

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年2月13日 (13.02.2003)

PCT

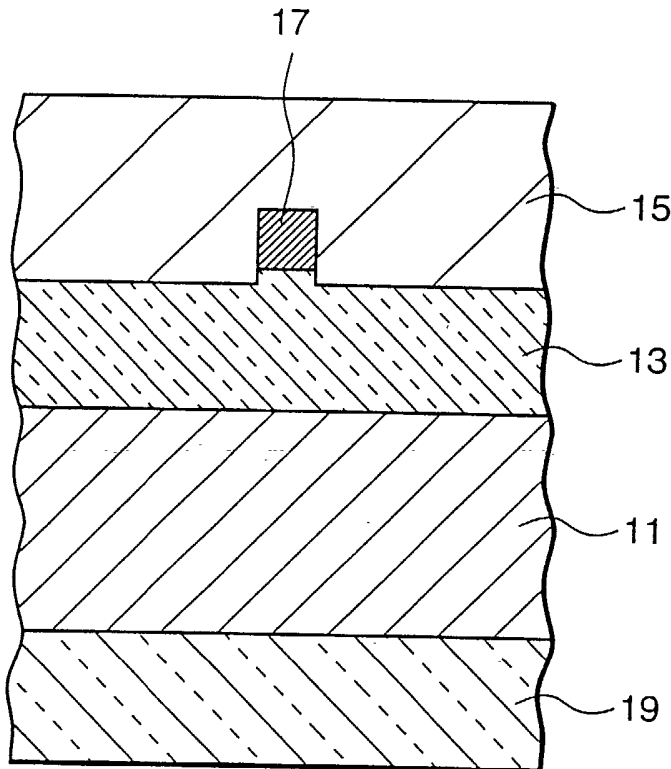
(10) 国際公開番号
WO 03/012497 A1

- (51) 国際特許分類: G02B 6/12
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP01/06600
 - (22) 国際出願日: 2001年7月31日 (31.07.2001)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): アサヒオプトロニクス株式会社 (ASAHI OPTRONICS, LTD.) [JP/JP]; 〒143-0006 東京都大田区平和島5丁目6番1号 アサヒビル平和島ビル Tokyo (JP). サンインストゥルメント株式会社 (SUN INSTRUMENTS, INC.) [JP/JP]; 〒145-0066 東京都大田区南雪谷1丁目4番2号 新勝雪谷ビル Tokyo (JP).
 - (72) 発明者; および
 - (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 松村文雄 (MATSUMURA, Fumio) [JP/JP]; 〒143-0006 東京都大田区平和島5丁目6番1号 アサヒビル平和島ビル アサヒオプトロニクス株式会社内 Tokyo (JP).
 - (74) 代理人: 大塚康徳 (OHTSUKA, Yasunori); 〒102-0094 東京都千代田区紀尾井町3番6号 秀和紀尾井町パークビル 7F Tokyo (JP).
 - (81) 指定国 (国内): CA, JP, US.
 - (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: QUARTZ-PLANE LIGHT CIRCUIT ELEMENT AND PROCESS FOR PRODUCING THE SAME

(54) 発明の名称: 石英平面光回路素子およびその製造方法



(57) Abstract: A quartz-plane light circuit element which comprises: a monocrystalline silicon substrate or synthetic quartz glass substrate (11); a lower cladding film (13) consisting mainly of silicon dioxide and formed by vapor deposition on one side of the substrate (11); a core part (17) of a given shape consisting mainly of silicon dioxide and formed by vapor deposition on a part of the lower cladding film (13); an upper cladding film (15) which has been deposited by vapor deposition so as to cover the core part (17) and the lower cladding film (13) and which consists mainly of silicon dioxide or comprises silicon dioxide and evenly incorporated therein either phosphorus pentoxide or phosphorus pentoxide and boron trioxide; and a distortion-correcting film (19) consisting mainly of silicon dioxide and formed by vapor deposition on the other side of the substrate (11).

[続葉有]



WO 03/012497 A1



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

シリコン単結晶基板もしくは合成石英ガラス基板（11）の一方の面に蒸着により形成した二酸化ケイ素を主成分とする下部クラッド膜（13）と、下部クラッド膜（13）上の一部に二酸化ケイ素を主成分とする材料を蒸着により形成した所定形状のコア部（17）と、コア部（17）と下部クラッド膜（13）とを覆うように、二酸化ケイ素を主成分とする上部クラッド膜（15）又は二酸化ケイ素に五酸化リンもしくは五酸化リンと三酸化ボロンを均一に添加し、蒸着により形成した上部クラッド膜（15）と、基板（11）の反対側の面に蒸着により形成した二酸化ケイ素を主成分とする歪補正膜（19）と、を備える。

明 細 書

石英平面光回路素子およびその製造方法

5 技術分野

本発明は、波長多重光通信に不可欠なアレイ光導波路グレーティング素子等を実現するのに必要な石英平面光回路素子とその石英平面光回路素子の製造方法に関する。

10 背景技術

従来、石英平面光回路素子を製造する方法としては、例えば、火炎堆積法が知られている。

この火炎堆積法とは、第3図に示すように、矢印A方向に回転する円盤31の外周部に複数個の基板33を並べて配置し、二酸化ケイ素を主成分とするガラス微粒子粉末35を上記基板33上に堆積させた後、酸素(O₂)と水素(H₂)とを混合して燃焼させる酸水素炎39を出すバーナ37を用いることによって、1000℃以上の高温でガラス微粒子粉末35を熔融してガラス化する方法である。

