

(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2016-142995
(P2016-142995A)

(43) 公開日 平成28年8月8日(2016.8.8)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
GO2F 1/015 (2006.01)	GO2F 1/015 505	2H147
GO2B 6/132 (2006.01)	GO2B 6/132	2K102
GO2B 6/12 (2006.01)	GO2B 6/12 361	

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2015-20591 (P2015-20591)
(22) 出願日 平成27年2月4日 (2015.2.4)

(71) 出願人 000005290
古河電気工業株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(74) 代理人 100096091
弁理士 井上 誠一
(72) 発明者 長谷川 淳一
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内
Fターム(参考) 2H147 AB32 AC05 BE01 BG09 CD02
EA13C EA14A EA14B EA34B EA36B
FA05 FA06 FA09 FA21 FC05
FD19 GA05 GA11 GA20 GA29
2K102 AA28 BA08 BA26 BB01 BB04
BC10 BD02 CA21 CA28 DA04
DB04 DC08 DD03 EA05

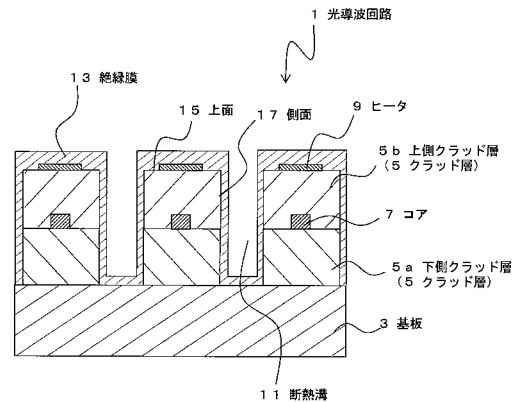
(54) 【発明の名称】 光導波回路および光導波回路の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 消費電力を低減可能であるとともに高い信頼特性を有する光導波回路を提供する。

【解決手段】 光導波回路1は、基板3、下側クラッド層5a、上側クラッド層5b、コア7、ヒータ9、絶縁膜13等から構成される。基板3上には、下側クラッド層5aが形成される。また、下側クラッド層5a上には、コア7が形成される。さらに、コア7を覆うように、下側クラッド層5a上に、上側クラッド層5bが形成される。上側クラッド層5b上には、ヒータ9が形成される。クラッド層5の上面15およびヒータ9は絶縁膜13で被覆される。また、断熱溝11に露出するクラッド層5の側面17も絶縁膜13で被覆される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板と、
前記基板上に形成されるクラッド層と、
前記クラッド層の内部に形成されるコアと、
前記コアに沿って前記クラッド層の一部が除去されて形成される断熱溝と、
前記クラッド層の上面に配置されるヒータと、
を具備し、
前記クラッド層の上面および前記断熱溝に露出する前記クラッド層の側面が、絶縁膜で被覆されることを特徴とする光導波回路。

10

【請求項 2】

前記クラッド層は、上面から前記基板側に行くにつれて幅が広くなることを特徴とする請求項 1 記載の光導波回路。

【請求項 3】

基板上にクラッド層とコア層とを成膜する工程と、
コアを形成し、前記コアをさらにクラッド層で覆う工程と、
前記コアの両側方の前記クラッド層に断熱溝を形成する工程と、
前記クラッド層の上面および前記断熱溝に露出する前記クラッド層の側面を、絶縁膜で被覆する工程と、
を具備することを特徴とする光導波回路の製造方法。

20

【請求項 4】

前記絶縁膜は、プラズマ CVD 法により被覆し、
前記クラッド層の上面および前記断熱溝に露出する前記クラッド層の側面を前記絶縁膜で被覆する際に、前記基板を傾けて、前記絶縁膜を被覆することを特徴とする請求項 3 記載の光導波回路の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、光スイッチにおける光導波回路およびその製造方法に関するものである。

30

【背景技術】**【0002】**

CDC (Colorless, Directionless and Contentionless) - ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer) を実現するために、光スプリッタと光スイッチを組み合わせたマルチキャストスイッチが使用されている。マルチキャストスイッチとしては、1つの筐体に ADD/DROP 機能を搭載した Dual 型が主流であり、例えば、8×8 のマルチキャストスイッチが使用されている。今後は、さらなる波長数の増加が予測され、マルチキャストスイッチの小型化が要求されている。

【0003】

光スイッチは、例えば、カブラで挟まれた二つの光導波回路を有し、光導波回路上に加熱手段であるヒータが設けられた複数の MZI (マッハツェンダ型干渉計) を有する。それぞれの MZI のヒータのオン/オフによって、光信号の通る経路を変更することができる。

