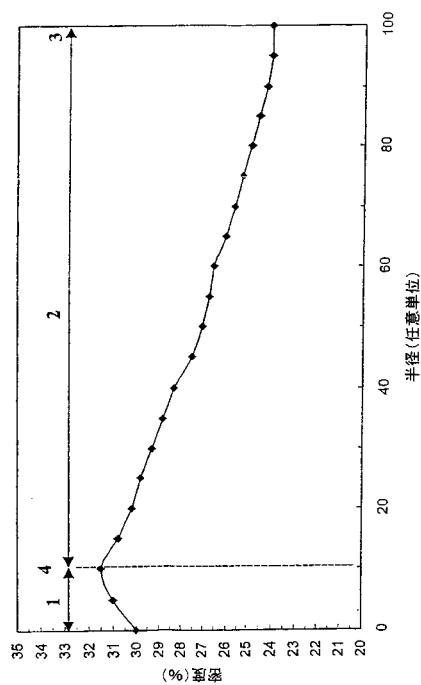
40

【図2】図1のSiO<sub>2</sub>ストート管をガラス化して延伸することによって得られた石英ガラス管で計測された屈折率プロファイルを示す。

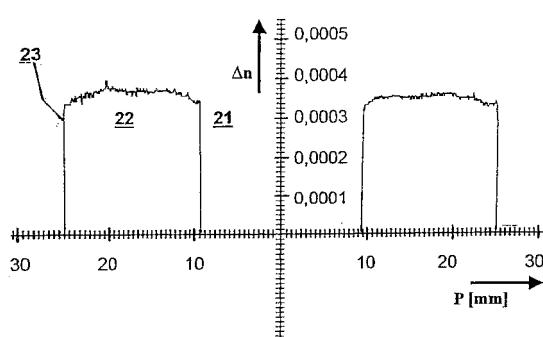
【図3】ガラス化前の、従来の多孔質SiO<sub>2</sub>ストート管の壁全体の径方向密度プロファイルを示す(比較例)。

【図4】図3のSiO<sub>2</sub>ストート管をガラス化して延伸することによって得られた石英ガラス管で計測された屈折率プロファイルを示す。

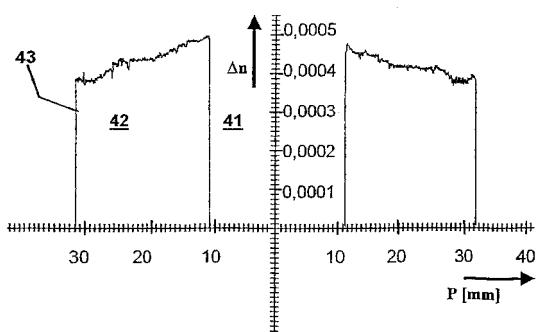
【図1】



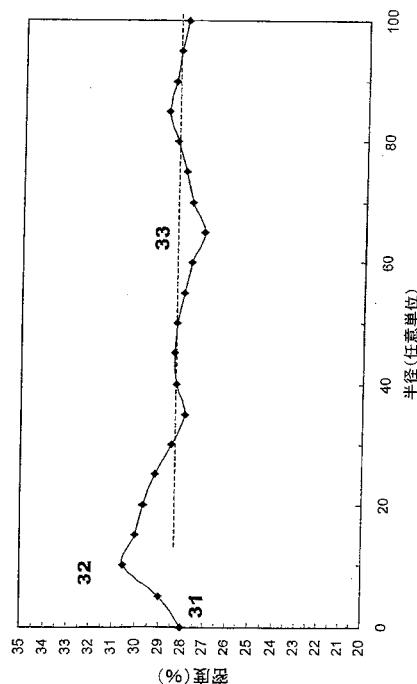
【図2】



【図4】



【図3】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

C 0 3 B 37/014

Z

(72)発明者 フランク ゲンジッケ

ドイツ連邦共和国 ヴェヒテルズバッハ 6 3 6 0 7 アン デル エツヴェイデ 4 0 a

(72)発明者 ディルク クルーバー

ドイツ連邦共和国 ザーレ ハーレ 0 6 1 2 0 ブルーメンアウヴェーク

(72)発明者 マーカス ディートリッヒ

ドイツ連邦共和国 ハンメルズバッハ 6 3 5 4 6 ウンター デン ヴァインゲルテン

(72)発明者 ラルフ ザットマン

ドイツ連邦共和国 アシャフェンブルク 6 3 7 3 9 コルネリエンシュトラーセ 4 6

審査官 柿崎 美陶

(56)参考文献 特開平 0 7 - 2 1 5 7 2 7 ( J P , A )

特開昭 6 0 - 1 8 6 4 2 9 ( J P , A )

特開昭 6 1 - 2 8 1 0 2 5 ( J P , A )

特開昭 6 2 - 2 2 3 0 3 7 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C03B 8/00-8/04, 19/12-19/14, 20/00, 37/00-37/16