第4図は、このような火炎堆積法を用いて製造した従来の石英平面光回路素子の断面構造を示す図である。第4図に示す石英平面光回路素子を製造する場合、まず、シリコン単結晶基板（または、合成石英ガラス基板）41の一方の面（ここでは、図の上面）に、二酸化ケイ素に五酸化リンと三酸化ボロンを添加した粉末を堆積させて、1000℃以上の高温で熔融してガラス化することにより、下部クラッド膜43を形成する。

次いで、その下部クラッド膜43の上面に、二酸化ケイ素と五酸化リ

ンと三酸化ボロンに更に二酸化ゲルマニウムを添加した粉末を堆積させ、
1000℃以上の高温で熔融してガラス化することによりコア膜を形成
した後、そのコア膜の上部の所定位置にフォトリソグラフィ技術を用い
て矩形状のエッチングマスクを形成し、反応性イオンエッチング (R I
5 E)を用いてコア膜を矩形に加工することによりコア部47を形成する。

さらに、上記した下部クラッド膜43とコア部47とを覆うように、
二酸化ケイ素に五酸化リンと三酸化ボロンを添加した粉末を堆積させ、
1000℃以上の高温で熔融してガラス化することにより上部クラッド
部45を形成する。

10 しかしながら、上記火炎堆積法を用いて製造する従来の石英平面光回
路素子では、最初に基板上に間欠成膜により粉末を堆積させた後、熱処
理することでガラス化するため、同一成膜ロット内においても均一な屈
折率の膜を得ることが困難になるという問題があった。

また、これと同時に基板上に二酸化ケイ素を主成分とした粉末を積層
15 した後、電気炉等により1000℃以上の高温でガラス化するため、徐
冷後の常温に戻した状態では非常に大きな残留応力が発生する可能性
が高くなる。このことは、例えば、応用物理学会第7回光波センシング技
術研究会の「石英系フレーナ光回路」L S T 7-16, p p. 121
-126 (1991, 5, 23) などにも記載されている。このため、
20 光導波路の導破損失の偏波依存性が大きくなり、かつ基板の反りも大き
くなることから、光ファイバとの接続性が悪くなるという問題があった。

この点をより詳しく説明すると、例えば、厚み t_1 の基板に厚み t_2
の均一膜を形成したときの膜応力の歪みにより生じる反りの曲率半径を
 r とした場合、この r は次式 (1) により簡易的に示すことができる
25 (TECHNICAL REPORT OF IEICE, OPE95-55, PP49-54(1995-08)参
照)。

$$r = \left\{ \frac{1}{(a_1 - a_2) d T} \left\{ \frac{(t_1 + t_2)}{2} + \frac{1}{[6 \times (t_1 + t_2)]} \times \left(\frac{1}{t_1} \cdot S_1 + \frac{1}{t_2} \cdot S_2 \right) \times \left(\frac{S_1}{t_1^3} + \frac{S_2}{t_2^3} \right) \right\} \right\} \dots \dots (1)$$

上記(1)式において、 t_n は各層の厚さ(以下、 n は任意の整数)、
 5 a_n は各層材料の熱膨張係数、 $d T$ は応力フリーの温度と常温の温度差、
 S_n は $S_n = E_n / (1 - \nu_n)$ の関係にあつて、 E_n は各層材料のヤ
 ング率、 ν_n は各層材料のポアソン比である。

この(1)式によれば、曲率半径 r が大きいほど各層の内部応力が小
 さくなることを意味している。すなわち、 $(a_1 - a_2)$ および $d T$ が
 10 小さいほど内部応力が小さくなる。

しかし、曲率半径 r の値が負になると膜に引っ張り応力が発生して脆
 性破壊し易くなるため、 r の値は正であることが好ましい。一般にシリ
 コン単結晶基板の熱膨張係数は、 5×10^{-6} 程度と言われている。また、
 アモルファスの二酸化ケイ素膜の熱膨張係数は、ほぼ合成石英ガラス基
 15 板に等しく、結晶としての二酸化ケイ素膜の熱膨張係数は、 7×10^{-6}
 から 14×10^{-6} 程度である。

このように、従来から用いられてきた火炎堆積法によって石英平面光
 回路素子を製造すると、光導波路の導波損失の偏波依存性や基板の反り
 が大きくなって光ファイバとの接続性が悪くなることから、高性能な石
 20 英平面光回路素子を量産することが極めて困難な状況にあった。

この発明は、上述した従来例による問題点を解消するためになされた
 ものであり、導波損失の偏波依存性が小さく、基板の反りの無い、量産
 性に優れた石英平面光回路素子を提供することを目的とする。

25 発明の開示

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の石英平面光

回路素子は、シリコン単結晶基板もしくは合成石英ガラス基板（11）の一方の面に蒸着により形成した二酸化ケイ素を主成分とする下部クラッド膜（13）と、前記下部クラッド膜（13）上の一部に二酸化ケイ素を主成分とする材料を蒸着により形成した所定形状のコア部（17）と、前記コア部（17）と前記下部クラッド膜（13）とを覆うように、二酸化ケイ素を主成分とする上部クラッド膜（15）又は二酸化ケイ素に五酸化リンもしくは五酸化リンと三酸化ボロンを均一に添加し、蒸着により形成した上部クラッド膜（15）と、を備える。

また、この発明に係わる石英平面光回路素子において、前記基板（11）の反対側の面に蒸着により形成した二酸化ケイ素を主成分とする歪補正膜（19）をさらに備える。

また、この発明に係わる石英平面光回路素子において、前記歪補正膜（19）は、前記下部クラッド膜（13）と上部クラッド膜（15）の材料と略同じ熱膨張係数を有する材料からなる。

また、この発明に係わる石英平面光回路素子において、前記コア部（17）を形成する前記二酸化ケイ素を主成分とする材料は、二酸化ケイ素に二酸化ゲルマニウムを添加した材料であることを特徴とする請求項1に記載の石英平面光回路素子。