40

【0004】

一方、マルチキャストスイッチの小型化が進むと、チップ面積に占めるヒータの割合も非常に大きくなる。このため、ヒータ 1 個に対する消費電力の削減が強く求められている。

【0005】

このように、光導波回路上のヒータの低消費電力を低減する方法としては、たとえば、

50

光導波回路の両側に断熱溝を構築する方法がある（特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2007-65645号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1のように、ヒータが設けられた光導波回路の両側に断熱溝を設けることで、ヒータからの熱を導波路に効率的に伝えることができる。このため、ヒータの消費電力を低減することができる。このような効果は、光導波回路のリッジ幅を小さくすれば小さくするほど効果が大きい。

10

【0008】

しかしながら、リッジ幅を小さくすると、光スイッチの信頼性特性が劣化する場合がある。一方、リッジ幅を大きくすると、前述した消費電力の低減に反することとなる。

【0009】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、消費電力を低減可能であるとともに高い信頼特性を有する光導波回路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】

【0010】

前述した目的を達成するため、第1の発明は、基板と、前記基板上に形成されるクラッド層と、前記クラッド層の内部に形成されるコアと、前記コアに沿って前記クラッド層の一部が除去されて形成される断熱溝と、前記クラッド層の上面に配置されるヒータと、を具備し、前記クラッド層の上面および前記断熱溝に露出する前記クラッド層の側面が、絶縁膜で被覆されることを特徴とする光導波回路である。

20

【0011】

前記クラッド層は、上面から前記基板側に行くにつれて幅が広くなることが望ましい。

【0012】

第1の発明によれば、クラッド層の上面のみではなく、断熱溝に露出するクラッド層の側面にも絶縁膜を形成することで、クラッド層への水分の浸入を防ぐことができる。このため、リッジ幅を小さくして消費電力を低減しても、高い信頼特性を得ることができる。

30

【0013】

特に、クラッド層を、上面から基板側に行くにつれて幅が広がるように形成することで、断熱溝に露出するクラッド層の側面の絶縁層の厚みを厚くすることができる。このため、さらにリッジ幅を小さくして消費電力を低減しても、高い信頼特性を得ることができる。

【0014】

第2の発明は、基板上にクラッド層とコア層とを成膜する工程と、コアを形成し、前記コアをさらにクラッド層で覆う工程と、前記コアの両側方の前記クラッド層に断熱溝を形成する工程と、前記クラッド層の上面および前記断熱溝に露出する前記クラッド層の側面を、絶縁膜で被覆する工程と、を具備することを特徴とする光導波回路の製造方法である。

40

【0015】

前記絶縁膜は、プラズマCVD法により被覆し、前記クラッド層の上面および前記断熱溝に露出する前記クラッド層の側面を前記絶縁膜で被覆する際に、前記基板を傾けて、前記絶縁膜を被覆してもよい。

【0016】

第2の発明によれば、断熱溝を形成した後に絶縁膜でクラッド層を被覆するため、断熱溝に露出するクラッド層の側面にも絶縁膜を形成することができる。

【0017】

50

また、絶縁膜をプラズマCVD法によって形成する際に、基板を傾けて絶縁膜を形成することで、断熱溝に露出するクラッド層の側面にも容易に絶縁膜を形成することができる。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、消費電力を低減可能であるとともに高い信頼特性を有する光導波回路等を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】光導波回路1を示す図。

10

【図2】(a)~(c)は、光導波回路1を製造する工程を示す図。

【図3】(a)~(c)は、光導波回路1を製造する工程を示す図。

【図4】光導波回路1aを示す図。

【図5】高温高湿試験におけるPDLの変化を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0020】

(実施形態1)

以下、本発明の第1の実施の形態にかかる光導波回路1について説明する。図1は、光導波回路1を示す断面模式図である。光導波回路1は、基板3、下側クラッド層5a、上側クラッド層5b、コア7、ヒータ9、絶縁膜13等から構成される。なお、光導波回路1の配置や列数は図示した例には限られない。

20

【0021】

光導波回路1は、熱光学位相シフタを構成する。基板3は例えばシリコン基板である。基板3上には、下側クラッド層5aが形成される。また、下側クラッド層5a上には、コア7が形成される。さらに、コア7を覆うように、下側クラッド層5a上に、上側クラッド層5bが形成される。なお、以下の説明では、下側クラッド層5aと上側クラッド層5bとを合わせて、クラッド層5とする。

