

(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2008-116669

(P2008-116669A)

(43) 公開日 平成20年5月22日(2008.5.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 26/00 (2006.01)	G02B 26/00	2H041
G02B 5/28 (2006.01)	G02B 5/28	2H048
G02B 5/20 (2006.01)	G02B 5/20	
B81B 3/00 (2006.01)	B81B 3/00	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2006-299483 (P2006-299483)
 (22) 出願日 平成18年11月2日(2006.11.2)

(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
 (74) 代理人 100091292
 弁理士 増田 達哉
 (74) 代理人 100091627
 弁理士 朝比 一夫
 (72) 発明者 中村 亮介
 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 AB14 AB15 AB16 AC06
 AZ08
 2H048 GA13 GA25 GA48 GA62

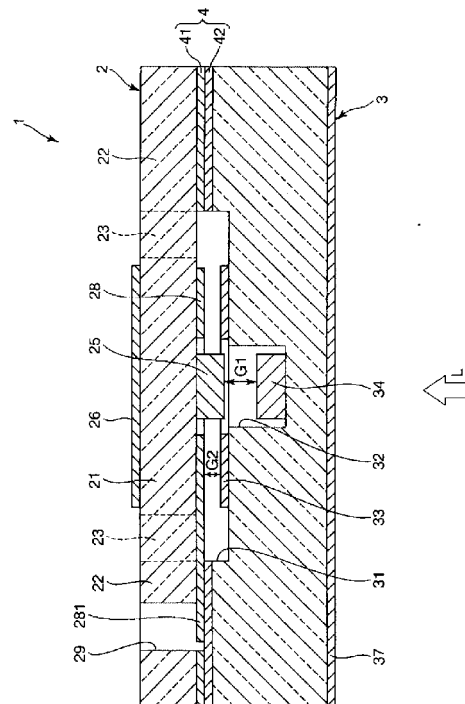
(54) 【発明の名称】 光学デバイス、光学デバイスの製造方法、波長可変フィルタ、波長可変フィルタモジュール、および光スペクトラムアナライザ

(57) 【要約】

【課題】 低コスト化を図りつつ、可視光領域での波長分離を高精度に行うことができる光学デバイス、光学デバイスの製造方法、波長可変フィルタ、波長可変フィルタモジュール、および光スペクトラムアナライザを提供すること。

【解決手段】 本発明の光学デバイス1は、可動部21の第2の構造体3側の面上に設けられた第1の駆動電極28と、第2の構造体3上に第1の駆動電極28に対向するように設けられた第2の駆動電極33とを有し、第1の構造体2および第2の構造体3は、金属を主材料として構成された金属層4を介して接合され、かつ、金属層4を導体として第1の駆動電極28と第2の駆動電極33との間に電圧を印加することにより、これらの間に静電引力を生じさせて、可動部21を変位させるように構成されている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

板状をなしその厚さ方向に変位可能に設けられた可動部を備えた第 1 の構造体と、
前記第 1 の構造体との間に前記可動部の前記変位を許容する空隙を形成しつつ前記第 1
の構造体に接合された第 2 の構造体と、
前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の反射膜と、
前記第 2 の構造体上に前記第 1 の反射膜に対向するように設けられた第 2 の反射膜とを
有し、

前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間で光反射を繰り返し干渉を生じさせて、前
記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間の距離に応じた波長の光を外部へ出射し得るよ
うに構成された光学デバイスであって、

前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の駆動電極と、
前記第 2 の構造体上に前記第 1 の駆動電極に対向するように設けられた第 2 の駆動電極
とを有し、

前記第 1 の構造体および前記第 2 の構造体は、金属を主材料として構成された金属層を
介して接合され、かつ、前記金属層を導体として前記第 1 の駆動電極と前記第 2 の駆動電
極との間に電圧を印加することにより、これらの間に静電引力を生じさせて、前記可動部
を変位させるように構成されていることを特徴とする光学デバイス。

【請求項 2】

前記第 1 の構造体および前記第 2 の構造体は、それぞれ、ガラスを主材料として構成さ
れている請求項 1 に記載の光学デバイス。

【請求項 3】

前記ガラスは、アルカリ金属イオンを含有している請求項 2 に記載の光学デバイス。

【請求項 4】

前記第 1 の構造体の構成材料は、前記第 2 の構造体の構成材料と同種である請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項 5】

前記金属層は、前記第 1 の構造体に接合された第 1 の金属膜と、前記第 2 の構造体に接
合された第 2 の金属膜とが互いに表面活性化接合により接合されてなるものである請求項
1 ないし 4 のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項 6】

前記第 1 の金属膜の構成材料は、前記第 2 の金属膜の構成材料と同種である請求項 5 に
記載の光学デバイス。

【請求項 7】

前記第 1 の金属膜の構成材料が前記第 1 の駆動電極と同種であり、前記第 2 の金属膜の
構成材料が前記第 2 の駆動電極と同種である請求項 5 または 6 に記載の光学デバイス。

【請求項 8】

前記金属層の構成材料は、前記第 1 の駆動電極および / または前記第 2 の駆動電極の構
成材料と同種である請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の光学デバイスを製造する方法であって、

前記第 1 の構造体を形成するための第 1 の基板上に形成された金属膜を加工することによ
り第 1 の金属膜および前記第 1 の駆動電極を形成するとともに、前記第 2 の構造体を形
成するための第 2 の基板上に形成された金属膜を加工することにより第 2 の金属膜および
前記第 2 の駆動電極を形成する第 1 の工程と、

前記第 1 の金属膜と前記第 2 の金属膜とを接合することにより、前記金属層を形成する
第 2 の工程とを有することを特徴とする光学デバイスの製造方法。

【請求項 10】

前記第 1 の金属膜と前記第 2 の金属膜との接合は、表面活性化接合により行う請求項 9
に記載の光学デバイスの製造方法。

10

20

30

40

50

【請求項 1 1】

前記第 1 の金属膜および前記第 2 の金属膜は、それぞれ、互いに構成材料の異なる複数層の金属層からなる請求項 9 または 10 に記載の光学デバイスの製造方法。

【請求項 1 2】

前記第 1 の工程では、前記第 2 の基板上に形成された前記金属膜を加工して、金属で構成されたマスクを形成する工程と、該マスクを介して前記第 2 の基板をエッチングすることにより前記第 2 の構造体を得る工程と、前記マスクを加工して、前記第 2 の金属膜および前記第 2 の駆動電極を形成する工程とを有する請求項 9 ないし 11 のいずれかに記載の光学デバイスの製造方法。

【請求項 1 3】

板状をなしその厚さ方向に変位可能に設けられた可動部を備えた第 1 の構造体と、
前記第 1 の構造体との間に前記可動部の前記変位を許容する空隙を形成しつつ前記第 1 の構造体に接合された第 2 の構造体と、
前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の反射膜と、
前記第 2 の構造体上に前記第 1 の反射膜に対向するように設けられた第 2 の反射膜とを有し、

前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間で光反射を繰り返し干渉を生じさせて、前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間の距離に応じた波長の光を外部へ出射し得るように構成された波長可変フィルタであって、

前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の駆動電極と、
前記第 2 の構造体上に前記第 1 の駆動電極に対向するように設けられた第 2 の駆動電極とを有し、

前記第 1 の構造体および前記第 2 の構造体は、金属を主材料として構成された金属層を介して接合され、かつ、前記金属層を導体として前記第 1 の駆動電極と前記第 2 の駆動電極との間に電圧を印加することにより、これらの間に静電引力を生じさせて、前記可動部を変位させるように構成されていることを特徴とする波長可変フィルタ。

【請求項 1 4】

板状をなしその厚さ方向に変位可能に設けられた可動部を備えた第 1 の構造体と、
前記第 1 の構造体との間に前記可動部の前記変位を許容する空隙を形成しつつ前記第 1 の構造体に接合された第 2 の構造体と、
前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の反射膜と、
前記第 2 の構造体上に前記第 1 の反射膜に対向するように設けられた第 2 の反射膜とを有し、

前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間で光反射を繰り返し干渉を生じさせて、前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間の距離に応じた波長の光を外部へ出射し得るように構成された波長可変フィルタモジュールであって、

前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の駆動電極と、
前記第 2 の構造体上に前記第 1 の駆動電極に対向するように設けられた第 2 の駆動電極とを有し、

前記第 1 の構造体および前記第 2 の構造体は、金属を主材料として構成された金属層を介して接合され、かつ、前記金属層を導体として前記第 1 の駆動電極と前記第 2 の駆動電極との間に電圧を印加することにより、これらの間に静電引力を生じさせて、前記可動部を変位させるように構成されていることを特徴とする波長可変フィルタモジュール。

【請求項 1 5】

板状をなしその厚さ方向に変位可能に設けられた可動部を備えた第 1 の構造体と、
前記第 1 の構造体との間に前記可動部の前記変位を許容する空隙を形成しつつ前記第 1 の構造体に接合された第 2 の構造体と、
前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の反射膜と、
前記第 2 の構造体上に前記第 1 の反射膜に対向するように設けられた第 2 の反射膜とを有し、

10

20

30

40

50

前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間で光反射を繰り返し干渉を生じさせて、前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間の距離に応じた波長の光を外部へ出射し得るように構成された光スペクトラムアナライザであって、