また、本発明の石英平面光回路素子の製造方法は、シリコン単結晶基板もしくは合成石英ガラス基板（11）の一方の面に蒸着により二酸化ケイ素を主成分とした下部クラッド膜（13）を形成する工程と、前記下部クラッド膜（13）上に二酸化ケイ素を主成分とするコア膜を蒸着により形成する工程と、前記コア膜を異方性エッチングにより所定形状に加工してコア部（17）を形成する工程と、前記コア部（17）と前記下部クラッド膜（13）とを覆うように、二酸化ケイ素を主成分とする上部クラッド膜（15）又は二酸化ケイ素に五酸化リンもしくは五酸

化リンと三酸化ボロンを均一に添加した上部クラッド膜（１５）を蒸着により形成する工程と、前記上部クラッド膜（１５）を熱処理により溶解する工程と、を含む。

また、この発明に係わる石英平面光回路素子の製造方法において、前記基板（１１）の反対側の面に二酸化ケイ素を主成分とした歪補正膜（１
５ ９）を蒸着により形成する工程をさらに含む。

また、この発明に係わる石英平面光回路素子の製造方法において、前記歪補正膜（１９）は、前記下部クラッド膜（１３）と上部クラッド膜（１５）の材料と略同じ熱膨張係数を有する材料からなる。

10 また、この発明に係わる石英平面光回路素子の製造方法において、前記コア膜を形成する前記二酸化ケイ素を主成分とする材料は、二酸化ケイ素に二酸化ゲルマニウムを添加した材料である。

図面の簡単な説明

15 第１図は、本発明の一実施形態に係わる石英平面光回路素子の断面構成図である。

第２Ａ図は、第１図の石英平面光回路素子の製造工程を示す図である。

第２Ｂ図は、第１図の石英平面光回路素子の製造工程を示す図である。

第２Ｃ図は、第１図の石英平面光回路素子の製造工程を示す図である。

20 第２Ｄ図は、第１図の石英平面光回路素子の製造工程を示す図である。

第２Ｅ図は、第１図の石英平面光回路素子の製造工程を示す図である。

第２Ｆ図は、第１図の石英平面光回路素子の製造工程を示す図である。

第２Ｇ図は、第１図の石英平面光回路素子の製造工程を示す図である。

第２Ｈ図は、第１図の石英平面光回路素子の製造工程を示す図である。

25 第３図は、火炎堆積法による成膜方法を説明する図である。

第４図は、火炎堆積法を用いて製造した従来の石英平面光回路素子の

断面構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の好適な一実施形態について説明する。

- 5 本実施形態の石英平面光回路素子は、シリコン単結晶基板もしくは合成石英ガラス基板の一方の面に蒸着により形成した二酸化ケイ素を主成分とする下部クラッド膜と、前記下部クラッド膜上の一部に二酸化ケイ素に二酸化ゲルマニウム等を均一に添加し、蒸着により形成した所定形状のコア部と、前記コア部と前記下部クラッド膜とを覆うように、二酸化ケイ素を主成分とする上部クラッド膜又は二酸化ケイ素に五酸化リン
- 10 もしくは五酸化リンと三酸化ボロンを均一に添加し、蒸着により形成した上部クラッド膜と、前記基板の反対側の面に蒸着により形成した二酸化ケイ素を主成分とする歪補正膜と、を備えている。

- この実施形態では、蒸着物質を直接イオン化して基板に電界加速により
- 15 り付着させたり（イオンプレーティング蒸着法）、イオン化した気体を電界加速して蒸着物質に衝突させて蒸着物質を基板に付着させる（イオンビームアシスト蒸着法）といったイオン化蒸着法を用いて、基板上に二酸化ケイ素を主成分とした下部クラッド膜、その上に二酸化ケイ素に二酸化ゲルマニウム等を均一に添加したコア部、さらにその上に二酸化
- 20 ケイ素を主成分とする上部クラッド膜又は二酸化ケイ素に五酸化リンもしくは五酸化リンと三酸化ボロンを均一に添加した上部クラッド膜を配し、その基板の裏側には二酸化ケイ素を主成分とした歪補正膜を配するようにする。このようにすることにより、各膜が比較的低温で成膜されるので、各膜の残留応力（成膜応力）が小さくなり、光導波路の屈折率
- 25 分布が均一で、成膜応力による導波損失の偏波依存性のほとんどない石英平面回路素子を得ることができる。また、基板の表面側の二酸化ケイ

素を主成分とする膜と、基板の裏面側の二酸化ケイ素を主成分とする歪補正膜の熱膨張係数が略同一となるため、基板の表面側と裏面側の残留歪が互いに打ち消し合うように働く。このため、基板の反りが殆ど無く、光ファイバとの接続性に優れ、高い量産性が得られる石英平面回路素子

5 を得ることができる。

本実施形態の石英平面光回路素子の製造方法は、シリコン単結晶基板もしくは合成石英ガラス基板の一方の面に蒸着により二酸化ケイ素を主成分とした下部クラッド膜を形成する工程と、前記下部クラッド膜上に二酸化ケイ素に二酸化ゲルマニウム等を均一に添加したコア膜を蒸着により形成する工程と、前記コア膜を異方性エッチングにより所定形状に加工してコア部を形成する工程と、前記コア部と前記下部クラッド膜とを覆うように、二酸化ケイ素を主成分とする上部クラッド膜又は二酸化ケイ素に五酸化リンもしくは五酸化リンと三酸化ボロンを均一に添加した上部クラッド膜を蒸着により形成する工程と、前記上部クラッド膜を熱処理により熔融する工程と、前記基板の反対側の面に二酸化ケイ素を主成分とした歪補正膜を蒸着により形成する工程と、を含む。

