

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4086320号
(P4086320)

(45) 発行日 平成20年5月14日(2008.5.14)

(24) 登録日 平成20年2月29日(2008.2.29)

(51) Int.Cl.	F I
GO2B 6/02 (2006.01)	GO2B 6/10 C
GO2B 5/18 (2006.01)	GO2B 5/18
	GO2B 6/16

請求項の数 9 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願平10-514586	(73) 特許権者	テレフオンアクチボラゲット エル・エム エリクソン
(86) (22) 出願日	平成9年9月17日(1997.9.17)		スウェーデン王国 エス・エー 1 2 6 2 5 ストックホルム (番地なし)
(65) 公表番号	特表2001-501319(P2001-501319A)	(74) 代理人	弁理士 浅村 皓
(43) 公表日	平成13年1月30日(2001.1.30)		弁理士 浅村 肇
(86) 国際出願番号	PCT/SE1997/001568	(74) 代理人	弁理士 小堀 貞文
(87) 国際公開番号	W01998/012586	(74) 代理人	弁理士 池田 幸弘
(87) 国際公開日	平成10年3月26日(1998.3.26)		
審査請求日	平成16年6月18日(2004.6.18)		
(31) 優先権主張番号	9603406-1		
(32) 優先日	平成8年9月17日(1996.9.17)		
(33) 優先権主張国	スウェーデン(SE)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学的手段

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(a) 光学的手段中に少なくとも1つの移動性物質を拡散するステップと、
 (b) 光学の書込み手段(24、26)により電磁波照射媒体を介してエネルギー(26)を送ることによって、あるいは予め設定された温度上昇によってエネルギーを供給することによって上記拡散された1種または複数種の物質と光学的手段(52)との間で少なくとも1つの化学反応を誘発するステップと、

(c) 上記光学手段(52)の温度(35、36、38)を予め設定された温度のレベルに変化させて、上記ステップ(b)において誘発された化学反応に関与しなかった上記拡散物質をその光学的手段(52)から外へあるいはその光学的手段(52)内で拡散させるステップと、

(d) その光学的手段(52)の温度を、その光学的手段に電磁波を照射することによってエネルギーの供給を変化させ、あるいは他の或るエネルギー供給手段によって、ステップ(c)において用いられた温度よりも高い予め設定されたレベル(42、44)になるように変化させて、上記ステップ(b)において誘発された化学反応に関与しなかった上記拡散物質を上記光学的手段から外へあるいは上記光学的手段内で拡散させ、それによって、変化する光学的特性を有する化学組成を得るステップと、

(e) 上記ステップ(c)及び(d)を組み合わせ、又は反復して、周期的、空間的に変化する光学的特性を生じさせるステップと、

からなることを特徴とする周期的、空間的に変化する化学組成を有する光学的手段(52)

10

20

）を生成する方法。

【請求項 2】

上記ステップ（c）が上記光学的手段を加熱して、拡散率を上昇させることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

光学的手段（52）はフッ素を含み、さらに該光学的手段に水素、窒素、酸素、あるいはこれらの組み合わせがステップ（a）における拡散によって供給され、それによってより高濃度のヒドロキシル基を得、当該ヒドロキシル基はステップ（d）においてフッ素と反応してフッ化水素を生成し、上記光学的手段から外へあるいは上記光学的手段内で容易にフッ化水素の拡散を生じさせること、を特徴とする請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 4】

光学的手段は部分的に二酸化珪素（ SiO_2 ）、酸化ゲルマニウム（ GeO_2 ）、および上記フッ素を含むこと、を特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

光学的手段は部分的に二酸化珪素（ SiO_2 ）、酸化リン（ P_2O_5 ）、および上記フッ素を含むこと、を特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 6】

光学的手段は電磁波照射線を案内する導波体構造であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

20

導波体構造は光学的ファイバ（52）であることを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

上記ステップにより屈折率に変化を生じさせることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

上記特性の変化は上記光学的手段における非直線性および／または電磁気光学的特性の変化であることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

発明の属する技術分野

本発明は、光学的特性が空間的に変化する光学的材料または構成部材（部品）の製造を可能にするような空間的に変化する化学的組成を有する、材料または構成部材の形態の光学的手段（媒体）に関し、またその光学的手段の製造方法に関する。その方法は、光導波体（導波管）を製造するためのまたは相異なる種々のタイプの導波体の屈折率の周期的変化を形成し生成するための光学材料の屈折率を形成するのに非常に適している。

30

発明の背景

（数あるファイバの中でも特に）ゲルマニウム添加（ドーピング） SiO_2 をベース（基本）としたファイバの屈折率は、そのファイバに或る各吸収区間の紫外線を照射する（紫外線で露光することによって変化させることができる。ホログラフィ的ページ書込み（版面形成）方法（holographic page-writing method）において屈折率の変化を形成するのに使用される紫外線の波長は、主として、最高約 195 nm および約 240 nm を有する

40

ゲルマニウム関連の吸収バンドの範囲内にある。但し、その他の波長区間も使用することができるがその場合の波長区間では通常遙に長い露光時間が必要になる。ホログラフィ的ページ書込み（形成）方法を用いて、例えば通信およびレーザまたはセンサへの適用におけるような範囲の幾つかの適用例を有し、波長選択性のミラー（鏡）またはフィルタとして機能する周期的屈折率変化、いわゆるブラッグ格子を形成することができる。

ファイバ格子については、フィリップ（Philip）S T. J. ラッセル（Russell）、他の文献“ファイバ格子（Fibre Gratings）”，Physics World, October 1993 第 41 頁～第 46 頁、および国際出願公開公報 P C T W O 9 4 / 0 0 7 8 4 に記載されている。

これらの屈折率の変化を形成するための後ろ楯となる実際のプロセスが完全に確立されているとは言えないが、ゲルマニウム欠陥、即ち Ge^{2+} の濃度（例えば、アトキンズ（Atki

50

ns) 氏、他の米国特許第US-A 5,157,747号参照) が、結果として得られる光学的感度の主たる要因であると一般的に考えられている。材料の光学的感度とは、例えば所与の電磁波を照射したときに屈折率を変化させる能力である。ファイバの光学的感度は多数の様々な方法で上昇させることができるが、使用される方法は、約195nmおよび約240nmの波長の使用に依然として強く依存している。紫外光に対する感度は、GeOまたはGeO₂および/またはB₂O₃をより多く添加(ドーブ)することによって上げることができる。

