

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7663133号
(P7663133)

(45)発行日 令和7年4月16日(2025.4.16)

(24)登録日 令和7年4月8日(2025.4.8)

(51)国際特許分類	F I	
G 0 3 B 17/02 (2021.01)	G 0 3 B 17/02	
G 0 3 B 30/00 (2021.01)	G 0 3 B 30/00	
G 0 2 B 7/02 (2021.01)	G 0 2 B 7/02	Z
H 0 4 N 23/52 (2023.01)	H 0 4 N 23/52	
B 6 0 S 1/62 (2006.01)	B 6 0 S 1/62	1 1 0 A
請求項の数 16 (全27頁) 最終頁に続く		

(21)出願番号	特願2023-564733(P2023-564733)	(73)特許権者	000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(86)(22)出願日	令和4年6月14日(2022.6.14)	(74)代理人	100132241 弁理士 岡部 博史
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/023842	(74)代理人	100183265 弁理士 中谷 剣一
(87)国際公開番号	WO2023/100396	(72)発明者	石井 友基 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
(87)国際公開日	令和5年6月8日(2023.6.8)	(72)発明者	田中 佑果 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
審査請求日	令和6年4月22日(2024.4.22)	(72)発明者	田淵 勝宏 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
(31)優先権主張番号	特願2021-194442(P2021-194442)		
(32)優先日	令和3年11月30日(2021.11.30)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54)【発明の名称】 光学モジュールおよび光学装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

透光体と、
筒状に形成され、前記透光体を支持する振動体と、
前記振動体に配置され、前記振動体を振動させる圧電素子と、
前記振動体の内側に配置される内層光学部品と、
を備え、
前記透光体と前記内層光学部品との間には第1ギャップが設けられており、
前記圧電素子と前記内層光学部品との間には第2ギャップが設けられており、
前記透光体の振動方向における前記第1ギャップの第1寸法と、前記振動体の振動方向
における前記第2ギャップの第2寸法と、のうち少なくとも1つは、 $[(n \times \lambda / 2) + 0.1 \text{ mm}]$ 以上 $[(n + 1) \times \lambda / 2 - 0.1 \text{ mm}]$ 以下の範囲で定められ、
nは0以上の整数、 λ は振動により生じる音波の波長を示す、
光学モジュール。

【請求項2】

前記第1寸法と前記第2寸法とのうち少なくとも1つは、 0.1 mm 以上 $(\lambda / 2 - 0.1 \text{ mm})$ 以下の範囲で定められる、
請求項1に記載の光学モジュール。