前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の駆動電極と、

前記第 2 の構造体上に前記第 1 の駆動電極に対向するように設けられた第 2 の駆動電極とを有し、

前記第 1 の構造体および前記第 2 の構造体は、金属を主材料として構成された金属層を介して接合され、かつ、前記金属層を導体として前記第 1 の駆動電極と前記第 2 の駆動電極との間に電圧を印加することにより、これらの間に静電引力を生じさせて、前記可動部を変位させるように構成されていることを特徴とする光スペクトラムアナライザ。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学デバイス、光学デバイスの製造方法、波長可変フィルタ、波長可変フィルタモジュール、および光スペクトラムアナライザに関するものである。

【背景技術】

【0002】

複数の波長を有する光から特定の波長の光のみを分離するものとして、波長可変フィルタ(Optical Tunable Filter)が知られている(例えば、特許文献 1 参照)。

例えば、特許文献 1 にかかる波長可変フィルタは、板状をなしその厚さ方向に変位可能な可動部を備えた基板と、可動部の変位を許容するための凹部を備えた基板とが互いに接合されている。凹部の底面上と、これに対向する可動部の面上とには、それぞれ反射膜が形成されており、この 1 対の反射膜間に光が入射されると、干渉作用により、これらの間の距離に応じた波長の光のみが射出(波長分離)される。

20

【0003】

特に、かかる波長可変フィルタは、前述した 2 つの基板がそれぞれシリコンで形成されているが、可動部は、開口を有する本体と、その本体の開口を塞ぐように設けられたガラスなどの透明板とで構成され、この透明板を通じて光の入射・出射が可能となっている。そのため、かかる波長可変フィルタは、可視光領域の光に対しても、波長分離を行うことができる。

30

しかしながら、特許文献 1 にかかる波長可変フィルタにあっては、可動部の本体に透明板を精度よく接合することが難しく、生産性に難があった。そのため、かかる波長可変フィルタは、低コスト化を図ることが難しい。

【0004】

【特許文献 1】特開 2006 - 235606 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の目的は、低コスト化を図りつつ、可視光領域での波長分離を高精度に行うことができる光学デバイス、光学デバイスの製造方法、波長可変フィルタ、波長可変フィルタモジュール、および光スペクトラムアナライザを提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の光学デバイスは、板状をなしその厚さ方向に変位可能に設けられた可動部を備えた第 1 の構造体と、

前記第 1 の構造体との間に前記可動部の前記変位を許容する空隙を形成しつつ前記第 1 の構造体に接合された第 2 の構造体と、

前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の反射膜と、

前記第 2 の構造体上に前記第 1 の反射膜に対向するように設けられた第 2 の反射膜とを

50

有し、

前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間で光反射を繰り返し干渉を生じさせて、前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間の距離に応じた波長の光を外部へ出射し得るように構成された光学デバイスであって、

前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の駆動電極と、

前記第 2 の構造体上に前記第 1 の駆動電極に対向するように設けられた第 2 の駆動電極とを有し、

前記第 1 の構造体および前記第 2 の構造体は、金属を主材料として構成された金属層を介して接合され、かつ、前記金属層を導体として前記第 1 の駆動電極と前記第 2 の駆動電極との間に電圧を印加することにより、これらの間に静電引力を生じさせて、前記可動部を変位させるように構成されていることを特徴とする。

10

【0007】

これにより、第 1 の構造体および第 2 の構造体をそれぞれガラスなどの透明材料で構成しつつ、これらを簡単かつ強固に接合することができる。そのため、低コスト化を図りつつ、可視光領域での波長分離を高精度に行うことができる。

また、金属層を導体として第 1 の駆動電極と第 2 の駆動電極との間に電圧を印加することができるため、配線等のための構造を別途設ける必要が無く、この点でも、低コスト化を図ることができる。

【0008】

本発明の光学デバイスでは、前記第 1 の構造体および前記第 2 の構造体は、それぞれ、ガラスを主材料として構成されていることが好ましい。

20

これにより、可視光領域での使用を可能としつつ、可動部の寸法精度や機械的特性を向上させることができる。

本発明の光学デバイスでは、前記ガラスは、アルカリ金属イオンを含有していることが好ましい。

これにより、第 1 の構造体や第 2 の構造体と金属層との接合強度を向上させることができる。

【0009】

本発明の光学デバイスでは、前記第 1 の構造体の構成材料は、前記第 2 の構造体の構成材料と同種であることが好ましい。

30

これにより、第 1 の構造体および第 2 の構造体が高温下または低温下にさらされたときに、第 1 の構造体と第 2 の構造体との間に生じる応力を低減して、第 1 の構造体または第 2 の構造体の損傷を防止することができる。

【0010】

本発明の光学デバイスでは、前記金属層は、前記第 1 の構造体に接合された第 1 の金属膜と、前記第 2 の構造体に接合された第 2 の金属膜とが互いに表面活性化接合により接合されてなるものであることが好ましい。

これにより、第 1 の構造体と第 2 の構造体とを金属層を介して簡単かつ強固に接合することができる。

本発明の光学デバイスでは、前記第 1 の金属膜の構成材料は、前記第 2 の金属膜の構成材料と同種であることが好ましい。

40

これにより、第 1 の金属膜と第 2 の金属膜とを簡単かつ強固に接合することができる。

【0011】

本発明の光学デバイスでは、前記第 1 の金属膜の構成材料が前記第 1 の駆動電極と同種であり、前記第 2 の金属膜の構成材料が前記第 2 の駆動電極と同種であることが好ましい。

これにより、第 1 の金属膜と第 1 の駆動電極とを一体的に形成し、また、第 2 の金属膜と第 2 の駆動電極とを一体的に形成することができる。そのため、より低コスト化を図ることができる。

本発明の光学デバイスでは、前記金属層の構成材料は、前記第 1 の駆動電極および/ま

50

たは前記第 2 の駆動電極の構成材料と同種であることが好ましい。

これにより、金属層と第 1 の駆動電極や第 2 の駆動電極とを一体的に形成することができる。そのため、より低コスト化を図ることができる。

【 0 0 1 2 】

本発明の光学デバイスの製造方法は、本発明の光学デバイスを製造する方法であって、前記第 1 の構造体を形成するための第 1 の基板上に形成された金属膜を加工することにより第 1 の金属膜および前記第 1 の駆動電極を形成するとともに、前記第 2 の構造体を形成するための第 2 の基板上に形成された金属膜を加工することにより第 2 の金属膜および前記第 2 の駆動電極を形成する第 1 の工程と、

前記第 1 の金属膜と前記第 2 の金属膜とを接合することにより、前記金属層を形成する第 2 の工程とを有することを特徴とする。

これにより、可視光領域での波長分離を高精度に行うことができる光学デバイスを提供することができる。

【 0 0 1 3 】

本発明の光学デバイスの製造方法では、前記第 1 の金属膜と前記第 2 の金属膜との接合は、表面活性化接合により行うことが好ましい。

これにより、第 1 の構造体と第 2 の構造体とを金属層を介して簡単かつ強固に接合することができる。

本発明の光学デバイスの製造方法では、前記第 1 の金属膜および前記第 2 の金属膜は、それぞれ、互いに構成材料の異なる複数層の金属層からなることが好ましい。

これにより、第 1 の金属膜および第 2 の金属膜のそれぞれに所望の特性を付与することができる。例えば、第 1 の金属膜の第 1 の基板側の金属層を第 1 の基板との密着性に優れた材料で構成するとともに、第 1 の金属膜の第 2 の金属膜との接合側の金属層を第 2 の金属膜との接合に適した材料（表面活性化接合に適した材料）で構成する。これと同様に、第 2 の金属膜の第 2 の基板側の金属層を第 2 の基板との密着性に優れた材料で構成するとともに、第 2 の金属膜の第 1 の金属膜との接合側の金属層を第 1 の金属膜との接合に適した材料（表面活性化接合に適した材料）で構成する。このように第 1 の金属膜および第 2 の金属膜を構成することにより、光学デバイスの機械的強度を向上させることができる。

【 0 0 1 4 】

本発明の光学デバイスの製造方法では、前記第 1 の工程では、前記第 2 の基板上に形成された前記金属膜を加工して、金属で構成されたマスクを形成する工程と、該マスクを介して前記第 2 の基板をエッチングすることにより前記第 2 の構造体を得る工程と、前記マスクを加工して、前記第 2 の金属膜および前記第 2 の駆動電極を形成する工程とを有することが好ましい。

これにより、製造工程を単純化して、光学デバイスの低コスト化を図ることができる。

【 0 0 1 5 】

本発明の波長可変フィルタは、板状をなしその厚さ方向に変位可能に設けられた可動部を備えた第 1 の構造体と、

前記第 1 の構造体との間に前記可動部の前記変位を許容する空隙を形成しつつ前記第 1 の構造体に接合された第 2 の構造体と、

前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の反射膜と、

前記第 2 の構造体上に前記第 1 の反射膜に対向するように設けられた第 2 の反射膜とを有し、

前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間で光反射を繰り返し干渉を生じさせて、前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間の距離に応じた波長の光を外部へ出射し得るように構成された波長可変フィルタであって、

前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の駆動電極と、

前記第 2 の構造体上に前記第 1 の駆動電極に対向するように設けられた第 2 の駆動電極とを有し、

前記第 1 の構造体および前記第 2 の構造体は、金属を主材料として構成された金属層を

10

20

30

40

50

介して接合され、かつ、前記金属層を導体として前記第 1 の駆動電極と前記第 2 の駆動電極との間に電圧を印加することにより、これらの間に静電引力を生じさせて、前記可動部を変位させるように構成されていることを特徴とする。