10

15

この方法では、イオンプレーティング蒸着法やイオンビームアシスト蒸着法といったイオン化蒸着法を用いて、基板の表側に二酸化ケイ素を主成分とする下部クラッド膜を形成し、その上に二酸化ケイ素に二酸化ゲルマニウム等を均一に添加したコア膜を形成し、コア膜を異方性エッチングにより所定形状に加工してコア部を形成し、そのコア部と下部クラッド膜とを覆うように、二酸化ケイ素を主成分とする上部クラッド膜又は二酸化ケイ素に五酸化リンもしくは五酸化リンと三酸化ボロンを均一に添加した上部クラッド膜を形成し、その上部クラッド膜を熱処理により熔融し、また、基板の反対側の面に二酸化ケイ素を主成分とした歪補正膜を形成するようにする。このようにすることにより、各膜が比較

20

25

的低温で成膜されるので、各膜の残留応力（成膜応力）が小さくなり、光導波路の屈折率分布が均一で、成膜応力による導波損失の偏波依存性のほとんどない石英平面回路素子を得ることができる。また、基板の表面側の二酸化ケイ素を主成分とする膜と、基板の裏面側の二酸化ケイ素を主成分とする歪補正膜の熱膨張係数が略同一となるため、基板の表面側と裏面側の残留歪が互いに打ち消し合うように働く。このため、基板の反りが殆ど無く、光ファイバとの接続性に優れ、高い量産性が得られる石英平面回路素子を得ることができる。

以下、本発明の一実施形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

第1図は、本実施形態に係る石英平面光回路素子の一構成例を示す断面図である。

まず、第1図に示すように、本実施形態の石英平面光回路素子は、シリコン単結晶基板や合成石英ガラス基板などの基板11の一方の面（図の上面）にイオン化蒸着法（イオンプレーティング蒸着法やイオンビームアシスト蒸着法など）を用いて、二酸化ケイ素単体、あるいは二酸化ケイ素に二酸化ゲルマニウムや二酸化チタン等を均一に添加した下部クラッド膜13を形成し、その下部クラッド膜13上にイオン化蒸着法を用いて、二酸化ケイ素を主成分とする上部クラッド膜又は二酸化ケイ素に二酸化ゲルマニウム等を均一に添加した矩形形状のコア部17を形成し、そのコア部17と下部クラッド膜13上にイオン化蒸着法を用いて、二酸化ケイ素に五酸化リン、もしくは二酸化ケイ素に五酸化リンと三酸化ボロンを均一に添加した上部クラッド膜15を形成し、基板11の反対側の面（図の下面）には二酸化ケイ素単体か、二酸化ケイ素に二酸化チタン等を均一に添加した歪補正を行う歪補正膜19を配することにより構成されている。

次に、この石英平面光回路素子の製造方法例について説明する。

第 2 A 図乃至第 2 H 図は、第 1 図の石英平面光回路素子の製造工程を示す図である。

本実施形態においては、第 2 A 図に示すように、シリコン単結晶基板
5 もしくは合成石英ガラス基板などの基板 1 1 の一方の面（上面）にイオン化蒸着法（イオンプレーティング蒸着法やイオンビームアシスト蒸着法など）を用いて、二酸化ケイ素単体、あるいは二酸化ケイ素に二酸化ゲルマニウムや二酸化チタン等を均一に添加した下部クラッド膜 1 3 を形成する。

- 10 次いで、上記と同様にイオン化蒸着法を用いて、第 2 B 図に示すように、二酸化ケイ素に二酸化ゲルマニウム等を均一に添加したより屈折率の高いコア膜 1 7' を下部クラッド膜 1 3 上に形成する。

- そして、第 2 C 図に示すように、その形成したコア膜 1 7' 上にスパッタリング法を使って金属マスク 2 1 を成膜し、その上にフォトレジスト
15 ト 2 3 を塗布した後、フォトリソグラフィ技術を用いてフォトマスクをセットした露光機により光導波路のパターンをフォトレジスト上に形成し、パターン化されたフォトレジスト 2 3 を形成する（第 2 D 図参照）。

- 次いで、第 2 E 図に示すように、そのフォトレジスト 2 3 のパターンをマスクにして反応性イオンエッチング（R I E）により金属マスク 2
20 1 をパターンニングし、さらにその金属マスク 2 1 を使ってコア膜 1 7' を反応性イオンエッチング（R I E）によって矩形状に加工し、コア部 1 7 を形成する（第 2 F 図参照）。

- 次いで、第 2 G 図に示すように、上記の金属マスク 2 1 を反応性イオンエッチングを用いて除去した後、コア部 1 7 と下部クラッド膜 1 3 を
25 覆うようにイオン化蒸着法により二酸化ケイ素に五酸化リンと三酸化ボロンを均一に添加した上部クラッド膜 1 5 を形成し、約 1 0 0 0 °C で 3

0分熱処理を行って溶融させ、表面を平坦化する。なお、二酸化ケイ素を主成分とする上部クラッド膜を熱処理することなく、そのまま使用する場合もある。

最後に、第2H図に示すように、基板11の反対側（下面）に二酸化ケイ素単体、あるいは二酸化ケイ素に二酸化チタン等を均一に添加した歪補正を行うための歪補正膜19をイオン化蒸着法により形成する。歪補正膜19の材料としては、下部クラッド膜13及び上部クラッド膜15の材料と熱膨張係数が略等しい材料を用いるのが望ましい。

このようにして製造したシングルモード光導波路においては、一般に下部クラッド膜13と上部クラッド膜15の膜厚が10～30 μm 、コア部17の膜厚が6～8 μm 、そしてコアとクラッドとの比屈折率差が0.25～1.5%程度である。