アトキンズ(Atkins) 氏、他の米国特許明細書第5,500,031号には、水素増感(鋭敏化、sensitization) とともに熱を加えることによってガラス質材料の屈折率を上昇させる方法が記載されている。そのように屈折率の上昇方法では約600℃より高い温度における温度安定性がない。その特許明細書には、500℃より高い温度で数秒の時間期間にわたって化学反応を生じさせることを目指し、材料中に拡散した材料が拡散しないようにまたは材料中で添加物が拡散しないようにするための方法だけが記載されている。拡散を生じさせるには、800~1100℃の温度まで遙に長い時間、例えば何分も何時間にもわたって材料を加熱する。

発明の概要

本発明の目的の1つは、光学的手段と、空間的に変化する光学的特性を有する光学材料を使用する方法と、そのような光学材料を製造する方法を実現することである。光学材料の光学的特性は材料の化学的組成によって大きな影響を受け、それによって、化学的組成を空間的に変化させることによって光学的特性を空間的に変化させることができる。その方法は、空間的に変化する屈折率を形成するのに非常に適し、また光学材料における非線形性(非直線性)のおよび/または電気光学的または磁気光学的な特性の変化を得るのに非常に適している。

光学材料の化学的組成の空間的な変化は、格子の書込み(形成)が195nmおよび240nmの各波長に依存することがもはやなくなることを意味する。その理由は、光学的感度がそれらの波長に関係するゲルマニウム欠陥に依存しなくなるからである。

その結果、本発明は空間的に変化する化学的組成を有する光学的手段を実現する。その光学的手段には、光学的書込み(形成)による電磁波照射(露光)によりエネルギーを供給することによって、またはその光学的手段に所定の温度変化を与えることによって、その光学的手段またはその光学的手段の各部分において少なくとも1つの化学反応に参与した移動性の物質が分散されている。

上記光学的手段における更なる所定の温度変化によって、反応に参与しなかった拡散物質がその光学的手段から外にまたはその手段を通じて拡散する。電磁波を照射することによりエネルギー供給を変化させることによって達成される所定の温度変化によって、またはその他の或るエネルギー形態によって形成される温度変化によって、その物質が光学的手段の外にまたはその手段内で拡散され、それによってその領域における化学的構造および光学特性を変化させる。このようにして、空間的に変化する化学的組成および空間的に変化する光学的特性を有する手段が得られる。

本発明の1つの実施形態において、上記光学的手段は、その手段に移動性の物質を拡散させるステップ、光学的書込み(形成)によりエネルギーを供給するステップ、およびその光学的手段にその物質を拡散させるための温度変化を決定するステップの中の少なくとも2つのステップの組み合わせまたはその反復(処理)によって形成される。

また、電磁波照射線を導くための手段が設けられている。

本発明の1つの実施形態において、屈折率の変化は、上記光学的手段に移動性物質を拡散させるステップ、および、光学的書込み(形成)によってその手段に電磁波を照射することによってエネルギーを供給し、または所定の温度変化および化学反応しなかった移動性物質を拡散させるための所定の温度変化およびその手段の外にまたはその手段内でその移動性物質を拡散させるための所定の温度変化によってエネルギーを供給するステップによって実現することができる。

本発明の別の実施形態において、上記光学的手段における空間的に変化する光学的特性は

、内部の移動性物質を拡散させるステップと、その手段に、光学的書込みによって電磁波を照射し、または所定の温度変化、化学反応しなかった移動性物質を拡散させるための所定の温度変化およびその手段において物質を拡散させるための所定の温度変化を与えることによって、エネルギーを供給するステップとによって実現される。

また、本発明は、次の工程によって、光学的手段において空間的に変化する化学的組成を形成する方法に関する。

—上記手段において少なくとも1つの移動性物質を拡散させ、

—光学的書込みによって電磁波照射の媒体を介してエネルギーを供給することによってまたはその温度を所定値まで上昇させることによってエネルギーを供給することにより、1種類または複数種類の拡散物質とその光学的手段との間で少なくとも1つの化学的反応を誘発し、

10

—その手段の温度を所定の温度レベルになるように変化させ、それによって化学反応に関与しなかった拡散物質をその手段の外にまたはその手段内で拡散させ、

—物質がその手段の外にまたはその手段内で拡散するように、その手段に電磁波を照射することによってエネルギー供給を変化させることによってまたはその他の或る形態のエネルギー供給によって、その手段の温度を所定の温度レベルになるように変化させて、それによって、変化する光学的特性を有する化学的に変化する手段が得られる。

その代替的方法は、これらのステップの組み合わせまたは反復からなる。

本発明の方法の1つの実施形態において、その光学的手段はフッ素を含んでおり、水素、窒素または酸素のいずれかまたはそれらの組み合わせがその光学的手段中に拡散され、それによって、フッ素と反応してフッ化水素を形成するより高濃度のヒドロキシ基が得られ、そのフッ化水素が容易にその光学的手段の外にまたはその手段内で拡散される。

20

本発明の方法の別の実施形態において、その光学的手段はハロゲンを含んでおり、水素、窒素または酸素またはそれらの組み合わせがその光学的手段中に拡散され、それによって、ハロゲンと化学反応して全体的にまたは部分的に水素およびハロゲンで構成される物質を形成するより高濃度のヒドロキシ基が得られ、その物質が容易にその光学的手段の外にまたはその手段内で拡散される。

本発明の方法のさらに別の実施形態において、その光学的手段はアルカリ金属を含んでおり、窒素、酸素またはそれらの組み合わせがその光学的手段中に拡散され、それによって、アルカリ金属と反応して全体的にまたは部分的に水素およびアルカリ金属で構成される物質を形成するヒドロキシ基の濃度が上昇し、その物質が容易にその手段の外にまたはその手段内で拡散される。

30

上記光学的手段は部分的に二酸化珪素 (SiO_2) と酸化ゲルマニウム (GeO_2) とフッ素とからなる。代替構成として、その光学的手段は、部分的に二酸化珪素 (SiO_2) と酸化リン (P_2O_5) とフッ素とからなるものでもよい。

