

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-119379  
(P2006-119379A)

(43) 公開日 平成18年5月11日(2006.5.11)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)  
**GO2B 6/13 (2006.01)** GO2B 6/12 M 2H047  
**GO2B 6/122 (2006.01)** GO2B 6/12 A

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2004-307270 (P2004-307270)	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成16年10月21日(2004.10.21)	(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100092657 弁理士 寺崎 史朗
		(74) 代理人	100110582 弁理士 柴田 昌聰
		(72) 発明者	福田 智恵 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
		(72) 発明者	秋葉 勝義 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

最終頁に続く

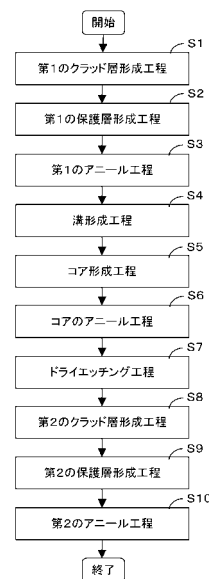
(54) 【発明の名称】 光導波路デバイスの製造方法、および光導波路デバイス

(57) 【要約】

【課題】 クラッド層の白濁を抑え、且つ、クラッド層のフッ素濃度を高めることができる光導波路デバイスの製造方法を提供すること。

【解決手段】 本発明による光導波路デバイス1の製造方法は、基板の主面上に、フッ素を添加した石英ガラスからなる第1のクラッド層を形成する第1のクラッド層形成工程と、第1のクラッド層の主面上に、純石英ガラスからなる第1の保護層を形成する第1の保護層形成工程と、第1の保護層を貫通して第1のクラッド層に達する溝を形成する溝形成工程と、溝に、純石英ガラスからなるコアを形成するコア形成工程と、第1の保護層の主面上およびコアの上に、フッ素を添加した石英ガラスからなる第2のクラッド層を形成する第2のクラッド層形成工程とを備えることを特徴とする。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光導波路デバイスの製造方法であって、

基板の主面上に、フッ素を添加した石英ガラスからなる第 1 のクラッド層を形成する第 1 のクラッド層形成工程と、

前記第 1 のクラッド層の主面上に、石英ガラスからなる第 1 の保護層を形成する第 1 の保護層形成工程と、

前記第 1 の保護層形成工程の後に、前記第 1 のクラッド層と前記第 1 の保護層とに対してアニールを行う第 1 のアニール工程と、

前記第 1 の保護層を貫通して前記第 1 のクラッド層に達する溝を形成する溝形成工程と 10

、前記溝に、石英ガラスからなるコアを形成するコア形成工程と、

前記第 1 の保護層の主面上および前記コアの上に、フッ素を添加した石英ガラスからなる第 2 のクラッド層を形成する第 2 のクラッド層形成工程と

を備えることを特徴とする光導波路デバイスの製造方法。

## 【請求項 2】

前記第 2 のクラッド層の主面上に、石英ガラスからなる第 2 の保護層を形成する第 2 の保護層形成工程と、

前記第 2 の保護層形成工程の後に、前記第 2 のクラッド層と前記第 2 の保護層とに対してアニールを行う第 2 のアニール工程と 20

を備えたことを特徴とする、請求項 1 に記載の光導波路デバイスの製造方法。

## 【請求項 3】

前記第 1 のクラッド層形成工程において、有機シリコン化合物と酸素とフッ素化カーボンとの混合ガスを容器内に導入した状態で誘導結合プラズマ CVD 法を用いて、前記第 1 のクラッド層を形成することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の光導波路デバイスの製造方法。

## 【請求項 4】

前記第 2 のクラッド層形成工程において、有機シリコン化合物と酸素とフッ素化カーボンとの混合ガスを容器内に導入した状態で誘導結合プラズマ CVD 法を用いて、前記第 2 のクラッド層を形成することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の光 30

導波路デバイスの製造方法。

## 【請求項 5】

前記第 1 の保護層形成工程において形成された前記第 1 の保護層の厚さが 2  $\mu$ m 以下であることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の光導波路デバイスの製造方法。

## 【請求項 6】

基板の主面上に形成された、フッ素が添加された石英ガラスからなる第 1 のクラッド層と、 40

前記第 1 のクラッド層の主面上に形成された、石英ガラスからなる第 1 の保護層と、前記第 1 の保護層を貫通して前記第 1 のクラッド層に達する溝に形成された、石英ガラスからなるコアと、