以上述べたように、本実施形態によれば、石英平面光回路素子を構成する各膜を形成する際に、従来からの火炎堆積法に代えてイオン化蒸着法を用いたため、蒸着基板全体への成膜を点の蒸発源から均一かつ連続的に行えるようになり、膜厚を均一化することができると共に、成膜ロット間および成膜ロット内における屈折率分布の均一な光導波路を実現することができる。

また、本実施形態で用いたイオン化蒸着法は、約1000 $^{\circ}\text{C}$ の火炎堆積法と比べると、200 $^{\circ}\text{C}$ 前後の低温で下部クラッド膜、コア膜、そして上部クラッド膜を成膜することができるため、光導波路に生じる成膜応力（残留応力）が小さくなって、導波損失の低偏波依存化が可能となる。

さらに、本実施形態によれば、基板の裏面側に、表面側の膜と熱膨張係数が略同一の歪補正膜19を形成したため、基板の反りを修正することが可能となり、より完全な低偏波依存化が実現できるので、光ファイ

バとの接続性に優れた量産性の高い石英平面光回路素子を提供することができる。

以上の本実施形態の作用についてまとめると以下のようになる。

(1) 第2図(a)に示すように基板11の表面に下部クラッド膜13を形成する場合、例えば基板11の材料の熱膨張係数と下部クラッド膜13の材料の熱膨張係数が異なっていると、下部クラッド膜13を成膜するときの温度が高いほど基板11の熱膨張量と下部クラッド膜13の熱膨張量の差が大きくなる。すなわち、成膜温度で応力フリーの状態であれば、基板11と下部クラッド膜13が室温まで冷却されたときには、基板11と下部クラッド膜13は収縮し、基板11の寸法と下部クラッド膜13の寸法には、成膜温度と室温の差に比例した寸法差が生じることになり、これが基板11と下部クラッド膜13に残留応力(成膜応力)と残留歪を生じさせることとなる。これが導波損失の偏波依存性と基板の反りを生じさせる。

この点、本実施形態では、約1000℃の火炎堆積法を用いずに、200℃程度で処理できるイオン化蒸着法を用いているため、基板11と下部クラッド膜13の材料の熱膨張率が異なっていた場合でも、基板11と下部クラッド膜13に生ずる残留応力と残留歪を小さくすることができる。そのため、本実施形態によれば、導波損失の偏波依存性と基板の反りを小さくすることができる。

(2) さらに、第2図(h)に示すように、基板11の裏面側に、下部クラッド膜13の材料と略同じ熱膨張率を有する材料からなる歪補正膜19を成膜すると、歪補正膜19の成膜工程で、下部クラッド膜13の成膜工程で生じた残留歪と反対の残留歪が生ずるので、これらの歪が打ち消しあって、基板の反りをさらに小さくすることができる。

以上説明したように、上記の実施形態によれば、イオンプレーティン

5 グ蒸着法やイオンビームアシスト蒸着法といったイオン化蒸着法を用いて、基板の一方の面に二酸化ケイ素を主成分とした下部クラッド膜、コア部、上部クラッド膜、および基板の反対側の面には歪補正膜を形成するようにしたので、光導波路の屈折率分布が均一となり、成膜応力（残留応力）による導波損失の偏波依存性や基板の反りが殆ど無くなって、光ファイバとの接続性に優れ、高い量産性が得られる。

10 また、イオンプレーティング蒸着法やイオンビームアシスト蒸着法といったイオン化蒸着法を用いて、基板の一方の面に下部クラッド膜を形成し、その上にコア膜を形成し、コア膜を異方性エッチングで所定形状に加工してコア部を形成し、そのコア部と下部クラッド膜とを覆うように上部クラッド膜を形成し、その上部クラッド膜を直接又は熱処理によって熔融し、基板の反対側の面に歪補正膜を形成するようにしたので、光導波路の屈折率分布が均一となって、成膜応力による導波損失の偏波依存性や基板の反りが殆ど無くなり、光ファイバとの接続性に優れ、高い量産性が得られる。

15 なお、本発明は、その主旨を逸脱しない範囲で、上記実施形態を修正又は変形したものに適用可能である。

産業上の利用可能性

20 以上説明した様に、本発明によれば、シリコン単結晶基板もしくは合成石英ガラス基板（11）の一方の面に蒸着により形成した二酸化ケイ素を主成分とする下部クラッド膜（13）と、前記下部クラッド膜（13）上の一部に二酸化ケイ素を主成分とする材料を蒸着により形成した所定形状のコア部（17）と、前記コア部（17）と前記下部クラッド膜（13）とを覆うように、二酸化ケイ素を主成分とする上部クラッド膜（15）又は二酸化ケイ素に五酸化リンもしくは五酸化リンと三酸化

25

5 ボロンを均一に添加し、蒸着により形成した上部クラッド膜（15）と、を備えるように石英平面光回路素子を構成したので、光導波路の屈折率分布が均一となり、成膜応力（残留応力）による導波損失の偏波依存性や基板の反りが殆ど無くなって、光ファイバとの接続性に優れ、高い量産性が得られる。

また、基板（11）の反対側の面に蒸着により形成した二酸化ケイ素を主成分とする歪補正膜（19）をさらに備える様に構成したので、石英平面光回路素子の残留歪を抑制し、基板の反りを防止することができる。

10 また、歪補正膜（19）は、下部クラッド膜（13）と上部クラッド膜（15）の材料と略同じ熱膨張係数を有する材料からなる様に構成されているので、基板の反りを効果的に防止することができる。