【0022】

上側クラッド層5b上には、ヒータ9が形成される。なお、ヒータ9には配線が接続され、図示を省略した基板3上の電極部に接続される。このようにして形成される複数のクラッド層5が、断熱溝11を介して併設される。すなわち、クラッド層5は、光の伝送方向に対して垂直な方向に互いに分離して複数形成される。なお、クラッド層5の材質は、加工性等を考慮して、SiO₂にリン、ボロン等が添加されたものが適用可能である。

30

【0023】

クラッド層5の上面15およびヒータ9は絶縁膜13で被覆される。また、断熱溝11に露出するクラッド層5の側面17も絶縁膜13で被覆される。すなわち、クラッド層5の上面15と側面17の両方の外周面が、絶縁膜13で被覆される。なお、絶縁膜13は、絶縁性を有し、断熱性が高く、硬度の高いものが望ましい。

【0024】

なお、以下の説明では、光の伝送方向に対して垂直な断面におけるクラッド層5の全幅をリッジ幅と称する。図1に示す例では、リッジ幅はクラッド層5の高さ方向に対して略一定である。

40

【0025】

リッジ幅を小さくすると、光スイッチの信頼性特性が劣化する場合がある。より具体的には、リッジ幅を小さくすると、高温高湿試験(85 / 85% / 2000h)における、偏波依存特性(PDL)の変化が大きくなる場合がある。

【0026】

発明者らは、このような信頼特性の劣化は、外部から光導波回路中への水分の混入が要因の一つであることを見出した。すなわち、断熱溝に露出する光導波回路のクラッド層へ水分が混入することで、光導波回路の応力状態が変わり、これによって信頼特性が劣化す

50

ることを見出した。

【0027】

この対策としては、リッジ幅を大きくして、水分の混入の影響を小さくする方法がある。しかし、リッジ幅を大きくすると、前述した消費電力の低減に反することとなる。また、リッジ幅を大きくする方法では、水分による影響を完全に抑えることはできない。

そこで、このようにクラッド層5の上面15と側面17の両方の外周面を絶縁膜13で被覆することで水分の浸入を抑制できる。なお、絶縁膜13としては、例えばSiO₂を適用することができるが、上述の特性を満足し、水分の浸入を防止することができれば他の材質でも良い。

【0028】

クラッド層5には、SiO₂にリンやボロンが添加されるため、高純度のSiO₂と比較して、水が浸入しやすい。前述した様に、断熱溝11側からクラッド層5への水が浸入すると、光導波回路の応力状態が変わることにより、信頼特性が劣化する。特に、リッジ幅を狭くすると、この影響が顕著である。しかし、本実施形態では、クラッド層5の側面17も絶縁膜13で被覆されることにより、水の浸入を防ぐことができる。この結果、リッジ幅を狭くして、ヒータ9の電力消費を抑えることができる。本実施形態によれば、リッジ幅が例えば15 μm以下、クラッド層5の側面からコアまでの距離が6 μm以下においても、信頼特性の劣化を抑制できる。

【0029】

次に、光導波回路1の製造方法について説明する。まず、図2(a)に示すように、基板3上に下側クラッド層5aを形成する。下側クラッド層5aは、例えばFHD(Flame Hydrolysis Deposition)法などによって製膜することができる。

【0030】

次に、図2(b)に示すように、下側クラッド層5a上に、FHD法等によりコア層7aを形成する。

【0031】

次に、図2(c)に示すように、フォトリソグラフィーおよび反応性イオンエッチング等によってコア7を形成する。なお、図では、3列のコア7を形成した例を示す。

【0032】

その後、図3(a)に示すように、コア7が埋設されるように、下側クラッド層5a上に上側クラッド層5bをFHD法等により形成する。なお、下側クラッド層5a、コア7、上側クラッド層5bは、必要に応じてそれぞれ熱処理が施される。

【0033】

次に、上側クラッド層5b上に、スパッタまたは蒸着等によって金属膜を成膜し、フォトリソグラフィーおよび反応性イオンエッチング等によってヒータ9を形成する。また、同様の方法でクラッド層5の一部を除去して、断熱溝11を形成する。

【0034】

次に、プラズマCVDなどによって、クラッド層5及びヒータ9を絶縁膜13で被覆する。この際、光の伝送方向を回転軸として、基板3を所定の角度だけ傾けながら成膜することで、クラッド層5の側面17にも、絶縁膜13を効率よく形成することができる。

