

(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2005-25020

(P2005-25020A)

(43) 公開日 平成17年1月27日(2005.1.27)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO2B 26/00	GO2B 26/00	2H041
B81B 3/00	B81B 3/00	2H048
B81C 1/00	B81C 1/00	2K009
GO2B 1/11	GO2B 5/28	4K030
GO2B 5/28	GO2B 1/10	A
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2003-191805 (P2003-191805)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成15年7月4日(2003.7.4)	(74) 代理人	100085198 弁理士 小林 久夫
		(74) 代理人	100061273 弁理士 佐々木 宗治
		(74) 代理人	100060737 弁理士 木村 三朗
		(74) 代理人	100070563 弁理士 大村 昇
		(72) 発明者	紙透 真一 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		Fターム(参考)	2H041 AA21 AB16 AC06 AZ02 AZ06 最終頁に続く

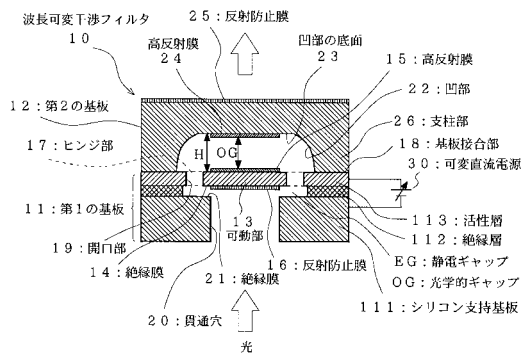
(54) 【発明の名称】 波長可変干渉フィルタ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 静電駆動方式の波長可変干渉フィルタにおいて、その故障の原因となる可動部と電極間の放電や電氣的短絡を確実に防止し、信頼性の向上に寄与する波長可変干渉フィルタおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 可動鏡を有する可動部13が静電引力の作用により変位可能に構成された波長可変干渉フィルタにおいて、前記可動部13はシリコンからなり、その表面には、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコンオキシシナイトライド等の絶縁膜14を形成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

可動鏡を有する可動部が静電引力の作用により変位可能に構成された波長可変干渉フィルタにおいて、前記可動部はシリコンからなり、その表面には、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコンオキシナイトライド等の絶縁膜が形成されていることを特徴とする波長可変干渉フィルタ。

【請求項 2】

前記可動部の光学的ギャップ側の前記絶縁膜上には前記可動鏡として高反射膜が形成され、前記可動部の静電ギャップ側の前記絶縁膜上には反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の波長可変干渉フィルタ。

10

【請求項 3】

前記高反射膜および反射防止膜は誘電体膜の多層膜からなることを特徴とする請求項 2 記載の波長可変干渉フィルタ。

【請求項 4】

前記高反射膜および反射防止膜は SiO_2 および Ta_2O_5 、または SiO_2 と Ta_2O_5 と SiN を交互に積層した多層膜からなることを特徴とする請求項 2 または 3 記載の波長可変干渉フィルタ。

【請求項 5】

前記可動部はシリコンからなり、その外周部が複数のヒンジ部を介して同じシリコンからなる基板接合部に連結されていることを特徴とする請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載の波長可変干渉フィルタ。

20

【請求項 6】

前記可動部と所定の静電ギャップを介して対向する基板はシリコンからなり、その基板表面には、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコンオキシナイトライド等の絶縁膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の波長可変干渉フィルタ。

【請求項 7】

SOI 基板を用いて、ドライエッチングにより、前記 SOI 基板の活性層に可動部および該可動部を支持する複数のヒンジ部を形成するとともに、前記 SOI 基板の支持基板に貫通穴を形成する工程と、

ウェットエッチングにより、前記可動部およびヒンジ部の下にある絶縁層を除去する工程と、

30

前記可動部および支持基板のいずれか一方または両方の表面に、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコンオキシナイトライド等の絶縁膜を形成する工程と、

前記可動部の裏面の前記絶縁膜上には、誘電体膜の反射防止膜を形成し、前記可動部の表面の前記絶縁膜上には、誘電体膜の高反射膜を形成する工程と、

を有することを特徴とする波長可変干渉フィルタの製造方法。

【請求項 8】

前記絶縁膜は、熱酸化、減圧熱 CVD、またはプラズマ CVD のいずれかの方法により形成することを特徴とする請求項 7 記載の波長可変干渉フィルタの製造方法。

【発明の詳細な説明】

40

【0001】**【発明の属する技術分野】**

本発明は、ファブリ・ペロー干渉計の原理を利用した、波長可変干渉フィルタ及びその製造方法に関する。

【0002】**【従来の技術】**

ファブリ・ペロー干渉計の原理を利用した波長可変干渉フィルタは、2つの高反射膜を所定の平行な間隔（光学的ギャップともいう）を隔てて対向配置したもので、波長の選択性が高いことから、特に波長分割多重伝送（WDM: Wavelength Division Multiplexing）光通信の技術分野にて注目されているものである。こ