前記第 1 の保護層の主面上と前記コアの上に形成された、フッ素が添加された石英ガラスからなる第 2 のクラッド層と

を備えることを特徴とする光導波路デバイス。

## 【請求項 7】

前記第 2 のクラッド層の主面上に形成された、石英ガラスからなる第 2 の保護層を備えることを特徴とした請求項 6 に記載の光導波路デバイス。

## 【請求項 8】

前記第 1 のクラッド層と石英ガラスとの比屈折率差の絶対値が 0.45% 以上であり、 50

前記第 2 のクラッド層と石英ガラスとの比屈折率差の絶対値が 0.45% 以上であるこ

とを特徴とする請求項 6 または請求項 7 に記載の光導波路デバイス。

【請求項 9】

前記第 1 の保護層の厚さが前記コアの厚さよりも薄いことを特徴とする請求項 6 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の光導波路デバイス。

【請求項 10】

前記第 1 の保護層の厚さが  $1 \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする請求項 6 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の光導波路デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光導波路デバイスの製造方法、および光導波路デバイスに関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

フッ素を添加した石英ガラスは、フッ素を添加しない石英ガラスよりも屈折率が小さいことが知られている。特許文献 1 には、フッ素を添加した石英ガラスからなるクラッド層を備えた光導波路デバイスの製造方法について記載されている。特許文献 1 には、第 1 のクラッド層と、その第 1 のクラッド層の平坦な面の上に形成された断面矩形のコアとを覆うように、第 2 のクラッド層を誘導結合プラズマ CVD 法にて形成する技術が開示されている。

20

【特許文献 1】特開平 9 - 243846 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明者らは検討の結果、次のようなことを見出した。第 2 のクラッド層を形成する工程で、コアを第 2 のクラッド層で覆うために必要な大きさのバイアスを基板に印加すると、原料ガスに含まれるフッ素が、石英ガラスと反応して消費されてしまう。その結果、形成された第 2 のクラッド層に含まれるフッ素濃度は、所望のフッ素濃度よりも低い。

【0004】

さらに、本発明者らは検討の結果、次のようなことも見出した。フッ素を添加した石英ガラスからなるクラッド層は、アニール工程やドライエッチングを施す工程において、白濁する。クラッド層は白濁すると、導波損失が大きくなる。

30

【0005】

本発明は、上記問題を解消する為になされたものであり、クラッド層の白濁を抑え、且つ、クラッド層のフッ素濃度を高めることができる光導波路デバイス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】

上記目的を達成するために、本発明による光導波路デバイスの製造方法は、基板の主面上に、フッ素を添加した石英ガラスからなる第 1 のクラッド層を形成する第 1 のクラッド層形成工程と、第 1 のクラッド層の主面上に、石英ガラスからなる第 1 の保護層を形成する第 1 の保護層形成工程と、第 1 の保護層形成工程の後に、第 1 のクラッド層と第 1 の保護層とに対してアニールを行う第 1 のアニール工程と、第 1 の保護層を貫通して第 1 のクラッド層に達する溝を形成する溝形成工程と、溝に、石英ガラスからなるコアを形成するコア形成工程と、第 1 の保護層の主面上および前記コアの上に、フッ素を添加した石英ガラスからなる第 2 のクラッド層を形成する第 2 のクラッド層形成工程とを備えることを特徴とする。

40

【0007】

また、本発明は、基板の主面上に形成された、フッ素が添加された石英ガラスからなる第 1 のクラッド層と、第 1 のクラッド層の主面上に形成された、石英ガラスからなる第 1

50

の保護層と、第1の保護層を貫通して第1のクラッド層に達する溝に形成された、石英ガラスからなるコアと、第1の保護層の主面上とコアの上に形成された、フッ素が添加された石英ガラスからなる第2のクラッド層とを備えることを特徴とする光導波路デバイスにも係る。

【0008】

このように第1のクラッド層の主面上に第1の保護層を形成するので、第1のクラッド層と第1の保護層を形成した後に行う第1のアニール工程において、第1のクラッド層の白濁を防止することができる。また、上記のように溝にコアを形成するので、第2のクラッド層形成工程においては、第1の保護層とコアに段差がない平らな状態にすることができる。平らな面の上に、第2のクラッド層を形成するので、基板に印加するバイアスを従来よりも低くすることができる。基板に印加するバイアスが低い方が、石英ガラスに多くフッ素を添加できることから、第2のクラッド層のフッ素濃度を高めることができる。

10

【0009】

本発明による光導波路デバイスの製造方法において、第2のクラッド層の主面上に、石英ガラスからなる第2の保護層を形成する第2の保護層形成工程と、第2の保護層形成工程の後に、第2のクラッド層と第2の保護層とに対してアニールを行う第2のアニール工程とを備えることが望ましい。