本発明の光学的手段は、電磁波線を導く導波構造を有することが好ましい。その導波構造は光ファイバまたはその他の公知の或る導波体でもよい。

その方法の各ステップによって屈折率の変化が得られる。また、そのステップによって空間的に変化する光学的特性が得られ、その空間的に変化する光学的特性は、本発明の1つの実施形態において、上記光学的手段における非線形性のおよび／または電磁気光学的特性の変化によって構成される。

40

【図面の簡単な説明】

次に、本発明をより容易に理解し、その特徴をさらに明らかにするために、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

図1は、光ファイバの形態の通常の光導波体を示している。

図2は、2本のビームのUV（紫外）光で光ファイバ中に格子をホログラフィ的に書き込む（形成する）ための実施形態を示している。

図3は、格子を書き込んでいる間に、ファイバを干渉計によって案内して移動させる図1の実施形態のものを示している。

図4は、一方向のUV光で照射されたファイバを干渉計によって案内して移動させて格子

50

を書き込むための実施形態を示している。

図5は、位相マスクを通して単一ビームのUV光を用いて格子を書き込むための実施形態を示している。

図6は、ファイバの加熱状態を表すグラフであり、本発明の方法を示している。

図7は、本発明による格子において相異なる温度が所与の導波体長の反射にどのように関与するかを示すグラフである。

図8は、本発明に従って書込まれた格子が、高温まで加熱された後でその反射率をどのように維持するかを示すグラフである。

図9は、本発明の方法に従ってその反射率が復元された後で、例えば図8に従って書込まれた格子がどのようにその反射率を維持するかを示すグラフである。

図10および11は、本発明の光ファイバを光センサとして使用することを示している。

図12は、本発明による格子の媒体を通して特定の波長がどのように反射され復元されるかを示している。

発明の好ましい実施形態の詳細な説明

材料または構成部材（部品）ともいわれる光学的手段の局部的または周期的に変化する光学構造（組成）は、その光学的手段に1つまたはそれ以上の物質を拡散させ、次いでその1つまたはそれ以上の拡散物質と上記光学的材料の間に局部的または周期的化学反応を生じさせまたは誘発することによって得られる。反応に関与しなかった拡散物質をその材料または構成部材の外に拡散させることによって、光学的手段または材料において更なる化学反応または構造変化が生じることを防止する。

その化学反応の目的は、その光学的手段において空間的に変化する結合構造を形成することであり、即ち所与の原子または分子は光学的手段において空間的に変化する結合構造を有する。様々な分子組成がその化学構造に応じて相異なる様々な拡散率（拡散速度）を呈するので、例えばその光学的手段を加熱することにより、所与の原子または分子が空間的に変化する拡散率を呈するようにすることができる。従って、材料とそこに拡散された1つまたは複数の物質の特定の化学的組成によって或る原子の濃度を空間的に変化させることが可能である。

周期的に変化する屈折率は、例えば、屈折率を低下させる効果を有するフッ素濃度（F）を周期的に変化させることによって得られる。

本発明によれば、例えば周期的屈折率の変化は、格子を書き込む（形成する）ことを可能とする利点を有する全く新規な方法で、導波体中に形成することができる。その方法とは、従来必要とされた約195nmおよび約240nmの波長区間内の波長以外の波長を用いて、光ファイバにUV（紫外）レーザ光を照射（露光）して格子を形成する方法であり、それによって、例えば格子の形成においてより大きい柔軟性が得られる。それは、本発明の方法が、約195nmおよび約240nmの強い吸収バンド（域）を有しかつ光学材料とそこに拡散された物質との間の化学反応を誘発するゲルマニウムに関係する欠陥、に依存しないものであることによる。従って、同じ理由によって、高い光感度を得るために、例えばゲルマニウムおよびホウ素（硼素）以外の添加（ドーピング）材料を使用することが可能となる。

本発明に従ってその光学材料中に誘発（形成）された変化は非常に安定である。その理由は、その変化がその材料の化学的組成の変化によって生じたものであるからである。それによって、図9を参照して後で説明するように、有効（有用）寿命がより長くなり、周期的な屈折率の変化が長期間にわたって非常に高温に耐えることができるようになる。

本発明に従って、光学材料において空間的に変化する化学組成の形成を実現する方法が開発された。その方法は次のステップからなる。

—光学的材料または手段中に、移動性物質、即ち、材料の構造にあまり影響を与えることなく材料中にまたは材料の外に拡散することのできる1つまたは複数の物質、を拡散させるステップ、

—光学的书込み媒体または加熱媒体によって、材料に電磁波を照射することによってエネルギーを供給することにより、その領域における拡散物質とその光学材料の間に少なくとも

10

20

30

40

50

1つの化学反応を誘発するステップ、

—光学材料の温度を所定温度になるように変化させ、それによってその化学反応に関与しなかった拡散物質がその光学材料の外にまたはその光学材料内で拡散するようにするステップ、

—その光学材料内でのまたはその光学材料の外への物質（原子／分子）の変化する拡散を促進する、電磁波照射またはその他の或る温度変化手段によって、その光学材料の温度を所定の温度レベルになるように変化させ、それによってその材料の化学的組成を変化させてその光学的特性を変化させるステップ。

それらの温度変化は、意図する目的に適したオープンまたはその他の装置を用いて、または光学的手段または材料に電磁波を照射することによって、都合良く形成することができる。

10

米国特許第US-A 5,500,031号の（唯一の）基本的思想は、材料中で化学反応を誘発するようにエネルギーをその材料に供給することであり、これだけが発明の方法の唯一のステップである。その材料が受ける追加的所定の温度変化は、その手段と化学反応しなかった拡散物質を光学的手段から移動させまたは除去または排除する（empty）ことを意図したものである。その温度上昇は未反応の物質をその光学的手段の外にまたはその光学的手段内で拡散させるものであり、その光学的手段において反応した物質は例えばUV照射または熱を受けたその手段の各領域においてあまり拡散することはない。