50

のような波長可変干渉フィルタとしては、ポリシリコンからなり、表面に高反射膜（可動鏡）を形成した静電駆動電極側の可動部下面に円周状に複数の突起を設けたファブリ・ペローフィルタが提案されている（例えば、特許文献1参照）。また、n型シリコンウエハからなり、静電気により変位させる可動鏡を有するファブリ・ペローフィルタも提案されている（例えば、特許文献2参照）。

【0003】

【特許文献1】

米国特許第6271052号明細書（第1 - 2頁、図1C、図1D）

【特許文献2】

米国特許第6271052号明細書（第3 - 4頁、図4H）

10

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上記特許文献1の突起は過剰な駆動電圧が印加された場合、可動鏡を有する可動部と電極が接触、固着することを防止するためのものである。しかしながら、該可動部および突起はポリシリコンで出来ているため、可動部と電極が異常に接近したり、または接触した場合には、放電や電氣的短絡が生じる可能性があった。

一方、上記特許文献2では、可動部または駆動用電極には、絶縁膜が設けられていない。可動部下面（駆動用電極側の面）には、シャドウマスクによる反射防止膜が設けられているが、この方法では、静電ギャップ部分に反射防止膜を堆積することは出来ず、該反射防止膜は絶縁膜としては機能しないものである。

20

【0005】

したがって、本発明は、静電駆動方式の波長可変干渉フィルタにおいて、その故障の原因となる可動部と電極間の放電や電氣的短絡を確実に防止し、信頼性の向上に寄与する波長可変干渉フィルタおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明の波長可変干渉フィルタは、可動鏡を有する可動部が静電引力の作用により変位可能に構成された波長可変干渉フィルタにおいて、前記可動部はシリコンからなり、その表面には、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコンオキシナイトライド等の絶縁膜が形成されていることを特徴とする。

30

可動鏡が形成される可動部の表面には絶縁膜が形成されているので、可動部に過剰の静電引力が働いた場合や、外力により、可動部が通常の可動範囲を超えて、静電駆動電極である支持基板に異常に接近または接触した場合に、放電または電氣的短絡が生じないため、波長可変干渉フィルタの信頼性を向上させることができる。

【0007】

また、本発明において、前記可動部の光学的ギャップ側の前記絶縁膜上には前記可動鏡として高反射膜が形成され、前記可動部の静電ギャップ側の前記絶縁膜上には反射防止膜が形成されているものである。

このように構成することにより、上記の効果に加えて、可動部は、支持基板との間に直流または交流電界を印加することで静電引力により変位するため、干渉条件が変化し、高反射膜からなる可動鏡の位置に応じて特定波長の光を分離することができる。

40

【0008】

ここで、前記高反射膜および反射防止膜は誘電体膜の多層膜からなるものであり、具体的には、シリコン酸化（ SiO_2 ）膜および五酸化タンタル（ Ta_2O_5 ）膜、またはシリコン酸化（ SiO_2 ）膜と五酸化タンタル（ Ta_2O_5 ）膜とシリコン窒化（ SiN ）膜を交互に積層した多層膜からなるものである。

このような誘電体膜の多層膜とすることで、非常に高い反射率をもつ高反射膜、および非常に低い反射率をもつ反射防止膜が得られる。

【0009】

また、本発明において、前記可動部はシリコンからなり、その外周部が複数のヒンジ部を

50

介して同じシリコンからなる基板接合部に連結されているものである。

この構成により、可動部を支持基板上で水平に浮かせた状態で支持することが可能となり、静電引力の作用により水平に平行に変位させることが可能となる。これによって、高反射膜の固定鏡との間に形成される光学的ギャップは平行に変化する。

【0010】

また、本発明において、前記可動部と所定の静電ギャップを介して対向する基板はシリコンからなり、その基板表面には、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコンオキシナイトライド等の絶縁膜が形成されているものである。

絶縁膜は、支持基板の表面に形成されていても良いものである。すなわち、静電ギャップを形成する可動部および支持基板の対向面の少なくとも一方に絶縁膜が形成されていればよい。

【0011】

本発明の波長可変干渉フィルタの製造方法は、SOI基板を用いて、ドライエッチングにより、前記SOI基板の活性層に可動部および該可動部を支持する複数のヒンジ部を形成するとともに、前記SOI基板の支持基板に貫通穴を形成する工程と、

ウェットエッチングにより、前記可動部およびヒンジ部の下にある絶縁層を除去する工程と、

前記可動部および支持基板のいずれか一方または両方の表面に、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコンオキシナイトライド等の絶縁膜を形成する工程と、