【0010】

また、本発明に係る光導波路デバイスは、第2のクラッド層の主面上に形成された、石英ガラスからなる第2の保護層を備えることが望ましい。

20

【0011】

このように第2のクラッド層の主面上に第2の保護層を形成するので、第2のクラッド層と第2の保護層を形成した後に行う第2のアニール工程において、第2のクラッド層の白濁を防止することができる。

【0012】

上記の光導波路デバイスの製造方法では、第1のクラッド層形成工程において、有機シリコン化合物と酸素とフッ素化カーボンとの混合ガスを容器内に導入した状態で誘導結合プラズマCVD法を用いて、第1のクラッド層を形成することが望ましい。

【0013】

また、本発明による光導波路デバイスの製造方法では、第2のクラッド層形成工程において、有機シリコン化合物と酸素とフッ素化カーボンとの混合ガスを容器内に導入した状態で誘導結合プラズマCVD法を用いて、前記第2のクラッド層を形成することも望ましい。

30

【0014】

このように上記の原料ガスを用いて誘導結合プラズマCVD法にてクラッド層を形成することにより、フッ素を添加した石英ガラスからなるクラッド層を形成することができる。

【0015】

上記の光導波路デバイスの製造方法では、第1の保護層形成工程において形成された第1の保護層の厚さが2 $\mu$ m以下であることも望ましい。これにより、製造時間を過度に増加せずに、上述した第1のクラッド層の白濁防止効果を得ることができる。

40

【0016】

上記光導波路デバイスは、第1のクラッド層と石英ガラスとの比屈折率差の絶対値が0.45%以上であり、第2のクラッド層と石英ガラスとの比屈折率差の絶対値が0.45%以上であることが望ましい。これにより、コアと第1のクラッド層との比屈折率差の絶対値が大きくなり、且つ、コアと第2のクラッド層との比屈折率差の絶対値も大きくなる。よって、コアへの光の閉じ込め効果が増加するので、光導波路デバイスの曲率半径を小さくすることができる。光導波路デバイスの曲率半径を小さくすることができるので、光導波路デバイスを用いた光回路設計の自由度を広げることができる。

【0017】

50

上記の光導波路デバイスは、第1の保護層の厚さがコアの厚さよりも薄いことが望ましい。第1の保護層とコアは同一材料から形成されているので、第1の保護層とコアの比屈折率差の絶対値が小さい。従って、上記のようにして、コアの第1のクラッド層に接している面に対して、コアの第1の保護層に接している面を小さくすることによって、光が第1の保護層へ漏れ出すことによる導波損失を低減することができる。

【0018】

上記の光導波路デバイスは、第1の保護層の厚さが1 μm以下であることが望ましい。これにより、第1の保護層とコアとの比屈折率差を小さくでき、導波損失を効果的に低減することができる。

【発明の効果】

10

【0019】

本発明によれば、クラッド層の白濁を抑え、且つ、クラッド層のフッ素濃度を高めることができる光導波路デバイスの製造方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、添付図面を参照して発明を実施するための最良の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0021】

まず、本実施形態に係る光導波路デバイスについて説明する。図1は、本実施形態にかかる光導波路デバイスの断面図である。本実施形態の光導波路デバイス1は、基板3の上に形成された第1のクラッド層5と、第1のクラッド層5の主面上に形成された第1の保護層7と、第1の保護層7を貫通して第1のクラッド層5に達する溝に形成されたコア9と、第1の保護層7の主面上とコア9の上に形成された第2のクラッド層11と、第2のクラッド層11の主面上に形成された第2の保護層13とを備える。

20

【0022】

第1のクラッド層5と第2のクラッド層11は、フッ素が添加された石英ガラスからなる。第1の保護層7と第2の保護層13とコア9は、純石英ガラスからなる。フッ素を添加した石英ガラスは、純石英ガラスよりも屈折率が小さいので、第1のクラッド層5と第2のクラッド層11の屈折率は、コア9の屈折率よりも小さい。更に、第1のクラッド層5と純石英ガラスとの比屈折率差の絶対値は0.45%以上であり、且つ、第2のクラッド層11と純石英ガラスとの比屈折率差の絶対値は0.45%以上であることが好ましい。ここで、純石英ガラスとは、不純物を添加していない石英ガラスをいう。また、コア9の材料として純石英ガラスを用いたが、クラッド層との屈折率差が所定の値に設定できれば、屈折率調整用の不純物を添加した石英ガラスを用いてもよい。