これにより、可視光領域での波長分離を高精度に行うことができる波長可変フィルタを提供することができる。

【0016】

本発明の波長可変フィルタモジュールは、板状をなしその厚さ方向に変位可能に設けられた可動部を備えた第 1 の構造体と、

前記第 1 の構造体との間に前記可動部の前記変位を許容する空隙を形成しつつ前記第 1 の構造体に接合された第 2 の構造体と、

前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の反射膜と、

前記第 2 の構造体上に前記第 1 の反射膜に対向するように設けられた第 2 の反射膜とを有し、

前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間で光反射を繰り返し干渉を生じさせて、前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間の距離に応じた波長の光を外部へ出射し得るように構成された波長可変フィルタモジュールであって、

前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の駆動電極と、

前記第 2 の構造体上に前記第 1 の駆動電極に対向するように設けられた第 2 の駆動電極とを有し、

前記第 1 の構造体および前記第 2 の構造体は、金属を主材料として構成された金属層を介して接合され、かつ、前記金属層を導体として前記第 1 の駆動電極と前記第 2 の駆動電極との間に電圧を印加することにより、これらの間に静電引力を生じさせて、前記可動部を変位させるように構成されていることを特徴とする。

これにより、可視光領域での波長分離を高精度に行うことができる波長可変フィルタモジュールを提供することができる。

【0017】

本発明の光スペクトラムアナライザは、板状をなしその厚さ方向に変位可能に設けられた可動部を備えた第 1 の構造体と、

前記第 1 の構造体との間に前記可動部の前記変位を許容する空隙を形成しつつ前記第 1 の構造体に接合された第 2 の構造体と、

前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の反射膜と、

前記第 2 の構造体上に前記第 1 の反射膜に対向するように設けられた第 2 の反射膜とを有し、

前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間で光反射を繰り返し干渉を生じさせて、前記第 1 の反射膜と前記第 2 の反射膜との間の距離に応じた波長の光を外部へ出射し得るように構成された光スペクトラムアナライザであって、

前記可動部の前記第 2 の構造体側の面上に設けられた第 1 の駆動電極と、

前記第 2 の構造体上に前記第 1 の駆動電極に対向するように設けられた第 2 の駆動電極とを有し、

前記第 1 の構造体および前記第 2 の構造体は、金属を主材料として構成された金属層を介して接合され、かつ、前記金属層を導体として前記第 1 の駆動電極と前記第 2 の駆動電極との間に電圧を印加することにより、これらの間に静電引力を生じさせて、前記可動部を変位させるように構成されていることを特徴とする。

これにより、可視光領域での波長分離を高精度に行うことができる光スペクトラムアナライザ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】

【0018】

以下、本発明の光学デバイス、光学デバイスの製造方法、波長可変フィルタ、波長可変フィルタモジュール、光スペクトラムアナライザを添付図面に示す好適実施形態に基づいて詳細に説明する。

10

20

30

40

50

図1は、本発明の光学デバイス（波長可変フィルタ）の実施形態を示す平面図、図2は、図1におけるA-A線断面図、図3は、図1に示す光学デバイスに備えられた第2の構造体を説明するための図である。なお、以下の説明では、図1中および図3中の紙面手前側を「上」、紙面奥側を「下」、右側を「右」、左側を「左」と言い、図2中の上側を「上」、下側を「下」、右側を「右」、左側を「左」と言う。

【0019】

図1ないし図3に示すように、光学デバイス1は、例えば、光を受け、干渉作用により、その光の波長のうち特定の波長に対応する光（干渉光）だけを出射させる波長可変フィルタである。なお、この光学デバイス1は、波長可変フィルタに限らず、光スイッチ、光アッテネータなどの各種光学デバイスに用いることもできる。

このような光学デバイス1は、互いに接合された第1の構造体2および第2の構造体3を有し、これらの間に、光を干渉させるためのギャップ（第1のギャップG1）が形成されている。そして、このギャップに光Lが入射すると、干渉作用により、ギャップの大きさに応じた波長の光だけが射出する。

【0020】

以下、光学デバイス1を構成する各部を順次詳細に説明する。

第1の構造体2は、光透過性を有している。そして、第1の構造体2は、第1のギャップG1を可変とするための可動部21と、支持部22と、可動部21を支持部22に対し上下方向（すなわち可動部21の厚さ方向）に変位可能とするようにこれらを連結する複数の連結部23とを有している。これらは、第1の構造体2に異形状の開口部24が形成されることにより、一体的に形成されている。可動部21と支持部22と連結部23とが一体的に形成されていると、第2の構造体3に対する可動部21の位置をより安定させることができる。

【0021】

このような第1の構造体2の構成材料としては、用いる光の波長に関し光透過性を有していれば、特に限定されないが、例えば、ソーダガラス、結晶性ガラス、石英ガラス、鉛ガラス、カリウムガラス、ホウケイ酸ガラス、ホウケイ酸ナトリウムガラス、無アルカリガラス等の各種ガラスや、水晶等が挙げられる。

これらの中でも、第1の構造体2の構成材料としては、例えばナトリウム（Na）やカリウム（K）のようなアルカリ金属（可動イオン）を含有したガラスが好ましい。これにより、第1の構造体2と後述する金属層4との密着性や接合強度を向上させ、また、製造時に、これらを簡単かつ強固に接合することができる。

また、第1の構造体2がガラスを主材料として構成されていると、可視光領域での使用を可能としつつ、可動部21の寸法精度や機械的特性を向上させることができる。

【0022】

可動部21は、板状をなしているとともに、平面視にて、第1の構造体2のほぼ中央部に位置し、円形状をなしている。なお、可動部21の形状、大きさ、配置は、図示の形状に特に限定されないのは言うまでもない。

可動部21の厚さ（平均）は、構成材料、用途等に応じて適宜選択され、特に限定されないが、1～500μm程度であるのが好ましく、10～100μm程度であるのがより好ましい。

また、可動部21には、第2の構造体3と対向する側の面（すなわち、可動部21の下面）上に、光を比較的高い反射率で反射させる第1の反射膜（HRコート）25が形成され、第2の構造体3と対向する側とは反対側の面（すなわち、可動部21の上面）上に、光の反射を抑制する第1の反射防止膜（ARコート）26が形成されている。

【0023】

第1の反射膜25は、図2に示すように光学デバイス1の下方から後述の第1のギャップG1に入射した光を、後述する第2の反射膜34との間で複数回にわたって反射させるためのものである。

第1の反射防止膜26は、図2に示すように光学デバイス1の下方から第1のギャップ

10

20

30

40

50

G 1に入射した光が第 1 の構造体 2 の上面と外気との界面で図中下方に反射されるのを防止するためのものである。

【 0 0 2 4 】

第 1 の反射膜 (誘電体多層膜) 2 5 や第 1 の反射防止膜 2 6 は、必要な光学特性を得られるものであれば特に限定されないが、誘電体多層膜で構成されているものが好ましい。すなわち、第 1 の反射膜 (誘電体多層膜) 2 5 や第 1 の反射防止膜 2 6 は、それぞれ、高屈折率層と低屈折率層とが交互に複数積層されてなるものであるのが好ましい。これにより、第 1 の反射膜 2 5 と第 2 の反射膜 3 4 との間での光の干渉時における光の損失を防止して、光学特性を向上させることができる。

【 0 0 2 5 】

高屈折率層を構成する材料としては、第 1 の反射膜 2 5 や第 1 の反射防止膜 2 6 に必要な光学特性を得ることができるものであれば、特に限定されないが、可視光領域や赤外光領域で用いる場合には、 Ti_2O 、 Ta_2O_5 、酸化ニオブなどが挙げられ、また、紫外光領域で用いる場合には、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 ThO_2 などが挙げられる。

低屈折率層を構成する材料としては、第 1 の反射膜 2 5 や第 1 の反射防止膜 2 6 に必要な光学特性を得ることができるものであれば、特に限定されないが、例えば、 MgF_2 、 SiO_2 などが挙げられる。

第 1 の反射膜 2 5 および第 1 の反射防止膜 2 6 を構成する高屈折率層および低屈折率層の層数、厚さは、必要とする光学特性に応じて設定される。一般に、多層膜により反射膜を構成する場合、その光学特性を得るために必要な層数は 1 2 層以上であり、多層膜により反射防止膜を構成する場合、その光学特性に必要な層数は 4 層程度である。

【 0 0 2 6 】

第 1 の駆動電極 2 8 は、前述した第 1 の反射膜 2 5 の外周を囲むように円環状をなしている。

第 1 の駆動電極 2 8 は、図示しない通電回路に接続されており、後述する第 2 の駆動電極 3 3 と第 1 の駆動電極 2 8 との間に電位差を生じさせることが可能となっている。この通電回路には、後述する検出回路 (図示せず) の検出結果に基づき通電回路の駆動を制御するための制御手段 (図示せず) が接続されている。

【 0 0 2 7 】

第 1 の駆動電極 2 8 の構成材料としては、導電性を有しているものであれば、特に限定されず、例えば、Au、Cr、Al、Al 合金、Ni、Zn、Ti などの金属等が挙げられる。