また、シリコン単結晶基板もしくは合成石英ガラス基板（11）の一方の面に蒸着により二酸化ケイ素を主成分とした下部クラッド膜（13）を形成する工程と、前記下部クラッド膜（13）上に二酸化ケイ素を主成分とするコア膜を蒸着により形成する工程と、前記コア膜を異方性エッチングにより所定形状に加工してコア部（17）を形成する工程と、前記コア部（17）と前記下部クラッド膜（13）とを覆うように、二酸化ケイ素を主成分とする上部クラッド膜（15）又は二酸化ケイ素に五酸化リンもしくは五酸化リンと三酸化ボロンを均一に添加した上部クラッド膜（15）を蒸着により形成する工程と、前記上部クラッド膜（15）を熱処理により熔融する工程と、を含む様に石英平面光回路素子の製造方法を構成したので、光導波路の屈折率分布が均一となって、成膜応力による導波損失の偏波依存性や基板の反りが殆ど無くなり、光ファイバとの接続性に優れ、高い量産性が得られる。

15

20

25

請 求 の 範 囲

1. シリコン単結晶基板もしくは合成石英ガラス基板（11）の一方の面に蒸着により形成した二酸化ケイ素を主成分とする下部クラッド膜
5 （13）と、

前記下部クラッド膜（13）上の一部に二酸化ケイ素を主成分とする材料を蒸着により形成した所定形状のコア部（17）と、

前記コア部（17）と前記下部クラッド膜（13）とを覆うように、二酸化ケイ素を主成分とする上部クラッド膜（15）又は二酸化ケイ素
10 に五酸化リンもしくは五酸化リンと三酸化ボロンを均一に添加し、蒸着により形成した上部クラッド膜（15）と、

を備えることを特徴とする石英平面光回路素子。

2. 前記基板（11）の反対側の面に蒸着により形成した二酸化ケイ素を主成分とする歪補正膜（19）をさらに備えることを特徴とする請求
15 項1に記載の石英平面光回路素子。

3. 前記歪補正膜（19）は、前記下部クラッド膜（13）と上部クラッド膜（15）の材料と略同じ熱膨張係数を有する材料からなることを特徴とする請求項2に記載の石英平面光回路素子。

4. 前記コア部（17）を形成する前記二酸化ケイ素を主成分とする材料は、二酸化ケイ素に二酸化ゲルマニウムを添加した材料であることを特徴とする請求項1に記載の石英平面光回路素子。
20

5. シリコン単結晶基板もしくは合成石英ガラス基板（11）の一方の面に蒸着により二酸化ケイ素を主成分とした下部クラッド膜（13）を形成する工程と、

25 前記下部クラッド膜（13）上に二酸化ケイ素を主成分とするコア膜を蒸着により形成する工程と、

前記コア膜を異方性エッチングにより所定形状に加工してコア部（17）を形成する工程と、

前記コア部（17）と前記下部クラッド膜（13）とを覆うように、二酸化ケイ素を主成分とする上部クラッド膜（15）又は二酸化ケイ素に五酸化リンもしくは五酸化リンと三酸化ボロンを均一に添加した上部クラッド膜（15）を蒸着により形成する工程と、

前記上部クラッド膜（15）を熱処理により熔融する工程と、

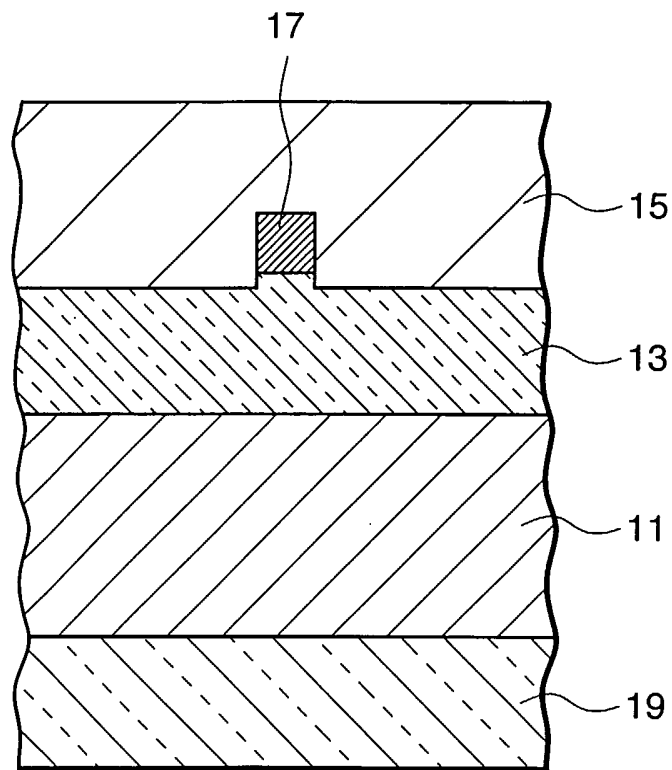
を含むことを特徴とする石英平面光回路素子の製造方法。

6. 前記基板（11）の反対側の面に二酸化ケイ素を主成分とした歪補正膜（19）を蒸着により形成する工程をさらに含むことを特徴とする請求項5に記載の石英平面光回路素子の製造方法。

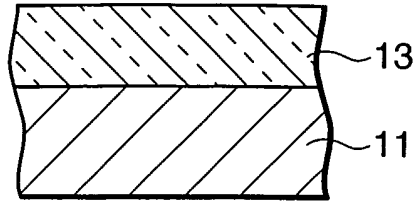
7. 前記歪補正膜（19）は、前記下部クラッド膜（13）と上部クラッド膜（15）の材料と略同じ熱膨張係数を有する材料からなることを特徴とする請求項6に記載の石英平面光回路素子の製造方法。