30

【0023】

また、第1の保護層7の厚さは、コア9の厚さよりも薄いことが望ましい。第1の保護層7の厚さは、1 μm以下であることも望ましい。

【0024】

上記光導波路デバイス1を製造するのに好適な誘導結合プラズマCVD装置について説明する。誘導結合プラズマCVD装置の断面図を図6に示す。誘導結合高周波プラズマを発生させるための容器30(真空容器)には、混合ガスを導入するための導入口32、混合ガスを排気するための排気口34および高周波導入窓36がある。高周波導入窓36は、容器30の外に設けられたコイル50により発生させる高周波電磁場を容器30へ透過させて、誘導結合高周波プラズマを発生させるためのものである。コイル50には、整合回路52を介して、高周波電源54が接続されている。容器30には、基板3を搭載する電極板40が設けられている。この電極板40には、整合回路42を介して調整用高周波電源44が接続されるとともに、冷却水循環パイプ46が接続されている。調整用高周波電源44を調整することによって、電極板40に印加される電力値を調整できる。

40

【0025】

引き続き、光導波路デバイス1の製造方法について説明する。図2は、本実施形態に

50

係る光導波路デバイスの製造工程を説明するフローチャートである。図3から図5は、本実施形態の光導波路デバイス製造工程を説明する図である。

【0026】

まず、第1のクラッド層形成工程(S1)を行う。第1のクラッド層形成工程(S1)では、基板3の主面上に、第1のクラッド層5aを形成する(図3(A))。基板3は、例えば、石英ガラス基板を用いることができる。第1のクラッド層5aは、フッ素が添加された石英ガラスからなる。よって、第1のクラッド層5aは、純石英ガラスよりも屈折率が小さい。

【0027】

好適な実施例では、有機シリコン化合物と酸素とフッ素化カーボン(CF<sub>4</sub>)との混合ガスを誘導結合プラズマCVD装置の容器30内に導入した状態で、誘導結合プラズマCVD法を用いて第1のクラッド層5aを形成する。上述の誘導結合プラズマCVD装置を用いて第1のクラッド層5aを形成する場合の好適な条件について具体的に説明する。コイル50への投入周波数は13.56MHzである。コイル50への投入電力は、1000Wである。電極板40への投入周波数は、140kHzである。電極板40への投入電力は、200Wである。容器30内の圧力は1Paである。混合ガスの流量比は、酸素：有機Si化合物(TEOS)：CF<sub>4</sub>(フッ素化カーボン)=70：1：10である。基板3の加熱温度は、400である。形成する第1のクラッド層5aの厚さは、例えば、30μmである。

10

【0028】

続いて、第1の保護層形成工程(S2)を行う。第1の保護層形成工程(S2)では、第1のクラッド層5aの主面上に、第1の保護層7aを形成する(図3(B))。第1の保護層7aは、純石英ガラスからなる。形成する第1の保護層7aの厚さは、例えば、2μmである。

20

【0029】

好適な実施例では、有機シリコン化合物と酸素との混合ガスを誘導結合プラズマCVD装置の容器30内に導入した状態で、誘導結合プラズマCVD法を用いて第1の保護層7aを形成する。上述の誘導結合プラズマCVD装置を用いて第1の保護層7aを形成する場合に好適な条件は、CF<sub>4</sub>ガスの導入を停止する以外、第1のクラッド層5aを形成する条件と同じである。つまり、第1のクラッド層形成工程(S1)が終了すると、容器30へのCF<sub>4</sub>ガスの導入を停止し、引き続いて第1の保護層7aを形成すればよい。よって、第1の保護層形成工程(S2)にて、形成条件を設定する必要がないので、製造工程が簡略化する。

30

【0030】

第1の保護層形成工程(S2)の後に、第1のアニール工程(S3)を行う。第1のアニール工程(S3)では、第1のクラッド層5aと第1の保護層7aに対してアニールを行うことにより、第1のクラッド層5aと第1の保護層7aに含まれるOH基を除去する。第1のアニール工程(S3)において、第1のクラッド層5aと第1の保護層7aから、それぞれOH基を除去した第1のクラッド層5bと第1の保護層7bを生成する(図3(B))。例えば、アニールは、酸素雰囲気において、1000で10時間行われる。

40

【0031】

第1のアニール工程(S3)の後に、溝形成工程(S4)を行う。第1の保護層7bを貫通して第1のクラッド層5bに達する溝8Aと溝8Bを形成する(図4(A))。溝8Aと溝8Bとを形成することによって、第1の保護層7cと第1のクラッド層5が形成される。一実施例では、第1の保護層7bの主面上にレジストマスク(図示せず)を形成し、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>ガスを用いたドライエッチングで溝8Aと溝8Bとを形成する。