前記可動部の裏面の前記絶縁膜上には、誘電体膜の反射防止膜を形成し、前記可動部の表面の前記絶縁膜上には、誘電体膜の高反射膜を形成する工程と、

を有することを特徴とする。

【0012】

本発明では、SOI基板を出発材料として可動基板すなわち静電駆動用基板を形成するものである。可動部およびこれを支持するヒンジ部は、SOI基板の活性層の部分に形成され、静電駆動電極となる部分はSOI基板のシリコン支持基板に形成される。可動部およびヒンジ部を浮かせた状態に形成するために、シリコン支持基板には貫通穴がドライエッチングで形成され、さらに可動部およびヒンジ部の下にある絶縁層がウェットエッチングにより除去される。そして、この可動部およびシリコン支持基板のいずれか一方または両方の面に前記絶縁膜を施すことにより、信頼性の高い波長可変干渉フィルタを製造することができる。

また、前記絶縁膜は、熱酸化、減圧熱CVD、またはプラズマCVDのいずれかの方法により形成する。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

実施の形態1.

図1は本発明の実施の形態1における波長可変干渉フィルタの断面図、図2は図1の第2の基板を省いて示す第1の基板の上面図である。

この波長可変干渉フィルタ10は、例えばSOI(Silicon On Insulator)基板からなる第1の基板11と、例えばガラス基板からなる第2の基板12とから構成されている。第1の基板11と第2の基板12とは例えば、陽極接合により接合されている。

【0014】

第1の基板11は、特に限定するものではないが、ここではSOI基板を用いて可動基板または静電駆動用基板を構成することになっている。SOI基板は、シリコン支持基板111と、絶縁層(例えば、SiO₂膜)112と、Siの活性層113とを順次積層した構造からなっている。SOI基板は市販品を用いても良いし、SiO₂膜が形成されたシリコン基板を貼り合わせるによりSOI基板を作製しても良い。

このSOI基板の活性層113の部分に後述する方法により可動鏡を有する可動部13が

形成される。可動部 13 は、シリコンからなり、その表面には、熱酸化、減圧熱 CVD、または、プラズマ CVD 等の方法により、シリコン酸化 (SiO_2) 膜、シリコン窒化 (SiN) 膜、シリコンオキシナイトライド (SiOHN) 等の絶縁膜 14 が形成されている。

【0015】

そして、可動鏡を構成する高反射膜 15 と、入射光の反射を防止し効率よく透過させるための反射防止膜 16 が、それぞれ可動部 13 の表裏面の上記絶縁膜 14 上に形成されている。

高反射膜 15 は、特に限定するものではないが、例えば、屈折率の異なる誘電体膜の、 SiO_2 と Ta_2O_5 の薄膜、または、 SiO_2 と Ta_2O_5 と SiN の薄膜を交互に 2 ~ 40 層程度積層した多層膜からなっており、例えば、蒸着法により形成される。高反射膜 15 の膜厚は、 $\lambda/4n$ (但し、 λ : 透過させる光の中心波長、 n : 各々の膜の屈折率) から導いている。また、高反射膜というときは、例えば、反射率 95% 以上の反射膜をいう。本実施形態では反射率は 98% 以上となっている。

反射防止膜 16 は、高反射膜 15 と同様な誘電体膜の多層膜の構成となっており、例えば、 SiO_2 と Ta_2O_5 の薄膜、または、 SiO_2 と Ta_2O_5 と SiN の薄膜を交互に 2 ~ 40 層程度、蒸着法により積層した多層膜である。反射防止膜 16 と高反射膜 15 は各層の膜厚を変化させることにより目的の膜に形成される。反射防止膜 16 の反射率は 5% 以下が好ましい。

【0016】

可動部 13 は、図 2 に示すように、複数のヒンジ部 17 により外周部を支持され、同じシリコンからなる基板接合部 18 にヒンジ部 17 を介して連結されている。

ヒンジ部 17 は、可動部 13 の周囲部分をエッチングで円弧状の開口部 19 に除去することにより、さらに可動部 13 およびヒンジ部 17 下部の絶縁層部分 (後記の埋め込み SiO_2 膜をいう) をエッチングで除去することにより、可動部 13 がシリコン支持基板 111 上に浮いた状態で形成される。このヒンジ部 17 は、可動部 13 とその周囲の同じ活性層である基板接合部 18 とを連結する支持梁、すなわち可動部 13 の外周部を支持する梁の形態をなすもので、ばね性を有する。また、ヒンジ部 17 は実質的に同一の厚さ・幅・長さで 2 本以上、可動部 13 の中心に対し対称に設けることが好ましい。可動部 13 の形状は特に円形に限定されるものではなく、正方形など多角形でもよい。