【0035】

以上、本実施の形態によれば、断熱溝11に露出するクラッド層5の側面17が絶縁膜13で覆われる。すなわち、クラッド層5が断熱溝11に直接露出せず、絶縁膜13によって保護される。したがって、クラッド層5への水の浸入を防止することができる。このため、クラッド層5のリッジ幅を狭くすることができ、ヒータの消費電力を抑制することができる。

【0036】

(実施形態2)

次に、第2の実施形態について説明する。図4は、第2の実施形態にかかる光導波回路

10

20

30

40

50

1 aを示す断面模式図である。なお、以下の説明において、光導波回路 1 と同様の機能を奏する構成については、図 1 と同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0037】

光導波回路 1 a は、光導波回路 1 と略同様の構造であるが、クラッド層 5 の形状が異なる。光の伝送方向に垂直な断面において、光導波回路 1 a のクラッド層 5 は、上面 1 5 から基板 3 側に向かって、リッジ幅が徐々に広がるように形成される。図示した例では、クラッド層 5 の断面形状は略台形である。

【0038】

なお、基板 3 側に向かってリッジ幅が広がるようにするためには、断熱溝 1 1 を形成する際のエッチングにおいて、マスクの形状やガス流量等のプロセスパラメータを調整すればよい。

10

【0039】

第 2 の実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができる。また、クラッド層 5 のリッジ幅が、基板側に向かって広がるため、効率よく、クラッド層 5 の側面 1 7 に絶縁膜 1 3 を形成することができる。したがって、クラッド層 5 の側面 1 7 の絶縁膜 1 3 の膜厚を厚くすることができる。このため、水の浸入をより確実に防止することができる。

【0040】

また、ヒータ 9 が配置される上面側の上側クラッド層 5 b のリッジ幅を狭くすることができるため、ヒータ 9 の消費電力をより抑えることができる。なお、クラッド層 5 の断面形状を台形にする場合でも、必要に応じて、基板 3 を傾けながら絶縁膜 1 3 を形成してもよい。

20

【実施例】

【0041】

光導波回路について信頼特性を評価した。まず、図 1 に示すように、断面が長方形（リッジ幅が略一定）のクラッド層 5 および断熱溝 1 1 を前述の方法で形成した。リッジ幅は $30\ \mu\text{m}$ とした。断熱溝 1 1 の形成後、得られたクラッド層 5 に、 SiO_2 の絶縁膜 1 3 を形成した。絶縁膜 1 3 の厚みは、上面 1 5 は $5\ \mu\text{m}$ 、側面 1 7 は $0.5\ \mu\text{m}$ であった（サンプル A）。

【0042】

また、図 4 に示すように、断面が台形のクラッド層 5 および断熱溝 1 1 を前述の方法で形成した。上面 1 5 のリッジ幅は $15\ \mu\text{m}$ とし、上面 1 5 と側面 1 7 との角度は 100° とした。断熱溝 1 1 の形成後、得られたクラッド層 5 に、 SiO_2 の絶縁膜 1 3 を形成した。絶縁膜 1 3 の厚みは、上面 1 5 は $5\ \mu\text{m}$ 、側面 1 7 は $2\ \mu\text{m}$ であった（サンプル B）。

30

【0043】

また、比較のため、サンプル A に対して、クラッド層 5 の側面 1 7 に絶縁膜を有さないサンプルを作成した（サンプル C）。具体的には、サンプル A と同一の条件および形状でクラッド層 5 を形成するが、絶縁膜 1 3 を形成した後に断熱溝 1 1 を形成した。

【0044】

各サンプルを高温高湿環境下（ $85\ / 85\%$ ）におき、500 時間経過後に二次イオン質量分析法によって分析を行った。その結果、サンプル A ~ C のいずれにおいても、絶縁膜 1 3 を形成した上面 1 5 からの水分の混入は確認されなかったが、サンプル C は、側面 1 7 からの水分の混入が確認された。

40

【0045】

次に、各サンプルを高温高湿環境下（ $85\ / 85\%$ ）におき、2000 時間経過後までの、偏波依存特性の変化を評価した。図 5 は、時間と偏波依存特性の変化量（dB）との関係を示す図である。図中の黒三角は、サンプル A の結果を示し、黒丸はサンプル B の結果を示し、× はサンプル C の結果を示す。

【0046】

50

側面 17 に絶縁膜 13 を有さないサンプル C は、2000 時間後に偏波依存特性が 1 dB 程度変化したのに対し、側面 17 に絶縁膜 13 を設けたサンプル A は、2000 時間後でも 0.15 dB 以下とほとんど変化しなかった。また、そのときのヒータ 9 の消費電力は 150 mW/ シフトであり、十分小さな消費電力を実現できた。