ここで、第 1 の駆動電極 2 8 は、後述する第 1 の金属膜 4 1 と同様の層構成となっている。したがって、第 1 の金属膜 4 1 が複数層の金属層で構成されている場合、各金属層は、前述した第 1 の駆動電極 2 8 の構成材料と同様の構成材料で構成され、各金属層の構成材料は、各層間で同じであっても、異なってもよい。

このような第 1 の駆動電極 2 8 の厚さ (平均) は、構成材料、用途等により適宜選択され、特に限定されないが、 $0.1 \sim 5 \mu m$ 程度であるのが好ましい。

このような可動部 2 1 を囲むように支持部 2 2 が形成され、可動部 2 1 は、連結部 2 3 を介して支持部 2 2 に支持されている。

【 0 0 2 8 】

連結部 2 3 は、前述した可動部 2 1 の周囲に周方向に等間隔で複数 (本実施形態では 4 つ) 設けられている。この連結部 2 3 は、弾性 (可撓性) を有しており、これにより、可動部 2 1 は、第 2 の構造体 3 に対し略平行に間隔を隔てて、その厚さ方向に (上下に) に変位可能となっている。なお、連結部 2 3 の数、位置、形状は、可動部 2 1 を支持部 2 2 に対し変位可能とするものであれば、前述したものに限定されない。

【 0 0 2 9 】

また、第 1 の構造体 2 には、後述する引出し電極 3 3 1 に外部からアクセスするための開口部 2 7 が設けられている。この開口部 2 7 は、光学デバイス 1 の製造工程において、

10

20

30

40

50

第1の構造体2と第2の構造体3との間の空間に外部との圧力差が生じるのを防止する圧力開放用開口部としても機能する。

また、第1の構造体2には、前述した引出し電極281に外部からアクセスするための開口部29が設けられている。

このような第1の構造体2に対し、支持部22の下面で、第2の構造体3が接合されている。

【0030】

第2の構造体3は、光透過性を有しており、第2の構造体3には、その一方の面側に、第1の構造体2と第2の構造体3との間に第2のギャップG2を形成するための第1の凹部31と、第1の凹部31内側で第1の構造体2と第2の構造体3との間に第1のギャップG1を形成するための第2の凹部32とが形成されている。これにより、可動部21の厚さ方向での変位を許容する空隙を形成しつつ、第2の構造体3と第1の構造体2とを接合することができる。

10

【0031】

このような第2の構造体3の構成材料としては、用いる光の波長に関し光透過性を有していれば、特に限定されないが、例えば、ソーダガラス、結晶性ガラス、石英ガラス、鉛ガラス、カリウムガラス、ホウケイ酸ガラス、ホウケイ酸ナトリウムガラス、無アルカリガラス等の各種ガラスや、水晶等が挙げられる。特に、第2の構造体3の構成材料としては、ソーダガラス、カリウムガラス、ホウケイ酸ナトリウムガラス等を用いるのが好ましく、例えば、コーニング社製のピレックスガラス（登録商標）等が好適に用いられる。

20

これらの中でも、第2の構造体3の構成材料としては、例えばナトリウム（Na）やカリウム（K）のようなアルカリ金属（可動イオン）を含有したガラスが好ましい。これにより、第2の構造体3と後述する金属層4との密着性や接合強度を向上させ、また、製造時にこれらを簡単かつ強固に接合することができる。

【0032】

また、第2の構造体3がガラスを主材料として構成されていると、可視光領域での使用を可能としつつ、第1の凹部31や第2の凹部32の寸法精度や、機械的特性を向上させることができる。第1の凹部31や第2の凹部32の寸法精度が優れていると、第1のギャップG1や第2のギャップG2の寸法精度も優れたものとなる。

特に、第1の構造体2の熱膨張係数と第2の構造体3の熱膨張係数との差は、できるだけ小さいほうが好ましく、具体的には、 $50 \times 10^{-7} \sim 10^{-1}$ 以下であるのが好ましい。

30

これにより、第1の構造体2および第2の構造体3が高温下または低温下にさらされたときに、第1の構造体2と第2の構造体3との間に生じる応力を低減して、第1の構造体2または第2の構造体3の損傷を防止することができる。

【0033】

このような観点から、第2の構造体3の構成材料は、第1の構造体2の構成材料と同種であるのが好ましい。

また、第2の構造体3の厚さ（平均）は、構成材料、用途等により適宜選択され、特に限定されないが、 $10 \sim 2000 \mu\text{m}$ 程度であるのが好ましく、 $100 \sim 1000 \mu\text{m}$ 程度であるのがより好ましい。

40

【0034】

第1の凹部31は、その外形が円形をなしており、前述した可動部21と連結部23と開口部24とに対応する位置に配置されている。また、第1の凹部31の底面上には、可動部21の外周部に対応する位置で、円環状の第2の駆動電極33、図示しない絶縁膜がこの順で積層されている。

【0035】

第2の駆動電極33は、図示しない通電回路に接続されており、第2の駆動電極33と前述した第1の駆動電極28との間に電位差を生じさせることが可能となっている。この通電回路には、後述する検出回路（図示せず）の検出結果に基づき通電回路の駆動を制御するための制御手段（図示せず）が接続されている。

50

第2の駆動電極33の構成材料としては、前述した第1の駆動電極28の構成材料と同様に、導電性を有しているものであれば、特に限定されず、例えば、Au、Cr、Al、Al合金、Ni、Zn、Tiなどの金属等が挙げられる。

ここで、第2の駆動電極33は、後述する第2の金属膜42（マスク層7）と同様の層構成となっている。したがって、第2の金属膜42が複数層の金属層で構成されている場合、各金属層は、前述した第2の駆動電極33の構成材料と同様の構成材料で構成され、各金属層の構成材料は、各層間で同じであっても、異なってもよい。

【0036】

このような第2の駆動電極33の厚さ（平均）は、構成材料、用途等により適宜選択され、特に限定されないが、 $0.1 \sim 5 \mu\text{m}$ 程度であるのが好ましい。

このような第1の凹部31内の空間内に、可動部21の駆動のための静電ギャップ（駆動ギャップ）として、第2のギャップG2が形成される。すなわち、第1の駆動電極28と第2の駆動電極33との間に、第2のギャップG2が形成される。

【0037】

第2のギャップG2の大きさ（すなわち、第1の駆動電極28と第2の駆動電極33との間の距離）は、用途などに応じて適宜選択され、特に限定されないが、 $0.5 \sim 20 \mu\text{m}$ 程度であるのが好ましい。

第2の凹部32は、その外形が円形をなし、前述した第1の凹部31とほぼ同心でかつ第1の凹部31および可動部21の外径よりも小さい外径を有している。また、第2の凹部32の底面（第2の構造体3の可動部21側の面）上には、ほぼ円形をなす第2の反射膜34が設けられている。

【0038】

第2の反射膜34は、前述したように、図2に示すように光学デバイス1の下方から第1のギャップG1に入射した光を、第1の反射膜25との間で複数回にわたって反射させるためのものである。すなわち、この第2の反射膜34は、前述した第1の反射膜25と協働して、第1のギャップG1の大きさ（すなわち、第2の反射膜34と第1の反射膜25との間の距離）に対応する波長の光を干渉させることができる。本実施形態では、この第1のギャップG1の大きさは、前述した第2のギャップG2の大きさよりも大きくなっている。なお、第1のギャップG1および第2のギャップG2は、使用波長領域や駆動電圧などの設計により決定されるものであり、第1のギャップG1と第2のギャップG2との関係は、本実施形態のものに限定されず、例えば、使用波長領域が可視光である場合などには、第1のギャップG1が第2のギャップG2よりも小さくなっていてもよい。

第1のギャップG1の大きさは、用途などに応じて適宜選択され、特に限定されないが、 $0.4 \sim 100 \mu\text{m}$ 程度であるのが好ましい。

【0039】

第2の凹部32の底面上に第2の反射膜34が設けられているので、第2の駆動電極33と第1の駆動電極28や可動部21との間の距離に関係なく、第2の凹部32の深さに応じた使用可能波長帯域とすることができる。そのため、様々な使用波長帯域の光学デバイス1を製造しても、駆動電圧を低減することができる。

また、図3に示すように、第2の構造体3には、前述した第2の駆動電極33を外部に引き出すために、第3の凹部36と、第3の凹部36と第1の凹部31とを連通させる溝部35とが形成されている。

【0040】

溝部35および第3の凹部36は、その深さが第1の凹部31の深さとほぼ同等となっており、これらの底面上には、第2の駆動電極33に接続される引出し電極331が設けられている。

引出し電極331の構成材料としては、前述した第2の駆動電極33の構成材料と同様のものを用いることができ、導電性を有しているものであれば、特に限定されず、例えば、Au、Cr、Al、Al合金、Ni、Zn、Tiなどの金属等が挙げられる。

【0041】

10

20

30

40

50

また、引出し電極 331 の厚さ（平均）は、構成材料、用途等により適宜選択され、特に限定されないが、 $0.1 \sim 5 \mu\text{m}$ 程度であるのが好ましい。そして、引出し電極 331 は、前述した第 2 の駆動電極 33 と一体的に形成されているのが好ましい。

また、第 2 の構造体 3 の他方の面（すなわち、前述した第 1 の凹部 31 等が形成されている面とは反対側の面）上には、第 2 の反射防止膜 37 が形成されている（図 2 参照）。