したがって、可動鏡の高反射膜 15 が形成された可動部 13 は、複数のばね性を有するヒンジ部 17 により、図 1 において上下方向に変位可能に支持される。

【0017】

可動部 13 の下方部分に対応するシリコン支持基板 111 の部分には、エッチングにより可動部 13 の外径より若干小さい内径をもつ貫通穴 20 が形成される。光はこの貫通穴 20 を通して入射される。シリコン支持基板 111 の上面、すなわち貫通穴 20 の周縁部分の基板面は可動部 13 の内側に若干入り込んでおり、可動部 13 下面との間に間隙すなわち静電ギャップ EG が設けられる。静電ギャップ EG の初期値 (設定値) は例えば $4\ \mu\text{m}$ であり、可動部 13 の最大変位量は例えば $0.7\ \mu\text{m}$ としている。

静電ギャップ EG の一方の面を形成するシリコン支持基板 111 の上面にも例えば、シリコン酸化膜からなる絶縁膜 21 が形成されている。

【0018】

第 2 の基板 12 は、固定基板であり、ここではガラス基板から構成されている。なお、シリコン基板あるいは SOI 基板を用いても良い。第 2 の基板 12 にはガラスの等方性エッチングにより凹部 22 が形成される。凹部 22 の深さ (エッチング深さ) H は、特に限定されるものではないが、またこの干渉フィルタ 10 の分離すべき波長帯域、用途等により異なるが、ここでは $H = 10 \sim 50\ \mu\text{m}$ の範囲内で設定される。凹部 22 の底面 23 (図示の場合、凹部の上面) は平坦かつ平滑な面となっており、また第 2 の基板 12 のエッチング開始面と平行な面を形成する。底面 22 の面粗さは数 nm 以下であり、うねりも長さ 1 mm 当たり 100 オングストローム ($0.01\ \mu\text{m}$) 以下となっている。光学的面粗さ

10

20

30

40

50

精度は一般的に波長の1/100以下(Cバンドの場合、15nm以下)とされているので、凹部22のガラスエッチング底面23は光学的面粗さ精度の要求を十分に満たすものとなっている。

【0019】

そして、この凹部22の底面23に固定鏡となる高反射膜24が上記可動部13の高反射膜15と所定の平行間隔すなわち光学的ギャップOG(例えば、間隔:30μm)で対向して形成されている。また、第2の基板12の上面(光出射面)には反射防止膜25が形成されている。高反射膜24および反射防止膜25は、上記第1の基板11における高反射膜15および反射防止膜16と同様の構成からなる誘電体膜の多層膜である。

また、上記のようにエッチングにより形成された凹部22の周囲部分は支柱部26となっており、該支柱部26の高さは凹部22の深さに等しい。 10

【0020】

第2の基板12は、第1の基板11と陽極接合を行うために、例えばNaやK等のアルカリ金属を含有したガラスが適している。この種のガラスとしてはホウケイ酸系ガラスが適当である。中でも、ホウケイ酸系ガラスの一種であるコーニング社製のピレックスガラス(7740、商品名)が好適である。なお、第2の基板12のエッチングはウェットエッチングまたはドライエッチングのいずれも適用可能である。

【0021】

以上のように構成された第1の基板11は、活性層の基板接合部18にて前記第2の基板12の支柱部26と陽極接合により接合される。これにより、固定鏡の高反射膜24と可動鏡の高反射膜15との間の光学的ギャップOGが高精度に形成、保持される。光学的ギャップOGの距離hは、ファブリペロー干渉計の干渉条件である式(1)により設定される。

20

$$h = m \cdot \lambda / 2 \quad \dots (1)$$

但し、λ:分離する光の波長

m:整数

【0022】

また、この波長可変干渉フィルタ10のフリースペクトル間隔FSR(Free Spectral Range)は式(2)であらわされる。

30

$$h = \frac{m^2 \cdot \lambda^2}{2n} \quad \text{から、} \\ \lambda_{m+1} - \lambda_m = \frac{m^2 \cdot \lambda^2}{2nh} = \lambda \cdot \frac{m}{h} \quad \dots (2)$$

ここに、λ_m:干渉により選択されるm次の光の波長

Δλ:隣接する透過光波長の差

n:2つの高反射膜間の媒質(ここでは空気)の屈折率

h:2つの高反射膜間の間隔(光学的ギャップ量OG)

Δh:可動部の変位量

【0023】

次に、この波長可変干渉フィルタ10の動作について、図1を参照しながら説明する。

SOI基板からなる第1の基板11の活性層113とシリコン支持基板111に例えば、可変直流電源30を図示のように接続し、活性層113とシリコン支持基板111との間に駆動電圧を印加する。これにより、活性層113と同電位の可動部13はプラスに帯電し、シリコン支持基板111はマイナスに帯電するため、両者間には静電引力が発生してこの静電引力の作用により、可動部13はシリコン支持基板111側に引き寄せられ、ばね性を有するヒンジ部17がたわみ、可動部13は水平状態を保持したまま平行に変位する。この可動部13の位置は駆動電圧を変化させることにより任意の位置に設定することができる。また、直流電圧に代えて、例えば60Hzの交流正弦波電圧やパルス状の電圧を印加した場合でも可動部13は同様の動作を行う。 40