【0047】

さらに、サンプル B は、上面 15 のリッジ幅がサンプル A よりも狭いにもかかわらず、十分な信頼性特性を得られることができた。また、そのときのヒータ 9 の消費電力は 100 mW/ シフトであり、さらに小さな消費電力を実現できた。

【0048】

以上、添付図を参照しながら、本発明の実施の形態を説明したが、本発明の技術的範囲は、前述した実施の形態に左右されない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

10

【0049】

たとえば、クラッド層 5 の形状は、図示した例には限られない。例えば、台形における上面 15 と側面 17 との角度は、100°である必要はない。また、完全な台形ではなくても、基板側にリッジ幅が広がり、上面側からの成膜時に側面 17 に影ができなければよい。

【符号の説明】

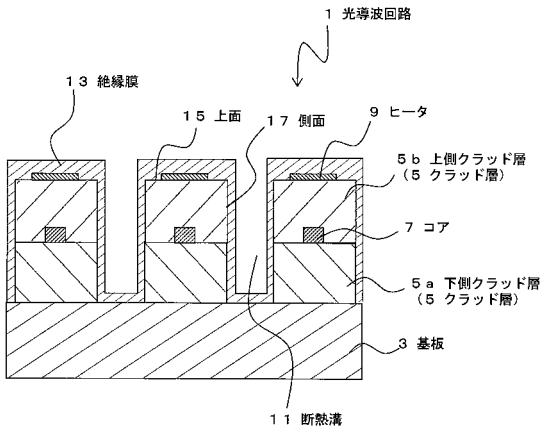
【0050】

- 1、1 a 光導波回路
- 3 基板
- 5 クラッド層
- 5 a 下側クラッド層
- 5 b 上側クラッド層
- 7 コア
- 7 a コア層
- 9 ヒータ
- 11 断熱溝
- 13 絶縁膜
- 15 上面
- 17 側面

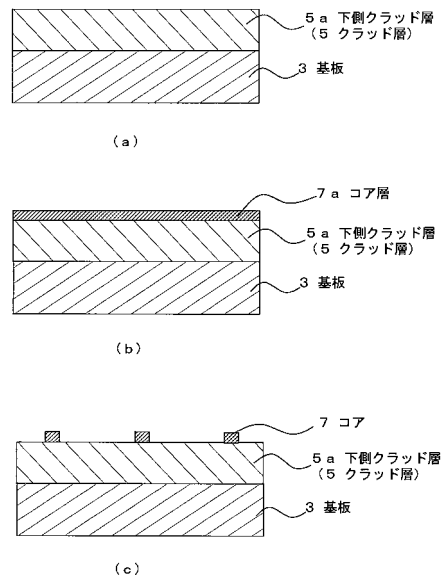
20

30

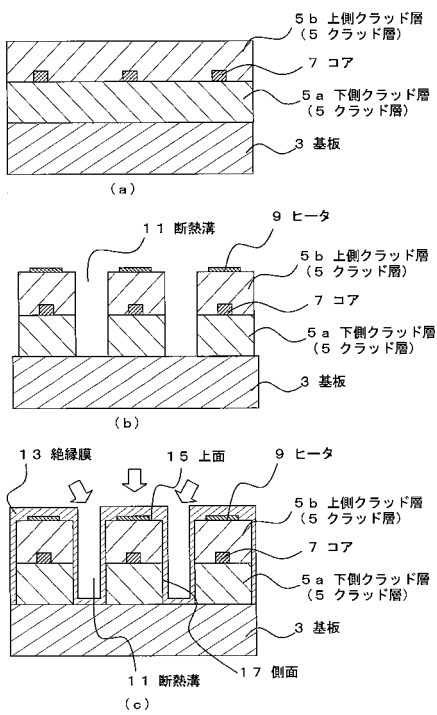
【図1】



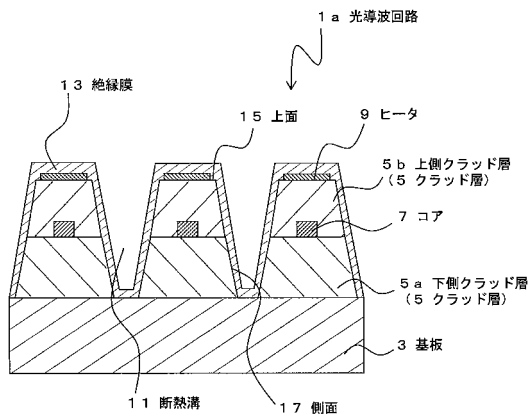
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