15 8. 前記コア膜を形成する前記二酸化ケイ素を主成分とする材料は、二酸化ケイ素に二酸化ゲルマニウムを添加した材料であることを特徴とする請求項5に記載の石英平面光回路素子の製造方法。

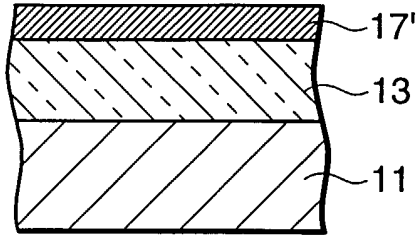
第 1 図



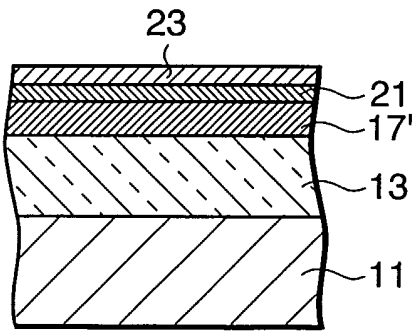
第 2A 図



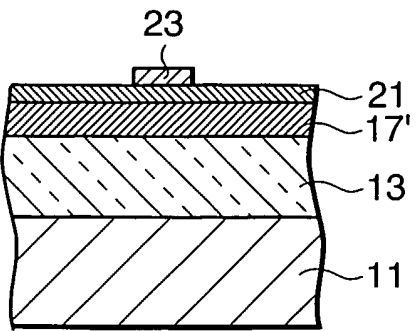
第 2B 図



第 2C 図

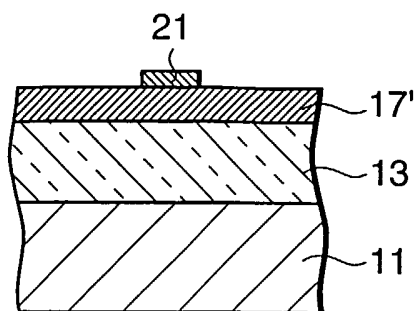


第 2D 図

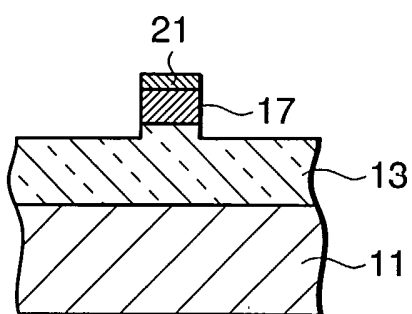


3/5

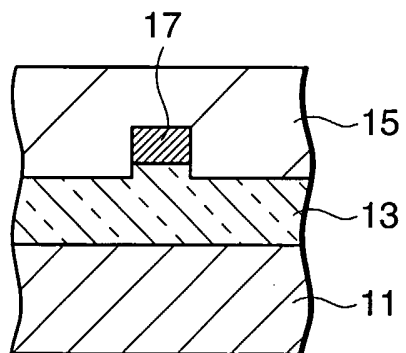
第 2E 図



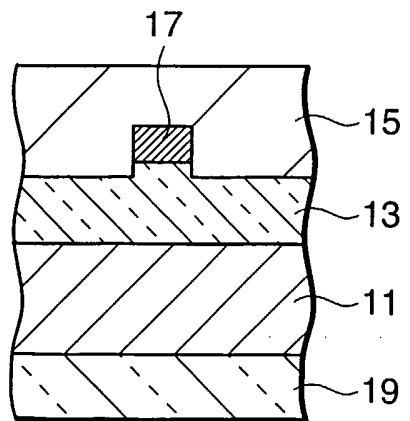
第 2F 図



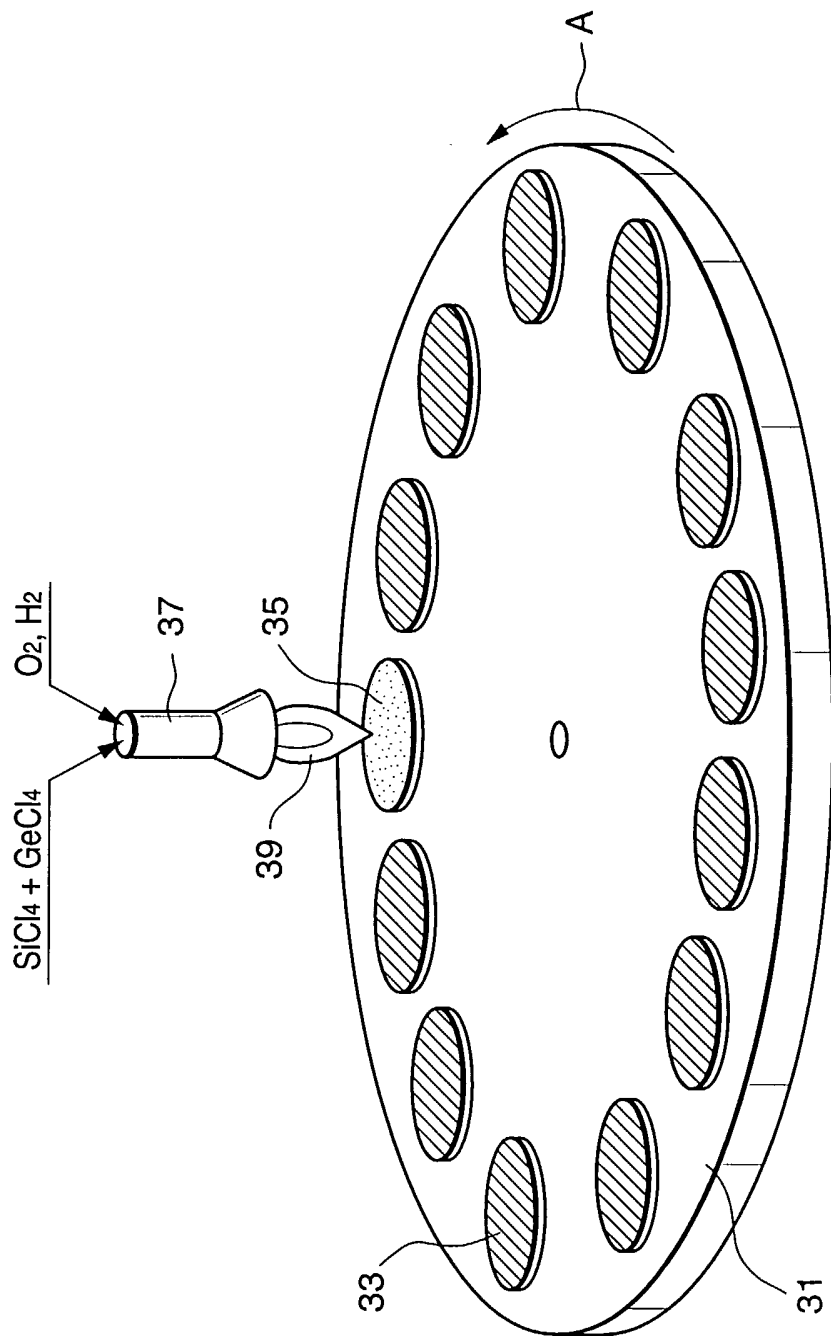
第 2G 図



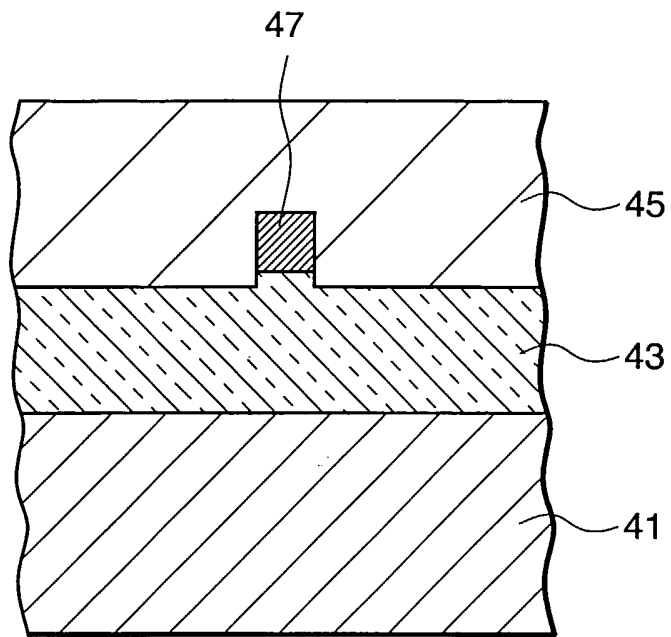
第 2H 図



第 3 図



第 4 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06600

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02B6/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G02B6/12-6/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 11-84157 A (Toyo Communication Equipment Co., Ltd.), 26 March, 1999 (26.03.99), Par. No. [0006]; Fig. 6 (Family: none)	1 2-8
X Y	EP 1074864 A2 (NHK Spring Co., Ltd), 07 February, 2001 (07.02.01), Par. Nos. [0017], [0026] to [0030], [0039] to [0044], [0049] to [0054]; Figs. 5 to 6(e), 9(a) to 9(e), 12(a) to 12(e) & JP 2001-116942 A	1,4 2,3,5-8
Y	EP 304709 A2 (Hitachi Ltd.), 01 March, 1989 (01.03.89), Figs. 1(B), 3(B), 4(B), 5(B) & US 4904037 A & JP 64-57207 A	2,3,6,7
Y	JP 8-110425 A (Hitachi Cable, Ltd.), 30 April, 1996 (30.04.96), Figs. 1, 2 (Family: none)	2,3,6,7

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search
02 October, 2001 (02.10.01)