【0024】

例えば、赤外領域の波長を含む光を第1の基板11に設けられた貫通穴20を通して可動部13に垂直に入射すると、入射された光は可動部13下面の反射防止膜16によりほと 50

んど反射されることなく可動部 13 を透過し、上下平行に設けられた 2 つの高反射膜 15 と 24 間の空間で反射を繰り返し、上記式 (1) の干渉条件を満たさない波長の光は急激に減衰して、最終的にこの干渉条件を満たす波長の光だけが第 2 の基板 12 を透過し、基板上面から出射する。このとき、基板 12 の上面には反射防止膜 25 が設けられているので、両者の接合界面で反射されることなく目的の波長の光を効率良く取り出す (分離する) ことができる。なお、光は、図示とは逆に図 1 の上から下へ入射させても同様の作用効果が得られる。

【0025】

可動部 13 は前述のように任意の位置に変位させることができるため、光の波長を式 (2) であらわされる FSR () で選択的に分離して取り出すことができる。例えば、光通信における C バンド領域である 1550 nm 帯を対象とする場合において、光学的ギャップ量 $h = 30 \mu\text{m}$ 、可動部 13 の変位量 $h = 0.7 \mu\text{m}$ のとき、FSR は約 40 nm のバンド幅に対して各波長を分離することができる。

10

【0026】

この実施形態によれば、静電ギャップ EG を形成する可動部 13 の下面およびシリコン支持基板 111 の上面には、絶縁膜 14、21 が形成されているので、たとえ、可動部 13 に過剰の静電引力が作用した場合や、何らかの外力により、可動部 13 が通常の可動範囲を超えて、シリコン支持基板 11 に異常に接近したり、あるいは接触したりするようなことがあっても、放電や電氣的短絡は発生しない。したがって、この波長可変干渉フィルタ 10 の信頼性は格段に向上する。なお、当該絶縁膜は、可動部 13、または電極を構成するシリコン支持基板 111 のいずれか一方に形成されていけばよい。

20

また、本実施形態の波長可変干渉フィルタ 10 では、凹部底面 23 が高精度に形成されているため、光学的ギャップ OG も nm オーダーで高精度に形成することができる。そのため、選択的に分離すべき光の波長分離特性が著しく向上することになる。

【0027】

実施の形態 2 .

ここでは、前述の波長可変干渉フィルタ 10 の製造方法の一例を図 3 ~ 図 5 に従って説明する。

A . 第 1 の基板の製造方法 (図 3、図 4 参照)

(a) SOI 基板の準備

基板材料として、厚さ 100 ~ 800 μm のシリコン層のシリコン支持基板 111、厚さ 2 ~ 10 μm の SiO_2 膜の絶縁層 112、および厚さ 10 ~ 200 μm のシリコンの活性層 113 からなる SOI 基板 110 を用いる。本実施形態では、厚さは、シリコン支持基板 500 μm 、絶縁層 (SiO_2) 4 μm 、活性層 10 μm とした。

30

【0028】

(b) エッチングマスクの形成

上記 SOI 基板 110 に対してその両面に下記の方法によりエッチングマスク 114 を形成する。これには 2 通りの方法があり、いずれを用いてもよい。

1) レジストの場合

東京応化製 OFPR 800 シリーズ (商品名) の 30 c P をレジストコートにて、300 0 rpm の回転数でスピンコートし、所定のプリベークを施し、1.5 μm 厚さのレジスト膜を SOI 基板 110 の両面に形成する。

40

2) SiO_2 膜の場合

SOI 基板 110 を熱酸化炉にて、95 の純水中を通過させた O_2 ガス雰囲気中で、1100、200 分の処理を行い、SOI 基板 110 の両面に 1.2 μm の SiO_2 膜を形成する。

【0029】

(c) パターニング

1) エッチングマスクがレジストの場合

SOI 基板 110 の裏面に貫通穴のパターンを有するフォトマスクにて、レジストにエッ

50

チングパターン 115 を形成する。

2) エッチングマスクが SiO_2 膜の場合

SiO_2 膜上にレジスト膜を形成し、前述の方法によりパターンを形成した後、レジストパターンをマスクに、下地の SiO_2 膜をフッ酸系エッチング液にて処理し、 SiO_2 膜に貫通穴のエッチングパターン 115 を形成し、その後レジスト膜を除去する。

【0030】

(d) 裏面の異方性ドライエッチング

いわゆる「Bosch」プロセスにより、プラズマエッチング装置にて、エッチングガスとして SF_6 等、穴側壁保護膜形成用ガスとして、 C_4F_8 等を交互に供給し、高周波電力を印加して、シリコン支持基板 111 が貫通するまで異方性ドライエッチングを行い、貫通穴 116 を形成する。 10