【0042】

第 2 の反射防止膜 37 は、図 2 に示すように光学デバイス 1 の下方から第 1 のギャップ G1 に向け照射された光が第 2 の構造体 3 の下面と外気との界面で図中下方に反射されるのを防止するためのものである。なお、第 1 の反射膜 25 や第 1 の反射防止膜 26 の構成は、前述した第 2 の反射膜 34 や第 2 の反射防止膜 37 の構成と同様である。

前述したような第 1 の構造体 2 と第 2 の構造体 3 とは、金属層 4 を介して接合されている。

【0043】

金属層 4 は、第 1 の構造体 2 の下面に接合された第 1 の金属膜 41 と、第 1 の第 2 の構造体 3 の上面に接合された第 2 の金属膜 42 とからなり、第 1 の金属膜 41 および第 2 の金属膜 42 は互いに表面活性化接合により接合されている。すなわち、金属層 4 は、第 1 の構造体 2 に接合された第 1 の金属膜 41 と、第 2 の構造体 3 に接合された第 2 の金属膜 42 とが互いに表面活性化接合により接合されてなるものである。これにより、後述する製造工程において、第 1 の構造体 2 と第 2 の構造体 3 とを金属層 4 を介して簡単かつ強固に接合することができる。なお、表面活性化接合については、後に詳述する。

【0044】

第 1 の金属膜 41 および第 2 の金属膜 42 の構成材料は、それぞれ、前述した第 1 の駆動電極 28 や第 2 の駆動電極 33 の構成材料と同様のものを用いることができる。

特に、第 1 の金属膜 41 の構成材料は、第 2 の金属膜 42 の構成材料と同種であるのが好ましい。これにより、第 1 の金属膜 41 と第 2 の金属膜 42 とを簡単かつ強固に接合することができる。

【0045】

また、第 1 の金属膜 41 の構成材料が第 1 の駆動電極 28 と同種であり、かつ、第 2 の金属膜 42 の構成材料が第 2 の駆動電極 33 と同種であるのが好ましい。言い換えると、金属層 4 の構成材料は、第 1 の駆動電極 28 および / または第 2 の駆動電極 33 の構成材料と同種であるのが好ましい。これにより、第 1 の金属膜 41 と第 1 の駆動電極 28 とを一体的に形成し、また、第 2 の金属膜 42 と第 2 の駆動電極 33 とを一体的に形成することができる。そのため、より低コスト化を図ることができる。

【0046】

また、第 1 の金属膜 41 および第 2 の金属膜 42 は、それぞれ、互いに構成材料の異なる複数層の金属層からなるのが好ましい。これにより、第 1 の金属膜 41 および第 2 の金属膜 42 のそれぞれに所望の特性を付与することができる。例えば、第 1 の金属膜 41 の第 1 の構造体 2 側の金属層を第 1 の構造体 2 との密着性に優れた材料で構成するとともに、第 1 の金属膜 41 の第 2 の金属膜 42 との接合側の金属層を第 2 の金属膜 42 との接合に適した材料（表面活性化接合に適した材料）で構成する。これと同様に、第 2 の金属膜 42 の第 2 の構造体 3 側の金属層を第 2 の構造体 3 との密着性に優れた材料で構成するとともに、第 2 の金属膜 42 の第 1 の金属膜 41 との接合側の金属層を第 1 の金属膜 41 との接合に適した材料（表面活性化接合に適した材料）で構成する。このように第 1 の金属膜 41 および第 2 の金属膜 42 を構成することにより、光学デバイス 1 の機械的強度を向上させることができる。

【0047】

このような構成を有する光学デバイス 1 の動作（作用）を説明する。

図示しない通電回路により第 1 の駆動電極 28 と第 2 の駆動電極 33 との間に電圧が印加されると、第 1 の駆動電極 28 と第 2 の駆動電極 33 とが互いに逆極性に帯電して、両者の間にクーロン力（静電引力）が発生する。このとき、図示しない検出回路が可動部 2

10

20

30

40

50

1の変位状態を検出し、その検出結果に基づき、図示しない制御手段が通電回路の駆動を制御する。

【0048】

このクーロン力によって、可動部21は、第2の駆動電極33に向け下方方向に移動(変位)し、連結部23の弾性力とクーロン力が釣り合う位置で静止する。これにより、第1のギャップG1および第2のギャップG2の大きさが変化する。

一方、図2に示すように、光学デバイス1の下方から第1のギャップG1に向け光Lが照射されると、光Lは、第2の反射防止膜37、第2の構造体3、第2の反射膜34を透過して、第1のギャップG1に入射する。このとき、この光Lは、第2の反射防止膜37により、ほとんど損失せず第1のギャップG1に入射する。

入射した光は、第1の反射膜25と第2の反射膜34との間において、反射を繰り返す(干渉する)。この際、第1の反射膜25および第2の反射膜34により、光Lの損失を抑えることができる。

【0049】

前述したように第1の反射膜25と第2の反射膜34との間で光が反射を繰り返す過程において、第1の反射膜25と第2の反射膜34との間の第1のギャップG1の大きさに対応する干渉条件を満たさない波長の光は急激に減衰し、この干渉条件を満たした波長の光だけが残って最終的に光学デバイス1から出射する。したがって、第1の駆動電極28と第2の駆動電極33との間に印加される電圧を変更することにより、第1のギャップG1を変更(すなわち干渉条件を変更)すれば、光学デバイス1を透過する光の波長を変更することができる。

【0050】

前記光Lの干渉の結果、第1のギャップG1の大きさに対応した波長の光(干渉光)は、第1の反射膜25、可動部21、第1の反射防止膜26を透過し、光学デバイス1の上方へ出射する。このとき、可動部21の上面に第1の反射防止膜26が形成されているため、ほとんど損失せず光学デバイス1の外部へ出射する。

なお、本実施形態では、第1のギャップG1に入射した光を光学デバイス1の上方へ出射したが、第1のギャップG1に入射した光を光学デバイス1の下方へ出射してもよい。

また、本実施形態では、光学デバイス1に対し、その下方から光を入射したが、上方から光を入射してもよい。

【0051】

以上説明したような光学デバイス1は、第1の構造体2および第2の構造体3が、金属を主材料として構成された金属層4を介して接合され、かつ、金属層4を導体として第1の駆動電極28と第2の駆動電極33との間に電圧を印加することにより、これらの間に静電引力を生じさせて、可動部21を変位させるように構成されている。

したがって、後述するように、第1の構造体2および第2の構造体3をそれぞれガラスなどの透明材料で構成しつつ、これらを簡単かつ強固に接合することができる。そのため、低コスト化を図りつつ、可視光領域での波長分離を高精度に行うことができる。

また、金属層4を導体として第1の駆動電極28と第2の駆動電極33との間に電圧を印加することができるため、配線等のための構造を別途設ける必要が無く、この点でも、低コスト化を図ることができる。

【0052】

<光学デバイス(波長可変フィルタ)の製造方法>

次に、光学デバイス1の製造方法の一例を図4ないし図8に基づいて説明する。

図4~図8は、光学デバイス1の製造工程を説明するための図である。なお、図4~図8は、図1のA-A線断面に対応する断面を示している。

本実施形態の光学デバイス1の製造方法は、[A]第2の構造体3を形成するための第2の基板上に金属膜を形成し、該金属膜を加工することにより第2の金属膜42および第2の駆動電極33を形成する工程と、[B]第1の構造体2を形成するための第1の基板上に金属膜を形成し、該金属膜を加工することにより第1の金属膜41および第

10

20

30

40

50

1の駆動電極28を形成する工程(第1の工程)と、[C]第1の金属膜41と第2の金属膜42とを接合することにより、金属層4を形成する工程(第2の工程)とを有する。以下、各工程について順次説明する。

【0053】

[A] 第2の金属膜42および第2の駆動電極33を形成する工程

- A 1 -

まず、第2の構造体3を形成するための基板として、図4(a)に示すように、光透過性を有する第2の基板5を用意する。

第2の基板5としては、厚さが均一で、たわみや傷のないものが好適に用いられる。第2の基板5の構成材料としては、第2の構造体3の説明で述べたものを用いることができる。前述したように、第2の基板5の構成材料としては、例えばナトリウム(Na)やカリウム(K)のようなアルカリ金属(可動イオン)を含有したガラスを用いるのが好ましい。

10

【0054】

- A 2 -

次に、図4(b)に示すように、第2の基板5の一方の面上にマスク層6を形成(マスクング)する。

マスク層6を構成する材料としては、例えば、Au/Cr、Au/Ti、Pt/Cr、Pt/Tiなどの金属、多結晶シリコン(ポリシリコン)、アモルファスシリコン等のシリコン、窒化シリコン等が挙げられる。マスク層6の構成材料にシリコンを用いると、マスク層6と第2の基板5との密着性が向上する。マスク層6の構成材料に金属を用いると、形成されるマスク層6の視認性が向上する。

20

【0055】

マスク層6の厚さは、特に限定されないが、0.01~1μm程度とすることが好ましく、0.09~0.11μm程度とすることがより好ましい。マスク層6が薄すぎると、第2の基板5を十分に保護できない場合があり、マスク層6が厚すぎると、マスク層6の内部応力によりマスク層6が剥がれ易くなる場合がある。