【0032】

溝形成工程(S4)の後に、コア形成工程(S5)を行う。コア形成工程(S5)では、コア9aが、溝8aと溝8bを埋めるように形成され、かつ、溝8aと溝8bによって貫通された第1の保護層7bの主面上にも形成される(図4(B))。コア9aは、純石

50

英ガラスからなる。

【0033】

好適な実施例では、原料の混合ガスを誘導結合プラズマCVD装置の容器30内に導入した状態で、誘導結合プラズマCVD法を用いてコア9aを形成する。上述の誘導結合プラズマCVD装置を用いてコア9aを形成する場合に好適な条件について具体的に説明する。コイル50への投入周波数は13.56MHzである。コイル50への投入電力は、1200Wである。電極板40への投入周波数は、130kHzである。電極板40への投入電力は、500Wである。容器30内の圧力は0.5Paである。混合ガスの流量比は、酸素：有機Si化合物(TEOS) = 20：1である。基板3の加熱温度は、600である。形成するコア9aの厚さは、例えば、9μmである。

10

【0034】

コア形成工程(S5)の後に、コアのアニール工程(S6)を行う。コアのアニール工程(S6)では、コア9aに対してアニールを行うことにより、コア9bに含まれるOH基を除去して、コア9bを生成する(図4(B))。例えば、アニールは、酸素雰囲気において、1000で10時間行われる。

【0035】

コアのアニール工程(S6)の後に、ドライエッチング工程(S7)を行う。ドライエッチング工程(S7)では、レジストマスク10を形成し、ドライエッチングを行う。レジストマスク10は、コア9bを覆うように形成する(図4(C))。ドライエッチングは、レジストマスク10とコア9bの表層と第1の保護層7cの表層とに行い、コア9Aとコア9Bと第1の保護層7を形成する(図4(D))。第1の保護層7cに対して、所定の厚さだけ残して、ドライエッチングが行われ、第1の保護層7が形成される。溝8内のコア9aは残して、第1の保護層7との段差がなくなるように、コア9bのドライエッチングが行われ、コア9Aとコア9Bが形成される。第1の保護層7の厚さは、1μm以下が好ましい。ドライエッチングにより、第1の保護層7cはすべて除去してもよい。一実施例では、ドライエッチングの混合ガスは、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>と酸素であって、その混合比は、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>：酸素 = 5：1である。

20

【0036】

ドライエッチング工程(S7)の後に、第2のクラッド層形成工程(S8)を行う。第2のクラッド層形成工程(S8)では、第1の保護層7の主面上およびコア9上に、第2のクラッド層11aを形成する(図5(A))。第2のクラッド層11aは、フッ素が添加された石英ガラスからなる。よって、第2のクラッド層11aは、純石英ガラスよりも屈折率が小さい。

30

【0037】

好適な実施例では、有機シリコン化合物と酸素とフッ素化カーボン(CF<sub>4</sub>)との混合ガスを誘導結合プラズマCVD装置の容器30内に導入した状態で、誘導結合プラズマCVD法を用いて第2のクラッド層11aを形成する。上述の誘導結合プラズマCVD装置を用いて第2のクラッド層11aを形成する好適な条件は、第1のクラッド層5aを形成する好適な条件と同様である。

【0038】

続いて、第2の保護層形成工程(S9)を行う。第2の保護層形成工程(S9)では、第2のクラッド層11aの主面上に、第2の保護層13aを形成する(図5(B))。第2の保護層13aは、純石英ガラスからなる。形成する第2の保護層13aの厚さは、例えば、2μmである。

40

【0039】

好適な実施例では、有機シリコン化合物と酸素との混合ガスを誘導結合プラズマCVD装置の容器30内に導入して、誘導結合プラズマCVD法を用いて第2の保護層13aを形成する。上述の誘導結合プラズマCVD装置を用いて第2の保護層13aを形成する好適な条件は、第1の保護層7aを形成する場合と同様で、CF<sub>4</sub>ガスの導入を停止する以外、第2のクラッド層11aを形成する条件と同じである。つまり、第2のクラッド層形

50

成工程 (S8) が終了すると、CF<sub>4</sub> ガスの導入を停止し、引き続いて第2の保護層13aを形成すればよい。よって、第2の保護層形成工程 (S9) にて、形成条件を設定する必要がないので、製造工程が簡略化する。

【0040】

第2の保護層形成工程 (S9) の後、第2のアニール工程 (S10) を行う。第2のアニール工程 (S10) では、第2のクラッド層11aと第2の保護層13aに対してアニールを行うことにより、第2のクラッド層11aと第2の保護層13aに含まれるOH基を除去する。第2のアニール工程 (S10) において、第2のクラッド層11aと第2の保護層13aから、それぞれOH基を除去した第2のクラッド層5と第2の保護層7を生成する (図5 (B))。例えば、アニールは、酸素雰囲気において、1000 で10時間行われる。 10