本発明とは対照的に、米国特許第5,500,031号に記載されている温度上昇は、できるだけ熱で誘発される多数の化学反応を生じさせるように意図されている。その特許が500℃より高い温度について言及しているのは、それによって、より低温で化学反応が生じる前に大部分のH₂/D₂をその材料の外に拡散させることができるからである。

20

以下、図6～8を参照して発明の方法のステップをより詳細に説明する。

また、本発明は、空間的に変化する化学的組成を有しその中に拡散された移動性物質を有する光学的手段に関する。誘発された後、その物質は、光学的书込みによりその光学的手段に電磁波を照射しまたはその手段を加熱することによってその手段にエネルギーを供給することにより、その物質はその光学的手段と少なくとも1つの化学反応を起こす。

その光学的手段は、その反応に関与しなかった拡散物質をその手段の外に拡散させるようにな所定の温度変化を受ける。

その光学的手段内でのまたはその手段の外への物質（原子／分子）の空間的に変化する拡散は、その手段に少なくとも1つの温度変化を与えることによって、その手段に電磁波を照射することによって、またはその温度をその他の形態で変化させることによって、促進することができる。それによって、化学的組成が変化し光学的特性が変化した光学的手段を得ることができる。

30

後者の1つまたは複数の温度変化を与える目的は、高温でその光学的手段と先に反応した物質の拡散と場合によっては更なる各化学反応とを生じさせ、それによって光学的手段の局部的または空間的的化学構造または組成を変化させることである。この後者の温度によって誘発された拡散には、その手段中に先に存在していた物質と、その手段中に拡散されて次いで拡散によっておおよび例えば紫外光または熱のその手段への照射によってガラスと化学反応した物質とが関与する。この所定の温度変化は米国特許第US-A 5,500,031号に記載されておらず、またそれは本発明との関連性もない。

40

この発明の方法は、光学的手段の化学構造または組成に変化を生じさせるが、移動性物質が拡散して侵入する上記手段中の各場所のみにおいて化学構造または組成に変化を生じさせ、引き続いて化学反応が誘発される。それとは対照的に、上記特許第US-A 5,500,031号はもっぱらH₂/D₂の拡散と熱処理とを受ける領域全体内で化学反応を発生させることのみに関するものである。これ自体はインデックス（屈折率）を増大（上昇）させるものであり、そのような増大は光学的手段がゲルマニウムを含んでいれば（上記特許によるP-Fドーピングされたガラスにおいても）、本発明の場合でも達成可能である。しかし、インデックスの増大は温度安定ではない。本発明を参照して以下に説明する実験では、（図8の下方の参照番号46参照）インデックスの増加が（図8の降下点46の前の）プロセス（工

50

程)中にいわば“消去”されることが示され、上記物質が拡散したときに、誘発された化学的または構造的変化(図8の降下点46の後の増加)によって光学的手段中に温度安定なインデックス変化が形成されることが示される。

光学的材料あるいは構成部材(成分)の化学組成の変化によって屈折率を広範囲にわたって変化させることができ、それによって本発明の方法を光学的導波体構造の書込み(形成)に非常に適したものとすることができる。

本発明の方法はMCVD(Modified Chemical Vapor Deposition:改变化学的蒸着)で生成されたSiO₂ベースのファイバ(繊維)の形態の導波体の実験室における試作に適用され、この場合、導波体部分(コア)にはゲルマニウム(Ge)とフッ素(F)がドーブされた。ゲルマニウムは屈折率を増大させる特性があるので、ゲルマニウムを使用して、導波体が形成され、またその材料中に拡散された水素(H₂)および/またはジュウテリウム(deuterium)と共にヒドロキシル基(-OH)が生成された。フッ素は屈折率を低下させる性質があり、またヒドロキシル基(-OH)と化学反応して、特にフッ化水素(HF)を生成し、このフッ化水素(HF)はドーブされた材料から外へあるいはその材料内でより急速に拡散することができるので、すなわち導波体のコアから外へ拡散することが必須であるので、試験においてフッ素を使用した。

ヒドロキシルとフッ素の化学的反応については、特に、“The Properties of Glass Surfaces(ガラス表面の性質)”, L. Holland, Chaplan and Hall, London 1964(エル・ホランド、チャプランおよびホール、ロンドン、1964年)およびJ. Kirchof(キルコフ) et al.の論文“Hydrogen-Induced Hydroxyl Profiles in Doped Silica Layer(ドーブされたシリカ層中の水素誘導ヒドロキシル・プロファイル)”, OFC'95, Technical Digest, pp.178-179(OFC'95、テクニカルダイジェスト、第178~179頁)に記載されている。

ゲルマニウム欠陥に関連する格子を書込み(形成し)、また部分的にOHを形成するための水素増感(水素添加による感度の増強)については、P. J. Lemaire(レマリ)の“Enhanced UV Photosensitivity in Fibres and Waveguides by High Pressure Hydrogen Loading(高圧水素添加によるファイバおよび導波体における増強されたUV感光性)”, OFC'95, Technical Digest, pp.178-179(OFC'95、テクニカルダイジェスト、第162~163頁)に記載されている。ゲルマニウム添加ガラスおよび水素増感によるヒドロキシル形成における感光性については、D. L. Williams(ウィリアムズ) et alの“Photosensitive Index Changes in Germania Doped Silica Glass Fibres and Waveguides(ゲルマニウム・ドーブド・シリカ・グラスファイバおよび導波体における感光性屈折率変化)”, SPIE VOL.2044, pp.55-68(SPIE 第2044巻、第55~68頁)に記載されている。

水素だけと結合したフッ素原子はゲルマニウム(Ge)またはシリコン(Si)と結合したフッ素よりも遙に高い拡散率(速度)を有するので、HFによって材料の外への拡散あるいは材料内の拡散を生じさせることができ、同時にGeまたはSiと結合したフッ素(F)は僅かな拡散を呈するに過ぎず、それによって導波体のコア内にフッ素の空間的变化が生じる。

フッ素は屈折率を低下させる作用をもっているので、フッ素の含有量が減少すると屈折率が増大する。

J. Stone(ストーン)の文献“Interactions of Hydrogen and Deuterium with Silica Optical Fibres: A Review(水素およびジュウテリウムとシリカ光学的ファバーとの相互作用:レビュー)”, Journal of Lightwave Technology, Vol. LT-5, No.5, May 1987(ジャーナル・オブ・ライトウエーブ・テクノロジー、第LT-5巻、第5号、1987年5月)で、ガラス中の水素およびGe、P、Fを含む異なる形式のガラス中のOHの形成について論じられている。