マスク層6は、例えば、化学気相成膜法(CVD法)、スパッタリング法、蒸着法等の気相成膜法、メッキ法等により形成することができる。

30

【0056】

- A 3 -

次に、図4(c)に示すように、マスク層6に、第1の凹部31と溝部35と第3の凹部36との平面視形状に対応した平面視形状をなす開口61を形成する。

より具体的には、まず、例えばフォトリソグラフィ法を用い、マスク層6上に、フォトレジストを塗布し、露光、現像を行って、開口61に対応する開口を有するレジストマスクを形成する。次に、このレジストマスクを介してマスク層6をエッチングして、マスク層6の一部を除去した後、レジストマスクを除去する。このようにして、マスク層6に開口61が形成される。このエッチングとしては、例えば、CFガス、塩素系ガス等によるドライエッチング、フッ酸+硝酸水溶液、アルカリ水溶液等によるウェットエッチングを用いることができる。

40

【0057】

- A 4 -

次に、マスク層6を介して第2の基板5の一方の面をエッチングした後、マスク層6を除去して、図4(d)に示すように、第1の凹部31と溝部35と第3の凹部36とを形成する。

このエッチングとしては、ドライエッチング法、ウェットエッチング法を用いることができるが、ウェットエッチング法を用いるのが好ましい。これにより、形成される第1の凹部31をより理想的な円柱状とすることができる。この場合、ウェットエッチングのエッチング液としては、例えばフッ酸系エッチング液などが好適に用いられる。また、エッチング液にグリセリン等のアルコール(特に多価アルコール)を添加すると、形成される

50

第 1 の凹部 3 1 の底面を極めて滑らかなものとすることができる。

【 0 0 5 8 】

マスク層 6 の除去方法としては、特に限定されないが、例えば、アルカリ水溶液（例えばテトラメチル水酸化アンモニウム水溶液等）、塩酸 + 硝酸水溶液、フッ酸 + 硝酸水溶液等によるウェットエッチング、CF ガス、塩素系ガス等によるドライエッチングなどを用いることができる。

特に、マスク層 6 の除去方法としてウェットエッチングを用いると、簡易な操作で、効率よく、マスク層 6 を除去することができる。

【 0 0 5 9 】

- A 5 -

次に、前述した工程 A 2 および A 3 と同様の方法を用いて、図 5 (a) に示すように、第 2 の凹部 3 2 の平面視形状に対応した平面視形状の開口を有するマスク層 7 を形成する

。このマスク層 7 は、金属を主材料として構成されており、後述する工程 A 6 においてエッチングマスクとして用いた後に、工程 A 7 にて加工されて、第 2 の駆動電極 3 3 および第 2 の金属膜 4 2 となるものである。したがって、マスク層 7 は、それぞれ、互いに構成材料の異なる複数層の金属層からなるのが好ましい。これにより、第 2 の金属膜 4 2 のそれぞれに所望の特性を付与することができる。例えば、第 2 の金属膜 4 2 の第 2 の基板 5 側の金属層を第 2 の基板 5 との密着性に優れた材料で構成するとともに、第 2 の金属膜 4 2 の第 1 の金属膜 4 1 との接合側の金属層を第 1 の金属膜 4 1 との接合に適した材料（表面活性化接合に適した材料）で構成する。このように第 2 の金属膜 4 2 を構成することにより、光学デバイス 1 の機械的強度を向上させることができる。

- A 6 -

次に、前述した工程 A 4 と同様の方法を用いて、マスク層 7 を介して第 2 の基板 5 をエッチングして、図 5 (b) に示すように、第 2 の凹部 3 2 を形成する。

【 0 0 6 0 】

- A 7 -

次に、図 5 (c) に示すように、フォトリソ・エッチングによりマスク層 7 の不要部分を除去して、第 2 の駆動電極 3 3 と引出し電極 3 3 1 と第 2 の金属膜 4 2 とを形成する。また、第 2 の駆動電極 3 3 上には、絶縁膜（図示せず）を形成する。

マスク層 7 の不要部分を除去する方法としては、前述した工程 A 3 と同様の方法を用いることができる。

【 0 0 6 1 】

このように本工程では、第 2 の基板 5 上に形成された金属膜を加工して、金属で構成されたマスク層 7 (マスク) を形成する工程と、マスク層 7 (マスク) を介して第 2 の基板 5 をエッチングすることにより第 2 の構造体 3 を得る工程と、マスク層 7 (マスク) を加工して、第 2 の金属膜 4 2 および第 2 の駆動電極 3 3 を形成する工程とを有する。これにより、製造工程を単純化して、光学デバイス 1 の低コスト化を図ることができる。

【 0 0 6 2 】

- A 8 -

次に、図 5 (d) に示すように、第 2 の凹部 3 2 の底面上に、第 2 の反射膜 3 4 を形成する。

より具体的には、第 2 の凹部 3 2 の底面上に、前述したような高屈折率層と低屈折率層とを交互に積層することにより、第 2 の反射膜 3 4 を形成する。

高屈折率層および低屈折率層の形成方法としては、例えば、化学的気相成長法 (C V D)、物理的気相成長法 (P V D) が好適に用いられる。

【 0 0 6 3 】

[B] 第 1 の金属膜 4 1 および第 1 の駆動電極 2 8 を形成する工程

- B 1 -

一方、図 6 (a) に示すように、第 1 の構造体 2 を形成するための基板として、光透過

10

20

30

40

50

性を有する第 1 の基板 9 を用意する。

第 1 の基板 9 としては、厚さが均一で、たわみや傷のないものが好適に用いられる。第 1 の基板 9 の構成材料としては、第 1 の構造体 2 の説明で述べたものを用いることができる。前述したように、第 1 の基板 9 の構成材料としては、例えばナトリウム (Na) やカリウム (K) のようなアルカリ金属 (可動イオン) を含有したガラスを用いるのが好ましい。

【 0 0 6 4 】

- B 2 -

次に、図 6 (b) に示すように、第 1 の基板 9 の一方の面上に、第 1 の反射膜 2 5 と第 1 の駆動電極 2 8 と第 1 の金属膜 4 1 とを形成する。

第 1 の反射膜 2 5 の形成方法としては、前述した第 2 の反射膜 3 4 の形成方法と同様のものを用いることができる。

第 1 の駆動電極 2 8 および第 1 の金属膜 4 1 の形成方法としては、前述した第 2 の駆動電極 3 3 および第 2 の金属膜 4 2 の形成方法と同様のものを用いることができる。

【 0 0 6 5 】

[C] 金属層 4 を形成する工程

- C 1 -

次に、図 6 (c) に示すように、第 1 の基板 9 上に形成された第 1 の金属膜 4 1 と、第 2 の構造体 3 (第 2 の基板 5) 上に形成された第 2 の金属膜 4 2 とを接合して、金属層 4 を形成する。

第 1 の金属膜 4 1 と第 2 の金属膜 4 2 との接合方法としては、特に限定されないが、これらを金属接合させるものが好ましく、特に、表面活性化接合法が好ましい。

【 0 0 6 6 】

表面活性化接合は、接合面となる面を減圧下 (真空中) で表面処理することにより、当該面の原子を化学結合しやすい活性な状態とした後、常温のような低温度下で接合を行うものである。

より具体的には、まず、例えば、第 1 の金属膜 4 1 が形成された第 1 の基板 9 と、第 2 の金属膜 4 2 が形成された第 2 の基板 5 (第 2 の構造体 3) とをともに真空チャンパーに入れる。そして、真空中 (減圧下) で、第 1 の金属膜 4 1 の第 1 の基板 9 とは反対側の面 (接合面となる面) と、第 2 の金属膜 4 2 の第 2 の基板 5 とは反対側の面 (接合面となる面) とのそれぞれに対し、イオンビームやプラズマなどによりスパッタを行う。このとき、第 1 の金属膜 4 1 および第 2 の金属膜 4 2 のそれぞれの接合面となる面は、接合の妨げとなるような汚染物等が除去され、結合手をもった原子が露出するような状態となる。このような状態の面同士を常温で接触 (圧接) させることで、第 1 の金属膜 4 1 と第 2 の金属膜 4 2 とを簡単かつ強固に接合することができる。

【 0 0 6 7 】

このような常温で接合を行うことで、第 1 の構造体 2 や第 2 の構造体 3 に熱歪みや熱応力が生じるのを防止することができる。その結果、得られる光学デバイス 1 は、極めて優れた特性を有する (信頼性が高い) 。

また、接合に際し、加熱時間や冷却時間が不要であるため、光学デバイス 1 の製造に要する時間を短縮することができる。その結果、この点でも、光学デバイス 1 の低コスト化を図ることができる。

【 0 0 6 8 】

- C 2 -

次に、図 7 (a) に示すように、エッチングや研磨を行って第 1 の基板 9 を薄肉化する。

- C 3 -

次に、図 7 (b) に示すように、前述した工程 A 2 と同様の方法を用いて、第 1 の基板 9 の第 2 の構造体 3 とは反対側の面上に、マスク層 1 0 を形成する。

【 0 0 6 9 】

10

20

30

40

50

- C 4 -

次に、図 7 (c) に示すように、前述した工程 A 3 と同様の方法を用いて、マスク層 10 に開口部 24 および開口部 29 に対応する形状の開口を形成する。

- C 5 -

次に、ドライエッチング法などを用いて、前述したような開口を有するマスク層 10 を介して第 1 の基板 9 をエッチングして、図 8 (a) に示すように、第 1 の構造体 2 を形成する。