【0041】

以上の工程により、フッ素が添加された石英ガラスからなる第1のクラッド層5と、純石英ガラスからなる第1の保護層7と、第1の保護層7を貫通して第1のクラッド層5に達する溝に形成された純石英ガラスからなるコア9と、フッ素が添加された石英ガラスからなる第2のクラッド層11と、純石英ガラスからなる第2の保護層13とを備える光導波路デバイス1が得られる。

【0042】

本発明に係る光導波路デバイスの製造方法において、溝8にコア9を形成することによる効果について詳細に説明する。本発明者らは、検討の結果、次のことを見出した。誘導結合プラズマCVD装置を用いてクラッド層を形成する際に、石英ガラスへのフッ素の添加量が、電極板40への投入電力に依存する。フッ素が添加された石英ガラスからなるクラッド層と純石英ガラスとの比屈折率差  $(= (n_1^2 - n_2^2) / 2n_1^2)$ 、 $n_1$  : 純石英ガラスの屈折率、 $n_2$  : クラッド層の屈折率) は、そのフッ素添加量によって決まる。つまり、クラッド層を、誘導結合プラズマCVD装置を用いて形成する場合、形成されるクラッド層と純石英ガラスとの比屈折率差 は、電極板40への投入電力に依存する。 20

【0043】

電極板40への投入電力と比屈折率差 との関係を図7に示す。図7は、横軸が電極板40への投入電力 (W) を示し、縦軸がクラッド層と純石英ガラスとの比屈折率差 (%) を示す。図7において、クラッド層の形成条件は、電極板40への投入電力以外の条件は、上記で説明した第1のクラッド層5a (第2のクラッド層11a) を形成する好適な条件と同様である。図7によると、電極板40への投入電力が大きくなると、クラッド層と純石英ガラスとの屈折率差 の絶対値が小さくなる。原料ガスに含まれるフッ素は、形成された石英ガラス (SiO<sub>2</sub>) と反応してSiF<sub>4</sub> を形成する作用 (エッチング作用) がある。電極板40への投入電力が大きいと、フッ素が基板3に到達する勢いが強いいため、形成された石英ガラスと反応して消費される量が多くなる。その結果、形成されたクラッド層に含まれるフッ素濃度は、所望のフッ素濃度よりも低くなると考えられる。 30

【0044】

例えば、第1のクラッド層と、その第1のクラッド層の平坦な面の上に形成された断面矩形のコアとを覆うように、第2のクラッド層を誘導結合プラズマCVD法にて形成する場合、コアを第2のクラッド層で覆うために必要な基板搭載電極への投入電力は、約400Wである。図7より、電極板40への投入電力が400Wのとき、クラッド層と純石英ガラスの比屈折率差 は -0.15%程度しか得られない。 40

【0045】

本発明に係る光導波路デバイス1の製造方法において、第1のクラッド層形成と第2のクラッド層形成は平坦な面に対して行われるため、基板搭載電極への投入電力を過度に上げる必要がない。よって、フッ素を高めたクラッド層を得ることができる。好適な一実施例として、基板搭載電極へ200Wの電力を投入すると、クラッド層と純石英ガラスの比屈折率差 が -1.1%程度のクラッド層を得ることができる。 50



## 【0046】

続いて、本発明に係る光導波路デバイスの製造方法において保護層を形成する効果について詳細に説明する。従来、第1の保護層7aのない状態で、第1のクラッド層5aのアニールと、溝9を形成するドライエッチングが行われていた。また、第2の保護層13aのない状態で第2のクラッド層11aのアニールが行われていた。しかし、本発明者らは、検討の結果、次のことを見出した。フッ素が添加された石英ガラスからなるクラッド層に対してアニールやドライエッチングを行うと、クラッド層が白濁する。クラッド層が白濁すると、導波光のエバネセント成分が散乱し導波損失が大きくなる。さらに、本発明者らによって次のことも見出された。フッ素が添加された石英ガラスからなるクラッド層の主面上に、純石英ガラスからなる保護層を形成することにより、アニールやドライエッチングを行う工程において、クラッド層の白濁を防止することができる。

10

## 【0047】

この白濁防止効果について、発明者らによって次のことが確認されている。白濁防止効果は、保護層が厚いほど有効である。具体的には、クラッド層と純石英ガラスとの比屈折率差が $-1.1\%$ であるクラッド層は、その保護層の厚さが $1\mu\text{m}$ である場合にアニールを行った結果、クラッド層に白濁が確認された。一方、同じく、クラッド層と純石英ガラスとの比屈折率差が $-1.1\%$ であるクラッド層は、その保護層の厚さが $7.5\mu\text{m}$ である場合にアニールを行った結果、クラッド層に白濁が確認されなかった。