本発明の方法によって形成することができるこれらの光学的手段は、変化する屈折率、格子、また、センサ、光波長ミラー(鏡)、フィルタ、歪みゲージ、高温耐性の温度センサ等として作用する格子、を有するタイプの導波体を含んでいる。

相異なる様々な材料の拡散は、しばしば、式 $D = D_0 e^{-E/RT}$ によって表わされる。ここで、 D_0 は定数、 E は拡散プロセス活性化エネルギー、 $R = 1.99 \text{ cal/K-mol}$ はガス定数、 T は絶対温度である。

誘発された化学反応と水素増感との組合わせによって、材料の化学的構造が変化し、それを用いて定数 D_0 および E を局部的にあるいは周期的に変化させる。ある種の原子あるいは分子は、光学材料を加熱することによってそれらの相異なる拡散率に応じて分離することができる。

フッ素をドーピングしてヒドロキシルを形成する場合は、フッ化水素 (HF) を形成する“2次”反応を生じさせ、このフッ化水素 (HF) は他の原子または分子と結合したフッ素よりも遙に高い拡散率を有する。 HF 拡散要求 (条件) はフッ素および $-\text{OH}$ の利用可能性に関連している。それによって、ヒドロキシルを形成する場合にガラスにドーピングするときに大きな柔軟性が得られる。ゲルマニウム以外の添加物または不純物 (ドーパント) を使用することもできる。

ホウ素がドーピングされたゲルマニウム・ファイバ中に、および本発明によるゲルマニウムのみと勿論 SiO_2 とを含む標準的通信ファイバ中に“拡散格子”を書込む (形成する) ための有効な試みであるが、 HF の形成には、生じ得る反応に対する有力な証拠が存在する。

ゲルマニウムに関連する格子の全てのタイプに共通の特徴は、使用されるファイバのタイプに応じて、約 500°C 乃至 900°C を越える温度でそれらの格子が消滅、すなわち消去される点にある。本発明によれば、“拡散格子”は使用されるファイバのタイプに応じて約 800°C 乃至 1000°C の温度で成長を開始する。

図1は、ファイバ保護コーティング (例えば、アクリレート、ポリマー等) およびファイバのコア18を取り囲む屈折媒体として機能するクラッド (外装) 14を含んだ典型的な光ファイバ10の概略的断面構造を示している。図1では、ファイバのインテリア (内装) 16およびコア18は拡大して示されており、リングは例えばMCVD法による二酸化珪素の蒸着 (被着) を示している。部分領域20は未調整の二酸化珪素からなり、コア18に向って延びるリングを含んだ領域22は純粋のすなわち精製された二酸化珪素からなる。ファイバのコア18にはゲルマニウムがドーピングされている。

図1の断面図の直ぐ下に示されているグラフはファイバの半径 r に沿う屈折率 n の変化を示している。

ファイバが光を大きな損失なしに導くために全反射が利用され、この全反射はクラッド (外装) より高い屈折率をもったファイバの導波部分によって得られる。さらに別の要件として、ファイバ中を単一光モードで伝播させるために、ファイバのコアの直径に対する屈折率の変化が形成されている。

平板導波体 (基板) に関しては、ファイバに適用可能な原理と同じ原理に従って、すなわち高屈折率のコアとその周囲のクラッド (外装) の低屈折率を用いて形成し、作用させることができる。3層基板の場合は、中間層に例えばGeおよびFがドーピングでき、それによって、ゆっくりと露光することにより基板中に導波体を書込むことができる。他の層には、書き込み処理による影響を受けない材料、例えば SiO_2 がドーピングされる。

図2は、レンズ24、図示の例では円筒状のレンズの作用によりコア18上に集束された格子を書込むための構成と実施形態を示し、例えば 240 nm (ナノメートル) の波長を有しレーザから発射された2本の相互干渉性UV光ビーム26によって露光 (照射) される。露光された領域は前述の態様に従ってドーピングされる。材料中に物質を拡散させて格子を書込んで、それ自体内に上述の反応が誘発された後で、上述の方法に従ってファイバは加熱される。

図3は図2に示す方法の概略を示すものであるが、ファイバのコアの所望の長さの範囲内に格子28が連続的に書込まれるように、ファイバの干渉計制御移動 (interferometer-controlled movement、干渉計によって制御された移動) を用いている。干渉計的に制御されながらファイバは矢印の方向に移動される。円弧30は、所望の特性をもった格子18が得られるように書き込み処理を角度的に制御することができることを示したものである。

他の格子書込みの実施形態が図4に概略的に示されている。図4の実施形態では、ファイバの移動は図3の実施形態と同様の形態で制御されるが、レンズ32によってファイバのコア18上に集束された1本のUV光ビーム26のみが使用されている。

図5はUV光26を用いて格子28を書込む別の実施形態を示し、この実施形態では所謂位相マスク34を介してファイバのコア18の特定の領域内に格子を直接書込む。

上述した格子の書込みではUV光を使用しているが、他の電磁波照射を使用することも理解されよう。

図6は、縦軸に与えられた温度と横軸に与えられた格子書込みに要した時間により、本発明の方法に従って実験室の環境で格子を形成するステップを示すグラフである。温度を図6のグラフに示されるように上昇させる前に、ファイバに移動性物質、この場合水素の拡散を生じさせ、次いで上述の方法および図2に従ってUV光で露光する。上昇すなわち勾配部分35、温度が一定に保たれるレベル36およびレベル38は、UV光による露光の結果、化学反応に関与しなかった物質がファイバ／ファイバのコアの外に拡散するときの本発明の方法による時間期間あるいはステップを示している。

本発明によれば、これらのステップは組合わせあるいは反復が可能で、コアからの拡散が第2の一定の温度レベルで継続するレベル38まで温度上昇あるいは温度変化が生じる。

上昇部分42で示す顕著な温度上昇およびこれに続く温度低下44の後、40時間以上温度が一定に維持され、物質（原子／分子）がファイバから外へ拡散あるいはファイバ内で拡散する方法のステップを形成し、それによって本発明による光学的特性をもった書き込まれた格子が形成され、耐久性ならびに耐熱性のある化学的に安定した状態が得られる。