【0031】

(e) 表面の異方性ドライエッチング

可動部やヒンジ部を形成するためのパターンを表面に形成したエッチングマスク(レジストまたは SiO_2 膜)に形成し、上記の Bosch プロセスにより、 Si を SiO_2 の絶縁層 112 が現れるまで異方性ドライエッチングを行う。これにより、可動部 117 の周囲部分に円弧状の開口部 118 が形成される。

【0032】

(f) エッチングマスクの除去

1) レジストの場合 20

95 に加熱した硫酸-過酸化水素水(硫酸 20%)にてエッチングマスクのレジストを剥離する。

2) SiO_2 膜の場合

フッ酸系エッチング液に浸漬し、エッチングマスクの SiO_2 膜を剥離する。

【0033】

(g) 埋め込み SiO_2 膜の除去

フッ酸系エッチング液にて、可動部およびヒンジ部下部の埋め込み SiO_2 膜をエッチング除去する。これにより、可動部およびヒンジ部下部に膜除去部 119 を形成することで、可動部 117 の下面とシリコン支持基板 111 の上面との間に前記静電ギャップ部 EG が形成される。 30

【0034】

(h) 絶縁膜の形成

可動部 117 の放電や電氣的短絡を防止するための絶縁膜 120 を次のように形成する。この方法には次の 2 通りがあり、いずれを用いてもよい。

1) 熱酸化の場合

上記のように各部が形成された SOI 基板 110 を熱酸化炉にて、 O_2 ガス雰囲気中で、1000、100 分の処理を行い、SOI 基板 110 の Si 露出部分に $0.1 \mu\text{m}$ 厚さの SiO_2 膜を形成する。

2) CVD の場合

モノシラン(SiH_4)ガスと O_2 ガスの混合雰囲気中で、400、10 分の処理を行い、SOI 基板 110 の全面に $1 \mu\text{m}$ 厚さの SiO_2 膜を形成する。 40

なお、絶縁膜 120 は、上記 SiO_2 膜のほか、窒化シリコン(SiN)あるいはシリコンオキシナイトライド(SiON)でもよい。上記の熱酸化や、減圧熱 CVD、プラズマ CVD 等により形成する。

【0035】

(i) 高反射膜、反射防止膜の形成

最後に、可動部 117 の表面の高反射膜 121 と裏面の反射防止膜 122 を形成するために、2~40 層程度、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 SiN などを蒸着装置にて交互に積層する。なお、高反射膜 121 は可動部 117 の表面のみに形成するため、シャドウマスクを使用する。反射防止膜 122 を形成する際にもシャドウマスクを使用する。 50

【0036】

以上により、SOI基板110から、図1に示す第1の基板11に相当する静電駆動用基板130を高精度に製造することができる。また、SOI基板を用いているので、埋め込みSiO₂膜がエッチングストップとして働くため、時間管理によらず、正確なエッチング深さが得られ、可動鏡を構成する可動部およびヒンジ部を高精度に形成することができるという利点がある。

【0037】

B. 第2の基板の製造方法(図5参照)

(a) エッチングマスク(Cr/Au)のパターニング

コーニング社製パイレックスガラス(商品名)等からなるガラス基板200の両面に、エッチングマスクとなるCr/Auを例えば、スパッタ装置にて成膜し(厚さはCrの場合0.03μm、Auの場合は0.07μm)、ガラス基板200下面のCr/Au膜にレジストを形成後、フォトリソグラフィおよびエッチングを行うことにより、凹部形成用パターン201を形成する。

【0038】

(b) ガラスエッチング

次に、このガラス基板200に対してエッチングを行う。例えば、東京製品開発研究所製のMAX-7011G(商品名、液組成:H₂O₂とNH₄HF₂の混合液)を使用してウェットエッチングを行い、凹部202を形成する。25、30時間のエッチングで、30μm深さの凹部202を形成することができる。

【0039】

(c) エッチングマスクの除去

Cr/Auのエッチングマスクをそれぞれのエッチング液に順に浸漬してエッチング除去する。

(d) 高反射膜および反射防止膜の形成

そして、上記凹部202の底面に高反射膜204を、ガラス基板200の上面に反射防止膜203を、例えば、蒸着装置にて成膜する。高反射膜204、反射防止膜203の膜構成は前述の通り、SiO₂、Ta₂O₅、SiNなどを2~40層程度積層した多層膜である。

【0040】

以上により、図1に示す第2の基板12に相当するガラス基板(ガラスキャップ)210を製造することができる。なお、凹部202を形成するためのガラスエッチングは上記の一水素二フッ化アンモニウム系エッチング液(例えば、H₂O₂とNH₄HF₂の混合液)が優れているが、その他にフッ酸系エッチング液を使用してもよい。