Date of mailing of the international search report
16 October, 2001 (16.10.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06600

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-104451 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 24 April, 1998 (24.04.98), Par. No. [0003] (Family: none)	5-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ G02B6/12		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ G02B6/12-6/14		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996 日本国公開実用新案公報 1971-2001 日本国登録実用新案公報 1994-2001 日本国実用新案登録公報 1996-2001		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 11-84157 A (東洋通信機株式会社) 26.3月.1999(26.03.99) 【0006】 【図6】 (ファミリーなし)	1 2-8
X Y	EP 1074864 A2 (NHK Spring Co., Ltd) 07.2月.2001(07.02.01) [0017], [0026]-[0030], [0039]-[0044], [0049]-[0054], Fig.5-Fig.6e, Fig.9a-Fig.9e, Fig.12a-Fig.12e & JP 2001-116942 A	1,4 2,3,5-8
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	02.10.01	国際調査報告の発送日
		16.10.01
国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官 (権限のある職員)	2K 9411
日本国特許庁 (ISA/JP)	日夏 貴史	
郵便番号100-8915		
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	電話番号 03-3581-1101	内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP 304709 A2 (Hitachi Ltd.) 01.3 月.1989(01.03.89) Fig.1B, Fig.3B, Fig.4B, Fig.5B & US 4904037 A & JP 64-57207 A	2,3,6,7
Y	JP 8-110425 A (日立電線株式会社) 30.4 月.1996(30.04.96) 図1, 図2 (ファミリーなし)	2,3,6,7
Y	JP 10-104451 A (信越化学工業株式会社) 24.4 月.1998(24.04.98) 【0003】段落 (ファミリーなし)	5-8