図7は、相異なる波長の反射がどのように温度変化に直接関連するかを示している。

図8のグラフは、図6に示すグラフの拡大された部分（実線）を示し、書き込まれた格子の反射率のグラフが破線で挿入されている。横軸の約4時間の時点に示された降下点46は、典型的なゲルマニウム関連格子が高温でどのように消去されるかを示している。このグラフは本発明に従って生成された格子から得られたもので、その際反射率48がどのように増大（推移）し、物質の空間的／周期的拡散によって反射率（格子）がどのようにして再形成され、高温においても時間的に一定になるかを示している。これは従来の格子では得られない。図8における反射率のスケールは規格化されている。

図9は、パーセンタイルスケール（百分率）で表された反射率が、どのようにして本発明によって生成された格子で約80.6℃乃至81.0℃の温度で50時間の期間にわたって一定に維持されるかを、グラフ50によって示している。

図10中の図形は、非負荷状態にある光導波体52に対してどのようにしてボックス56による広帯域の光源が与えられるかを示している。光の方向は中空の矢印で導波体のコア18中に示されている。格子28は、ボックス58に対するコア18中の中実矢印のように、格子が同調した（整調された）狭帯域波長区画内で光を反射する。元の光はボックス60で示すように反射光部分が欠落した状態で格子中を通して伝播する。

図11では、図10の導波体52は負荷、例えば歪み、熱、接触等を受け、ボックス58中の元の反射波長区画が変位し、図10の場合とは全く異なるボックス64による波長区画の反射が得られ、それによってボックス66中の光は反射された波長の光が欠落した状態で格子28を通して伝播した光である。

また、図12に示した格子は、反射された波長がファイバ52から外方向に指向され導出されて他の光学装置で処理または読取られるように、斜めに（obliquely）配置してもよい。