この製造方法では、エッチング時間をコントロールすることにより、凹部202の深さを自由にコントロールでき、かつその凹部底面(上面)を高精度に形成することができる。

【0041】

C. 第1の基板と第2の基板の接合

前述の方法により製造されたガラスキャップ210と静電駆動用基板130とを陽極接合により接合する。陽極接合の際にはガラスキャップ210の凹部上面に形成された高反射膜204と静電駆動用基板130の可動部上面に形成された高反射膜121とを平行に対向させて接合する。陽極接合は、例えば、次のようにして行う。

まず、ガラスキャップ210を直流電源のマイナス端子、ガラスキャップ210に接合すべき静電駆動用基板130の活性層113を直流電源のプラス端子にそれぞれ接続する。そして、両基板をともに加熱しながら電圧を印加する。この加熱により、ガラスキャップ210中のナトリウム(Na⁺)イオンが移動しやすくなる。このNa⁺イオンの移動により、ガラスの接合面はマイナスに帯電し、シリコンの接合面はプラスに帯電する。その結果、ガラスとシリコンとは強固に接合される。なお、陽極接合以外には、ガラスの軟化点程度に加熱して圧力をかけて接合する方法(溶着法)も実施可能である。

【0042】

10

20

30

40

50

また、第1および第2の基板11、12が共にシリコン基板である場合には、直接接合または表面活性化接合により接合される。直接接合は、例えば、次のようにして行われる。まず、シリコンキャップ210と静電駆動用基板130を共に、硫酸-過酸化水素水混合液(95)に一定時間浸漬し、洗浄する。その後、流水洗浄し、乾燥させた後、接合すべき面同士を位置合わせ後、突き合わせて、圧着し、ある程度の接合強度を得る。ついで基板同士を完全に一体化するため、接合体を1000の炉で熱処理し、シリコン原子同士の共有結合による直接接合に至らしめる。

【0043】

表面活性化接合は、超高真空(例えば、真空度 10^{-4} Pa程度)下で、アルゴン原子ビームにて、接合面のクリーニングを行い、接合すべき面を原子レベルでの清浄面(自然酸化膜もない状態)とし、超高真空下で、基板同士を位置合わせ、突き合わせて、圧着することで、シリコン同士の共有結合による直接接合に至らしめる。この方法は、室温でも可能なため、熱による反り等の問題も発生せず、望ましい接合方法である。

10

【0044】

実施の形態3.

図示は省略するが、第1の基板11における高反射膜15と反射防止膜16を図1とは上下反対に可動部13の絶縁膜14上に形成することもできる。この場合、第2の基板12はSOI基板のシリコン支持基板111の下面に接合され、しかも平坦な基板で構わない。そして、かかる平坦な第2の基板の上面に固定鏡の高反射膜24を形成し、その裏面に反射防止膜25を形成すればよい。また、シリコン支持基板111に設けられた貫通穴20を介して前記光学的ギャップが形成されることになる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1を示す波長可変干渉フィルタの断面図。

【図2】図1の第1の基板の上面図。

【図3】本発明の実施の形態2を示す第1の基板の製造工程図。

【図4】図3に続く製造工程図。

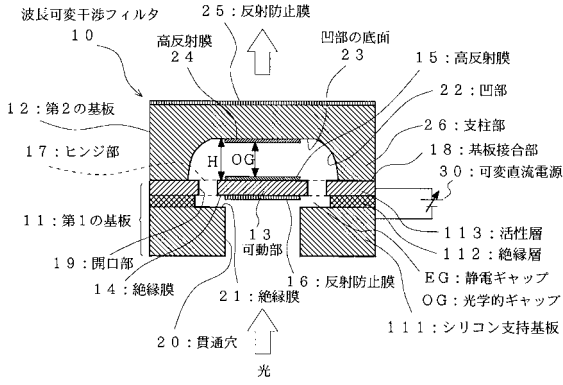
【図5】第2の基板の製造工程図。

【符号の説明】

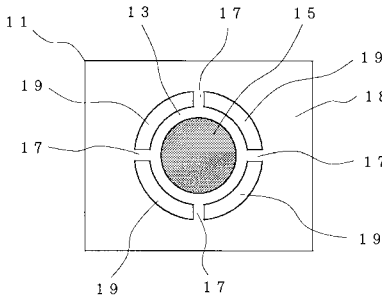
10 波長可変干渉フィルタ、11 第1の基板、12 第2の基板、13 可動部、14 絶縁膜、15 高反射膜、16 反射防止膜、17 ヒンジ部、18 基板接合部、19 開口部、20 貫通穴、21 絶縁膜、22 凹部、23 凹部の底面、24 高反射膜、25 反射防止膜、26 支柱部、30 可変直流電源、110 SOI基板、111 シリコン支持基板、112 絶縁層、113 活性層、114 エッチングマスク、115 エッチングパターン、116 貫通穴、117 可動部、118 開口部、119 膜除去部、120 絶縁膜、121 高反射膜、122 反射防止膜、130 静電駆動用基板、200 ガラス基板、201 凹部形成用パターン、202 凹部、203 反射防止膜、204 高反射膜、210 ガラス基板(ガラスキャップ)、OG 光学的ギャップ、EG 静電ギャップ