【 0 0 7 0 】

- C 6 -

次に、図 8 (b) に示すように、第 1 の構造体 2 の第 2 の構造体 3 とは反対側の面上に、第 1 の反射膜防止膜 26 を形成し、また、第 2 の構造体 3 の第 1 の構造体 2 とは反対側の面上に、第 2 の反射防止膜 37 と形成する。これにより、光学デバイス 1 を得る。

第 1 の反射防止膜 26 および第 2 の反射防止膜 37 の形成方法としては、それぞれ、前述した第 2 の反射膜 34 の形成方法と同様のものを用いることができる。

【 0 0 7 1 】

以上説明したような光学デバイス 1 は、第 1 の構造体 2 および第 2 の構造体 3 が、金属を主材料として構成された金属層 4 を介して接合され、かつ、金属層 4 を導体として第 1 の駆動電極 28 と第 2 の駆動電極 33 との間に電圧を印加することにより、これらの間に静電引力を生じさせて、可動部 21 を変位させるように構成されている。

これにより、第 1 の構造体 2 および第 2 の構造体 3 をそれぞれガラスなどの透明材料で構成しつつ、これらを簡単かつ強固に接合することができる。そのため、低コスト化を図りつつ、可視光領域での波長分離を高精度に行うことができる。

また、金属層 4 を導体として第 1 の駆動電極 28 と第 2 の駆動電極 33 との間に電圧を印加することができるため、配線等のための構造を別途設ける必要が無く、この点でも、低コスト化を図ることができる。

【 0 0 7 2 】

以上説明したような光学デバイス 1 (波長可変フィルタ) は、例えば、図 9 や図 10 に示すような形態で用いられる。

図 9 は、本発明の波長可変フィルタモジュールの実施形態を示す図、図 10 は、本発明の光スペクトラムアナライザの実施形態を示す図である。

図 9 に示す波長可変フィルタモジュール 100 は、例えば波長分割多重 (WDM) 光伝送方式のような光ネットワークの光伝送経路に設置されるものである。このような波長可変フィルタモジュール 100 は、前述した波長可変フィルタである光学デバイス 1 と、この光学デバイス 1 に光を導く光ファイバ 101 およびレンズ 102 と、光学デバイス 1 から射出された光を外部へ導くレンズ 103 および光ファイバ 104 とを備えている。

【 0 0 7 3 】

このような波長可変フィルタモジュール 100 では、複数の波長を有する光を光ファイバ 101 およびレンズ 102 を介して光学デバイス 1 に入射させ、所望の波長の光のみをレンズ 103 および光ファイバ 104 を介して取り出すことができる。

このような波長可変フィルタモジュール 100 は、低コスト化を図りつつ、可視光領域での波長分離を高精度に行うことができる。

【 0 0 7 4 】

また、図 10 に示す光スペクトラムアナライザ 200 は、被測定光のスペクトラム特性 (波長と強度との関係) を測定する装置である。このような光スペクトラムアナライザ 200 は、被測定光が入射される光入射部 201 と、前述した光学デバイス 1 と、光入射部 201 に入射された被測定光を光学デバイス 1 へ導く光学系 202 と、光学デバイス 1 から射出された光を受光する受光素子 203 と、光学デバイス 1 から射出された光を受光素子 203 へ導く光学系 204 と、光学デバイス 1 の駆動を制御するとともに受光素子 203 の出力に基づきスペクトラム特性を求める制御部 205 と、制御部 205 の演算結果を表示する表示部 206 とを備えている。

10

20

30

40

50

【0075】

このような光スペクトラムアナライザ200では、光入射部201に入射された被測定光が光学系202を介して光学デバイス1に入射される。そして、光学デバイス1から出射された光が光学系204を介して受光素子203で受光され、その光の強度が制御部205で求められる。このとき、制御部205が光学デバイス1の干渉条件を順次変更しながら、受光素子203で受光された光の強度が求められる。そして、制御部205は、各波長における光の強度に関する情報（例えばスペクトラム波形）を表示部206に表示させる。

このような光スペクトラムアナライザ200は、低コスト化を図りつつ、可視光領域での波長分離を高精度に行うことができる。

また、前述した光学デバイス1を用いることで、波長可変光源や波長可変レーザを実現することができる。

【0076】

以上、本発明の光学デバイス、光学デバイスの製造方法、波長可変フィルタ、波長可変フィルタモジュール、光スペクトラムアナライザを、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0077】

【図1】本発明の光学デバイス（波長可変フィルタ）の実施形態を示す平面図である。

【図2】図1に示す波長可変フィルタを示す平面図である。

【図3】図1におけるA-A線断面図である。

【図4】図1に示す光学デバイスに備えられた第2の構造体を説明するための図である。

【図5】図1に示す光学デバイスの製造方法を説明するための図である。

【図6】図1に示す光学デバイスの製造方法を説明するための図である。

【図7】図1に示す光学デバイスの製造方法を説明するための図である。

【図8】図1に示す光学デバイスの製造方法を説明するための図である。

【図9】本発明の波長可変フィルタモジュールの実施形態を示す図である。

【図10】本発明の光スペクトラムアナライザの実施形態を示す図である。

【符号の説明】

【0078】

1 ... 波長可変フィルタ 2 ... 第1の構造体 21 ... 可動部 22 ... 支持部 23 ... 連結部 24 ... 開口部 25 ... 第1の反射膜 26 ... 第1の反射防止膜 27 ... 開口部 28 ... 第1の駆動電極 281、331 ... 引出し電極 3 ... 第2の構造体 31 ... 第1の凹部 32 ... 第2の凹部 33 ... 第2の駆動電極 34 ... 第2の反射膜 35 ... 溝部 36 ... 第3の凹部 37 ... 第2の反射防止膜 4 ... 金属層 41 ... 第1の金属膜 42 ... 第2の金属膜 5 ... 第2の基板 6、7 ... マスク層 61 ... 開口 9 ... 第1の基板 10 ... マスク層 100 ... 波長可変フィルタモジュール 101 ... 光ファイバ 102、103 ... レンズ 104 ... 光ファイバ 200 ... 光スペクトラムアナライザ 201 ... 光入射部 202 ... 光学系 203 ... 受光素子 204 ... 光学系 G1 ... 第1のギャップ G2 ... 第2のギャップ L ... 光