本発明は、上述の実施例、図示の実施例に限定されるものではなく、本発明は請求の範囲の内容によってのみ限定されるべきであることは当業者には明らかである。

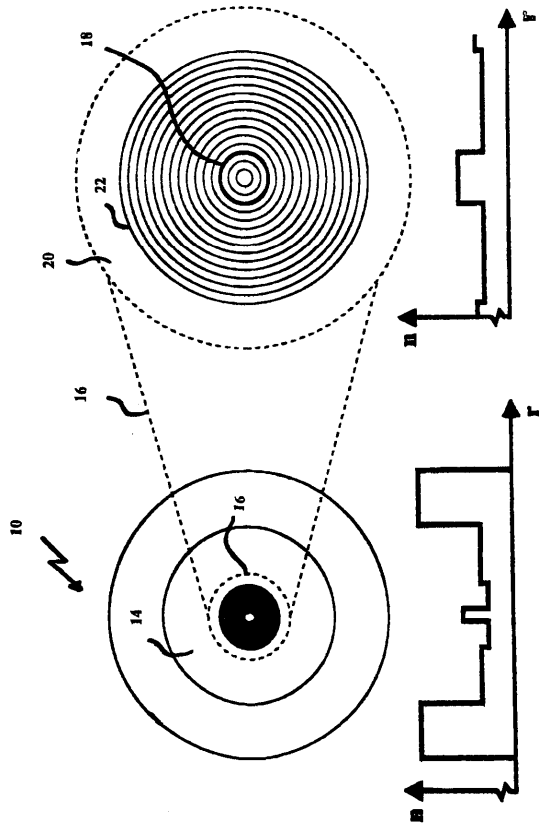
10

20

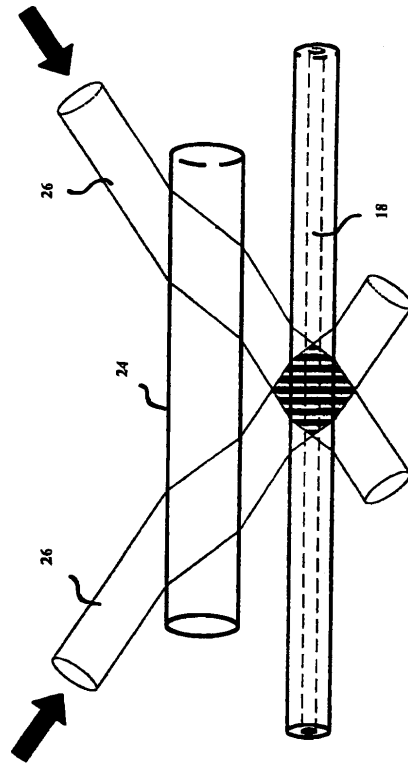
30

40

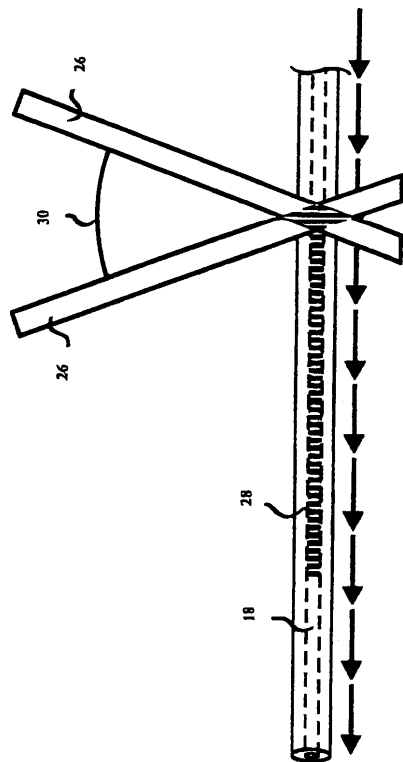
【図 1】



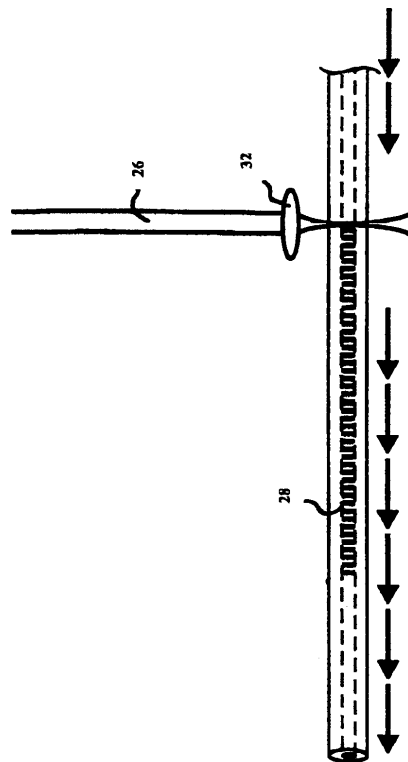
【図 2】



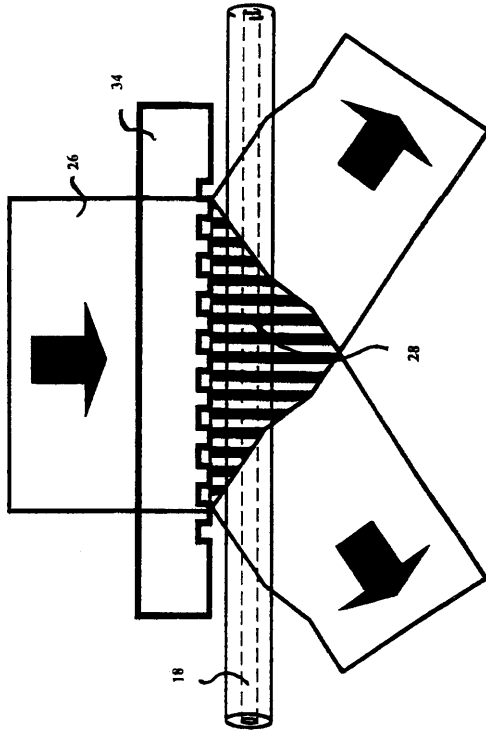
【図 3】



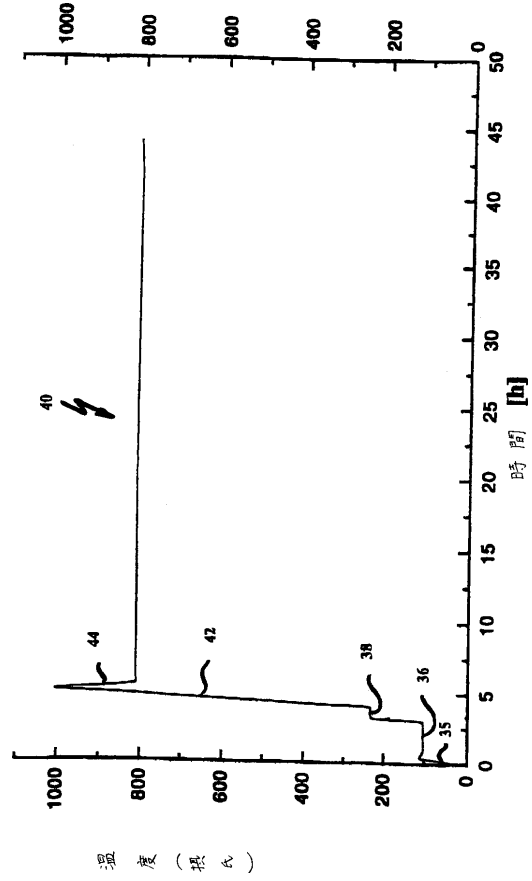
【図 4】



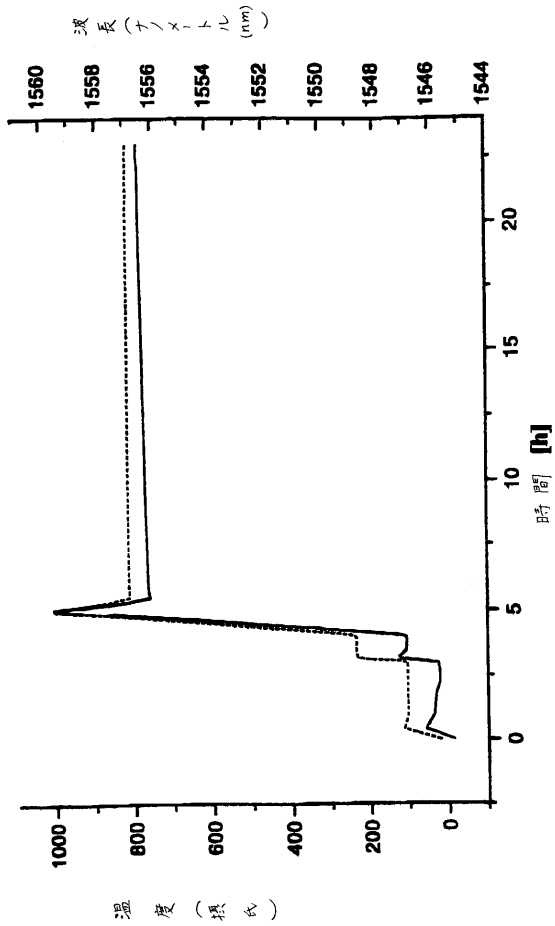
【図 5】



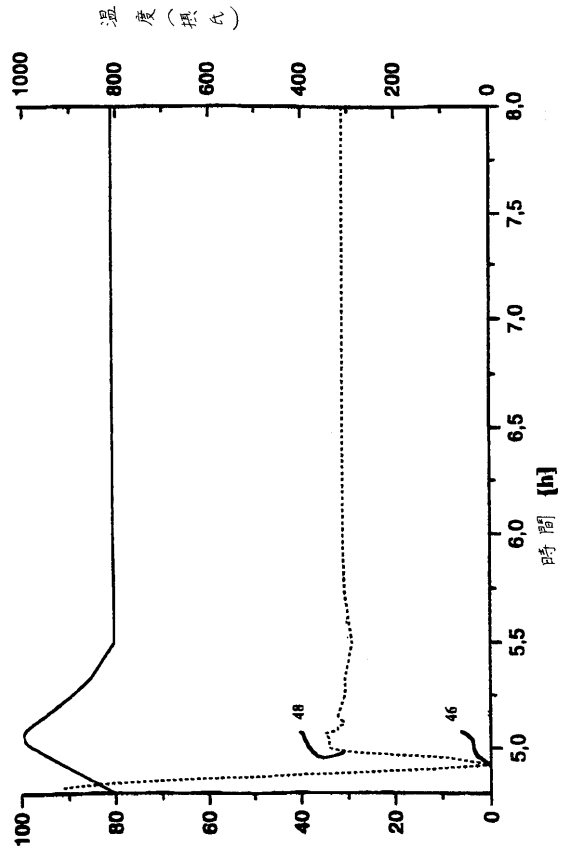
【図 6】

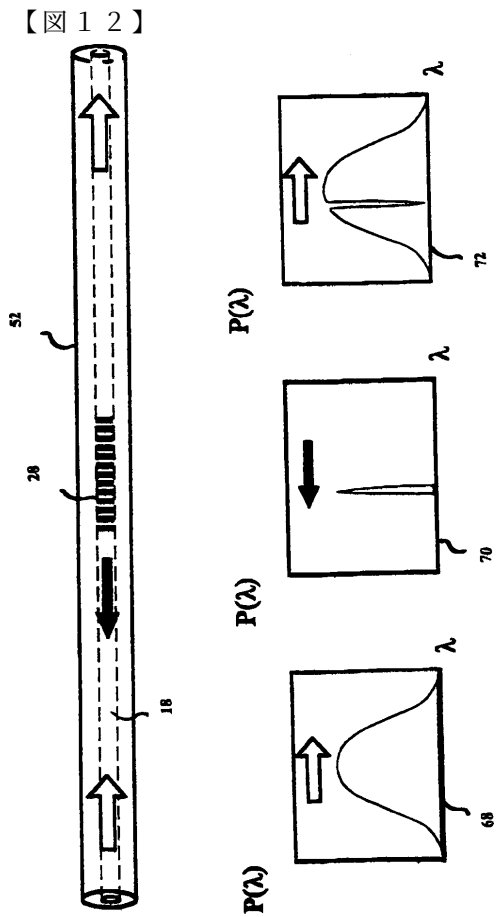
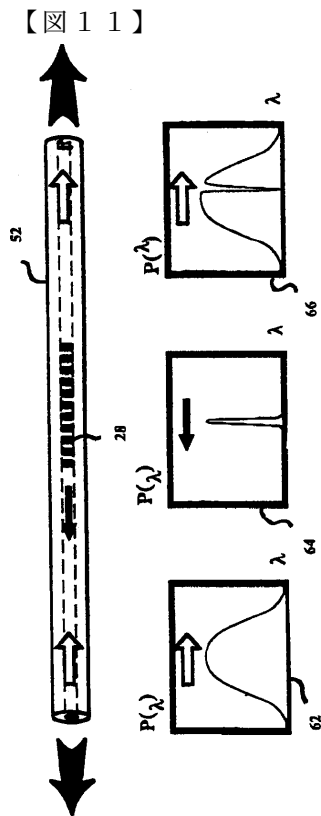
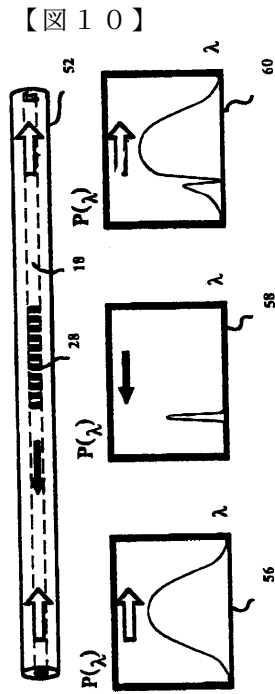
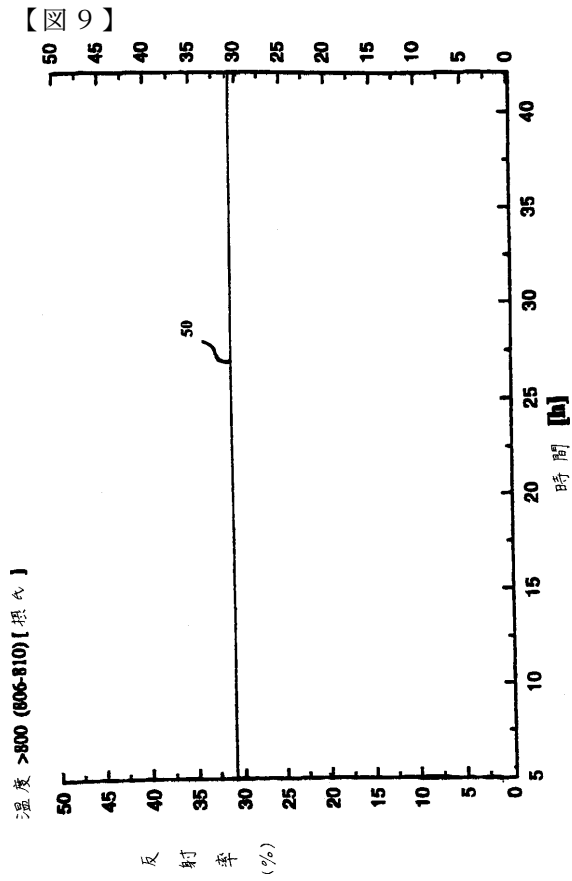


【図 7】



【図 8】





フロントページの続き

(72)発明者 フーチネー, ミシヤエル
スウェーデン王国 エスー1 2 4 5 2 バンドハーゲン シェブークバーンスペーゲン 2 3 1

審査官 井口 猶二

(56)参考文献 特開平0 6－3 4 5 4 7 5 (J P, A)
J.Kirchhof, Hydrogen-induced hydroxyl profiles in doped silica layers, OFC'95 Technica
l Digest, 1 9 9 5年, P.178-179
J.Kirchhof, Diffusion behaviour of fluorine in silica glass, Journal of Non-Crystallin
e Solids, 1 9 9 5年, Vol.181, P.266-273
L.B.Glbov, New ways to use photosensitive glasses for recording volume phase holograms
, Optics & Spectroscopy, 米国, 1 9 9 2年 8月, 73(2), P.237-241

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

G02B 6/02

G02B 5/18