## 【0048】

上記白濁防止効果について、発明者らによって次のことも確認されている。クラッド層と純石英ガラスとの比屈折率差の絶対値が大きいほど、クラッド層はアニールで白濁しやすい。つまり、クラッド層のフッ素濃度が高いほど、クラッド層はアニールで白濁しやすい。具体的には、保護層の厚さが $1\mu\text{m}$ の場合に、クラッド層と純石英ガラスとの比屈折率差が $-1.1\%$ であるクラッド層に対してアニールを行った結果、クラッド層の白濁が確認された。同じく保護層の厚さが $1\mu\text{m}$ の場合に、クラッド層と純石英ガラスとの比屈折率差が $-0.9\%$ であるクラッド層に対してアニールを行った結果、クラッド層の白濁は確認されなかった。

20

## 【0049】

一方、第1の保護層7は、最終的に、厚さが $1\mu\text{m}$ 以下となることが好ましい。第1の保護層形成工程(S2)において形成された第1の保護層7aの厚さが $7.5\mu\text{m}$ であると、厚さが $2\mu\text{m}$ である場合と比較して、コア形成工程(S5)におけるドライエッチングの際に、かかる時間が2倍となった。

30

## 【0050】

必要な第1のクラッド層と純石英ガラスとの比屈折率差と、第1のクラッド層の白濁防止効果と、コア形成工程(S5)におけるドライエッチングにかかる時間とを考慮した結果、第1の保護層形成工程(S2)において第1の保護層7aの厚さが $2\mu\text{m}$ 以下になるように形成することが望ましい。

## 【0051】

以上説明した本実施形態の光導波路デバイスの製造方法により作成した光導波路デバイス1のフッ素添加量について、電子プローブマイクロアナライザー(EPM A)を用いて分析を行った。その結果、クラッド層(第1のクラッド層5と第2のクラッド層11)におけるフッ素添加量は、クラッド層と純石英ガラスとの比屈折率差に換算すると、 $-1.1\%$ であった。これによって、高濃度のフッ素がクラッド層に添加されていることが確認できた。また、導波損失は $0.15\text{dB/cm}$ と良好であった。

40

## 【0052】

本実施形態の光導波路デバイスの製造方法によれば、第1のクラッド層形成工程(S1)と第2のクラッド層形成工程(S8)とは平坦な面に対して行われるため、基板搭載電極への投入電力を過度に上げる必要がない。よって、フッ素濃度が高いクラッド層を得ることができる。さらに、第1のクラッド層5aと第2のクラッド層11aの主面上に、それぞれ第1の保護層7aと第2の保護層13aを形成してアニールやエッチングを行うの

50

で、第1のクラッド層5と第2のクラッド層11の白濁を抑えることができる。また、保護層として純石英ガラスを用いたが、実験の結果からフッ素が添加されていない石英ガラスでも上記の効果が得られることが分かった。よって、保護層としてフッ素が添加されていない石英ガラスを用いてもよい。また、白濁しない程度の十分低濃度のフッ素が添加された石英ガラスを用いてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】本発明の実施形態に係る光導波路デバイスの断面図である。

【図2】本発明の実施形態に係る光導波路デバイスの製造工程を説明するためのフローチャートである。

【図3】(A)から(B)は、本発明の実施形態に係る光導波路デバイス製造工程を説明するための図である。

【図4】(A)から(D)は、本発明の実施形態に係る光導波路デバイス製造工程を説明するための図である。

【図5】(A)から(C)は、本発明の実施形態に係る光導波路デバイス製造工程を説明するための図である。

【図6】誘導結合プラズマCVD装置の断面図である。

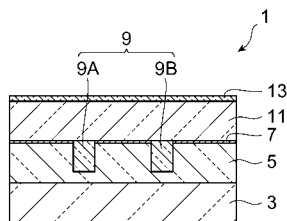
【図7】基板搭載電極への投入電力と、クラッド層と純石英ガラスとの比屈折率差との関係を示す図である。

【符号の説明】

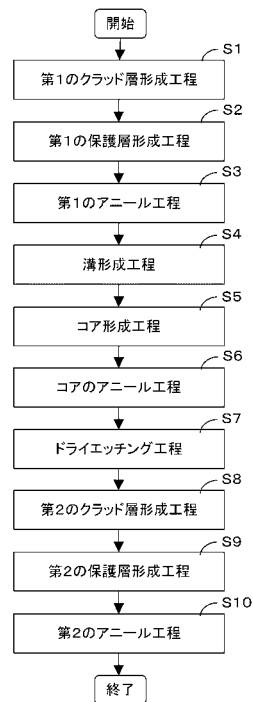
【0054】

1・・・光導波路デバイス、3・・・基板、5・・・第1のクラッド層、7・・・第1の保護層、9・・・コア、10、レジストマスク、11・・・第2のクラッド層、13・・・第2の保護層