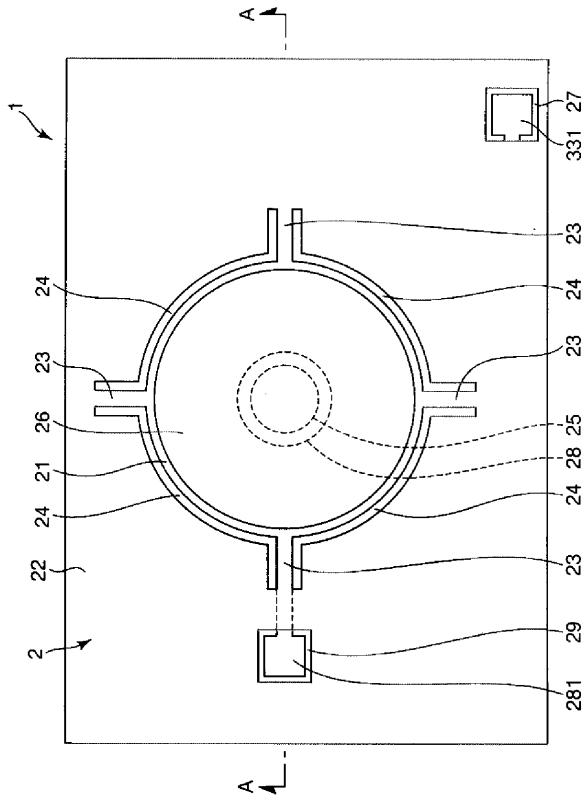
10

20

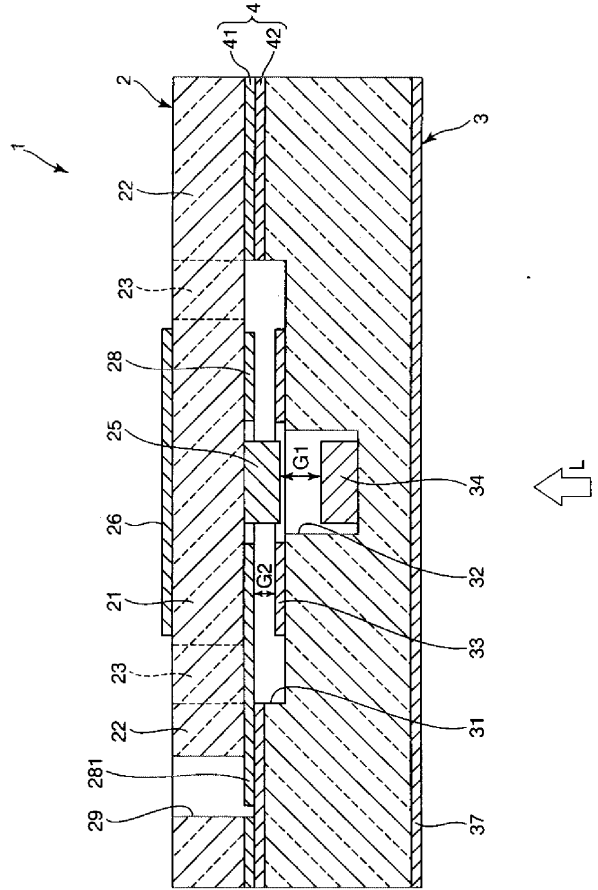
30

40

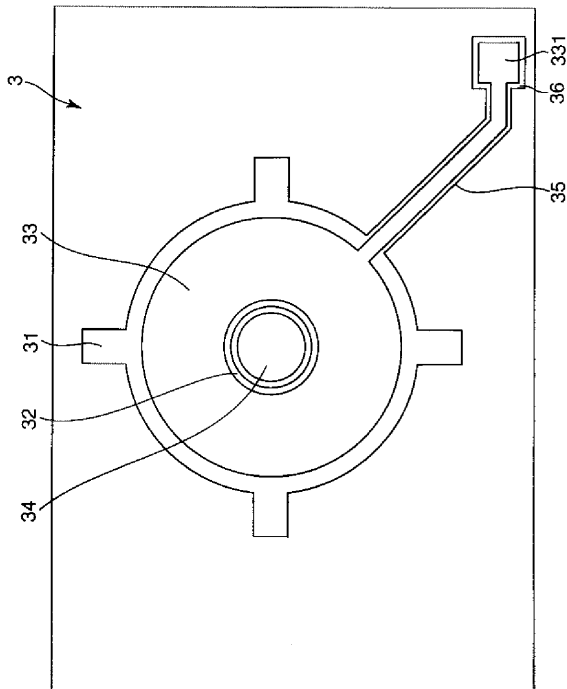
【図1】



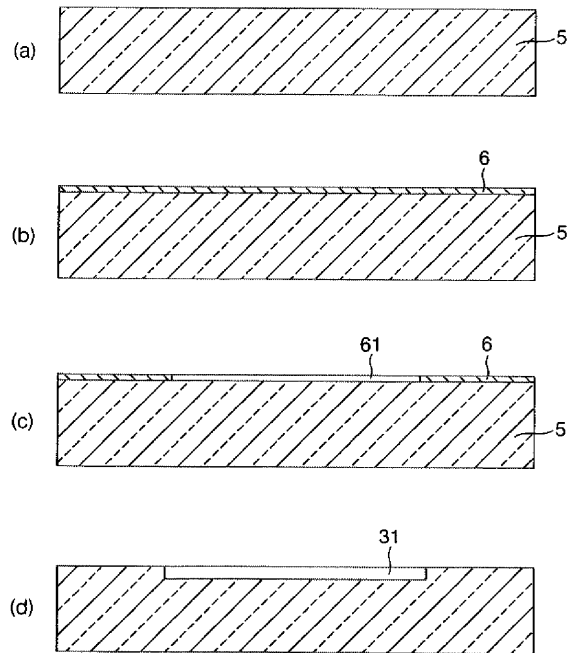
【図2】



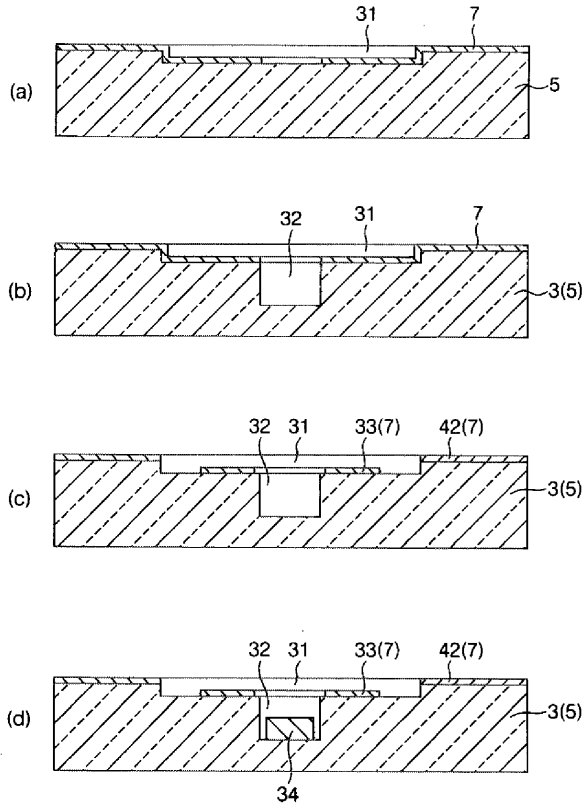
【図3】



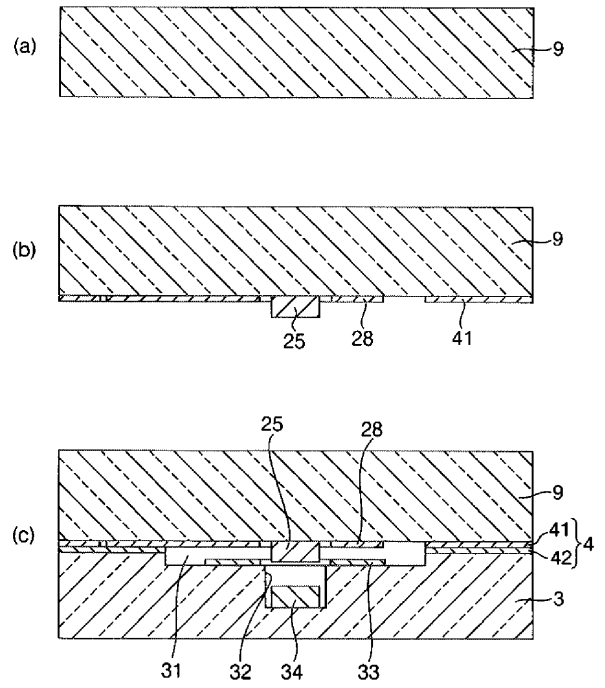
【図4】



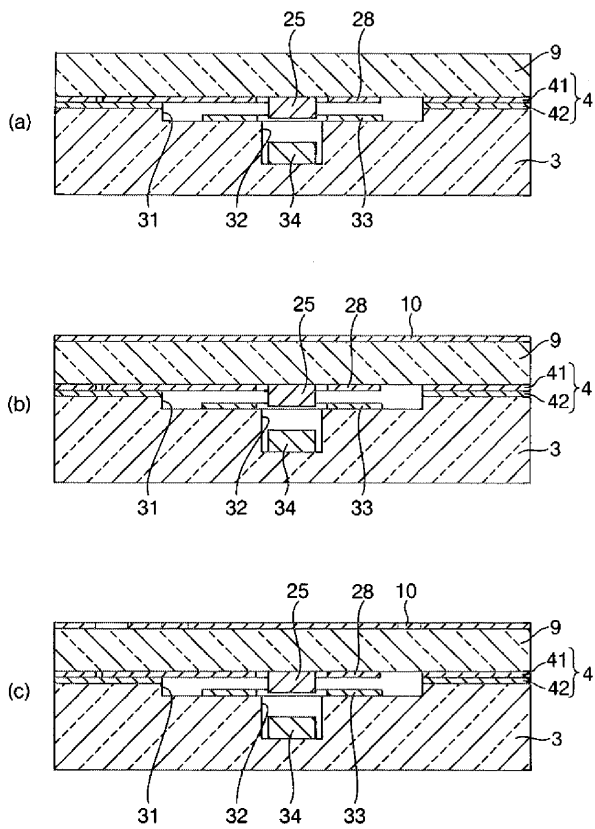
【 図 5 】



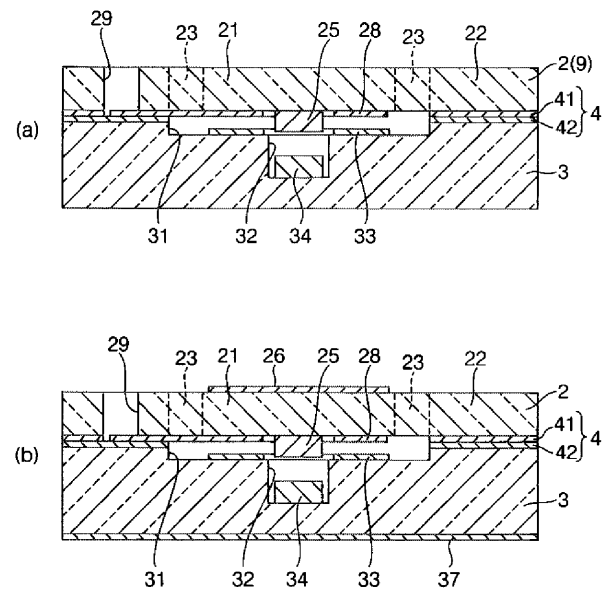
【 図 6 】



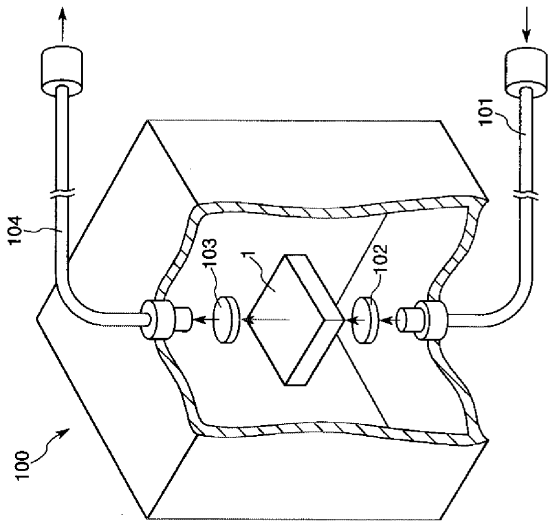
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】