30

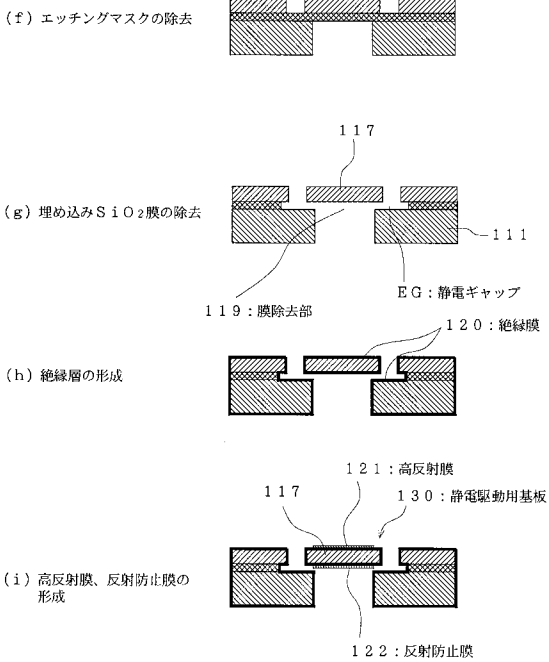
【図1】



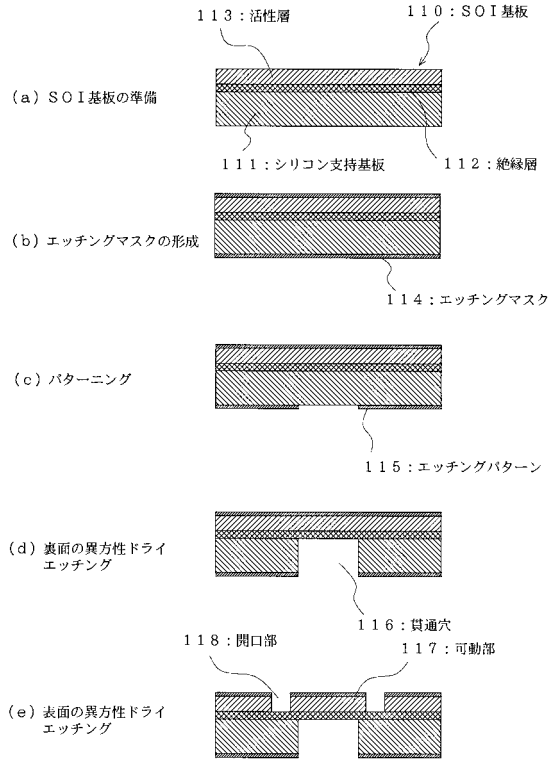
【図2】



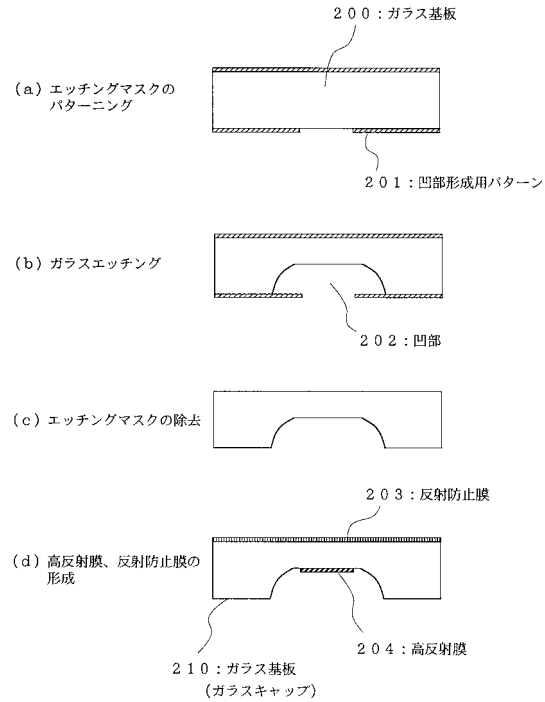
【図4】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
// C 2 3 C 16/40	C 2 3 C 16/40	
C 2 3 C 16/42	C 2 3 C 16/42	

Fターム(参考) 2H048 GA04 GA09 GA13 GA25 GA26 GA33 GA43 GA48 GA60 GA62
2K009 AA03 BB02 BB04 CC03 DD03
4K030 BA17 BA40 BA42 BA44 BB12 LA02 LA11