【図1】



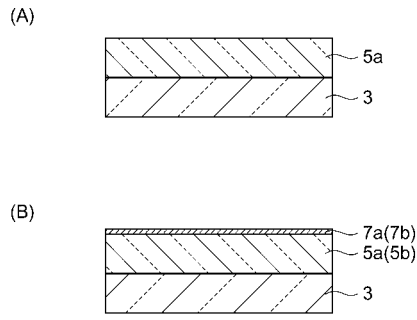
【図2】



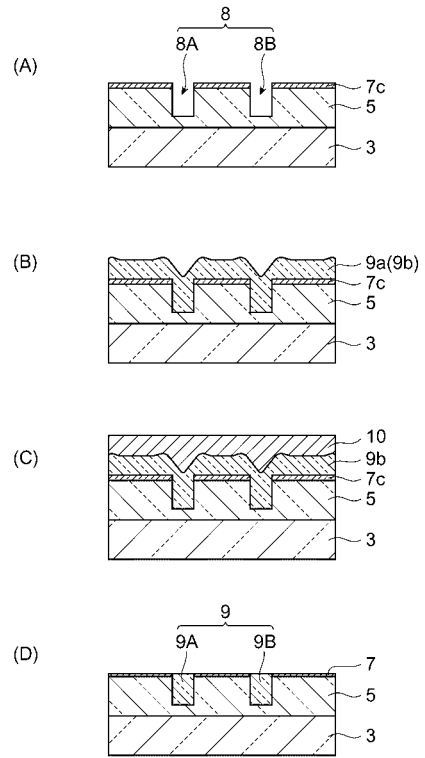
10

20

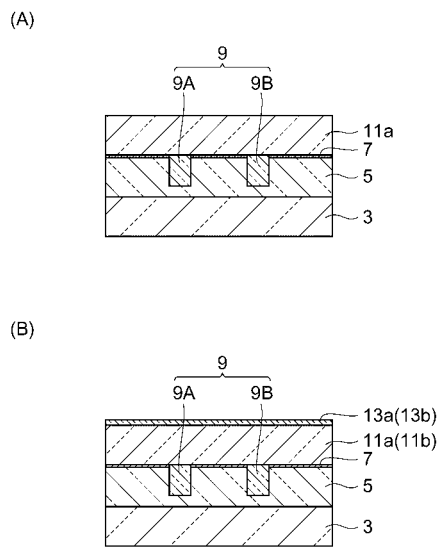
【 図 3 】



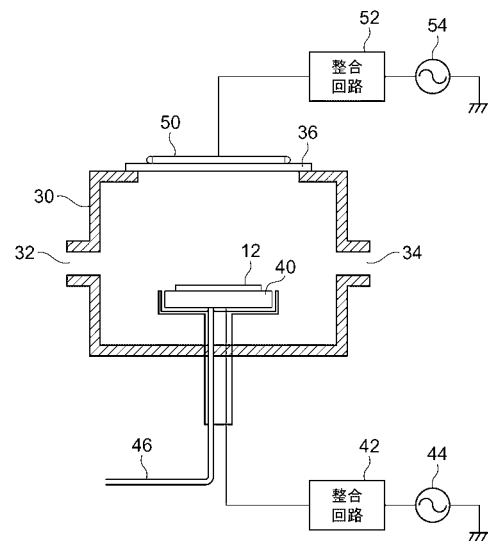
【 図 4 】



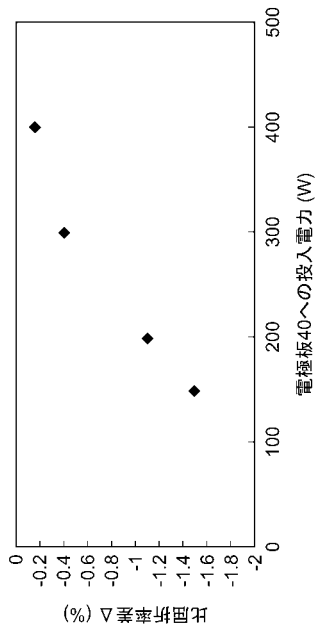
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 塩塚 康二

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

Fターム(参考) 2H047 KA03 PA05 PA24 QA04