【請求項3】

前記振動体と前記内層光学部品の側壁との間には第3ギャップが設けられており、

前記第 3 ギャップの第 3 寸法は、0.1 mm 以上である、
請求項 1 に記載の光学モジュール。

【請求項 4】

前記第 1 ギャップの前記第 1 寸法は、前記透光体の中央部と、前記内層光学部品との間の距離である、

請求項 1 に記載の光学モジュール。

【請求項 5】

前記振動体および前記圧電素子は、前記透光体の全体が略均一に振動するように構成される、

請求項 1 に記載の光学モジュール。

10

【請求項 6】

前記振動体および前記圧電素子は、前記透光体の中央部が端部よりも大きく振動するように構成される、

請求項 1 に記載の光学モジュール。

【請求項 7】

前記内層光学部品は、前記透光体よりも小さい音響インピーダンスを有する材料で構成されている、

請求項 1 に記載の光学モジュール。

【請求項 8】

前記内層光学部品は、樹脂で形成されている、

請求項 7 に記載の光学モジュール。

20

【請求項 9】

前記内層光学部品は、
内層レンズと、
前記内層レンズを保持するレンズ保持部と、
前記レンズ保持部の外壁から外側に向かって延びる内層フランジと、
を有し、

前記第 1 ギャップは、前記透光体と前記内層レンズとの間に設けられており、

前記第 2 ギャップは、前記圧電素子と前記内層フランジとの間に設けられている、

請求項 1 に記載の光学モジュール。

30

【請求項 10】

前記内層光学部品は、前記第 1 ギャップを画定する第 1 表面と、前記第 2 ギャップを画定する第 2 表面と、を有し、

前記第 1 表面と前記第 2 表面とのうち少なくとも 1 つに、音波の反射を抑制する音波抑制部材が配置されている、

請求項 1 に記載の光学モジュール。

【請求項 11】

前記内層光学部品は、前記第 1 ギャップを画定する第 1 表面と、前記第 2 ギャップを画定する第 2 表面と、を有し、

前記第 1 表面と前記第 2 表面とのうち少なくとも 1 つに、樹脂コーティングが施されている、

請求項 1 に記載の光学モジュール。

40

【請求項 12】

前記振動体の内側の空間は、真空又は負圧である、

請求項 1 に記載の光学モジュール。

【請求項 13】

前記振動体の内側の空間は、空気よりも密度の低いガスで満たされている、

請求項 1 に記載の光学モジュール。

【請求項 14】

前記透光体が振動していない状態の位置を基準位置とし、前記透光体の厚み方向（Z 方

50

向)において前記基準位置に対して前記内層光学部品から離れる方向を正方向とし、前記基準位置に対して前記内層光学部品に近づく方向を負方向とした場合、

前記透光体において、前記正方向への変位は、前記負方向の変位より大きい、請求項 1 に記載の光学モジュール。

【請求項 15】

前記圧電素子を制御する制御部を更に備え、

前記制御部は、前記圧電素子に対して、正方向電圧の印加と電圧印加停止を繰り返す、請求項 14 に記載の光学モジュール。

【請求項 16】

請求項 1 ~ 15 のいずれか一項に記載の光学モジュールと、

前記光学モジュールに配置される光学素子と、
を備える、光学装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動によって液滴などを除去する光学モジュールおよび光学装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、光学素子のドーム部を形成する曲面の端部と接続し、ドーム部に屈曲振動を発生させる加振部材を具備する液滴排除装置が開示されている。特許文献 1 に記載の液滴排除装置では、防滴カバーと圧電素子とが接着固定されており、圧電素子の振動によって防滴カバーを屈曲振動させ、防滴カバーの表面に付着した液滴等を除去する。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2017 - 170303 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に記載の装置では、振動減衰を抑制するという点で未だ改善の余地がある。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の一態様の光学モジュールは、

透光体と、

筒状に形成され、前記透光体を支持する振動体と、

前記振動体に配置され、前記振動体を振動させる圧電素子と、

前記振動体の内側に配置される内層光学部品と、

を備え、

前記透光体と前記内層光学部品との間に第 1 ギャップが設けられており、

前記圧電素子と前記内層光学部品の間には第 2 ギャップが設けられており、

前記透光体の振動方向における前記第 1 ギャップの第 1 寸法と、前記振動体の振動方向における前記第 2 ギャップの第 2 寸法と、のうち少なくとも 1 つは、 $[(n \times \lambda / 2) + 0.1 \text{ mm}]$ 以上 $[(n + 1) \times \lambda / 2 - 0.1 \text{ mm}]$ 以下の範囲で定められ、
n は 0 以上の整数、 λ は振動により生じる音波の波長を示す。

40

【0006】

本発明の一態様の光学装置は、

前記態様の光学モジュールと、

前記光学モジュールに配置される光学素子と、

を備える。

【発明の効果】

50

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、振動減衰を抑制することができる光学モジュールおよび光学装置を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 8 】

【 図 1 】 本発明に係る実施の形態 1 の光学装置の一例を示す概略斜視図である。

【 図 2 】 本発明に係る実施の形態 1 の光学装置の構成の一例を示す概略断面図である。

【 図 3 】 本発明に係る実施の形態 1 の光学装置の機能的構成の一例を示すブロック図である。

【 図 4 】 第 1 ギャップを説明するための模式図である。

10

【 図 5 】 第 2 ギャップおよび第 3 ギャップを説明するための模式図である。

【 図 6 】 第 1 ギャップの寸法と音波との関係を説明するための模式図である。

【 図 7 】 透光体の変位と音圧との関係の解析結果の一例を示すグラフである。

【 図 8 】 図 7 のグラフを拡大したグラフである。

【 図 9 A 】 第 1 振動モードを説明するための模式図である。

【 図 9 B 】 第 2 振動モードを説明するための模式図である。

【 図 1 0 】 第 1 振動モードおよび第 2 振動モードにおいて、ギャップの寸法をパラメータとした場合の透光体の変位と音圧との関係の一例を示すグラフである。

【 図 1 1 】 各材料における音響インピーダンスと反射率との関係の一例を示す表である。

【 図 1 2 】 変形例 1 の光学モジュールの主な構成を示す概略断面図である。

20

【 図 1 3 】 変形例 2 の光学モジュールの主な構成を示す概略断面図である。

【 図 1 4 】 変形例 3 の光学モジュールの主な構成を示す概略断面図である。

【 図 1 5 】 振動体の内側の空間を負圧にした場合の変位量減衰率を示すグラフである。

【 図 1 6 】 本発明に係る実施の形態 2 の光学装置の一例を示す概略断面図である。

【 図 1 7 】 圧電素子の印加電圧と透光体の変位との関係を示す概略図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 0 9 】

(本発明に至った経緯)

車両の前部や後部に撮像素子などを備える撮像ユニットを設けた車両では、撮像ユニットで取得した画像を利用して安全装置を制御したり、自動運転制御を行っている。このような撮像ユニットは、車外に配置される場合がある。この場合、撮像ユニットの外装に保護カバー又はレンズなどの透光体を配置する。

30

【 0 0 1 0 】

このため、透光体に雨滴（液滴）、泥、塵埃などの異物が付着することがある。透光体に異物が付着すると、撮像ユニットで取得した画像に、異物が映り込み、鮮明な画像が得られなくなる場合がある。

【 0 0 1 1 】

近年、透光体を振動させることによって透光体に付着した異物を除去する装置が開発されている。このような装置においては、筒状の振動体に透光体を配置し、圧電素子などによって振動体を振動させることによって透光体を振動させている。また、振動体の内部には内層光学部品が配置されている。

40

【 0 0 1 2 】

しかしながら、振動体の内部に配置される内層光学部品の位置によっては、透光体および/または振動体の振動を減衰させる場合がある。例えば、透光体と内層光学部品との間にはギャップが設けられており、ギャップの寸法によっては振動減衰が生じる。これにより、透光体に付着した異物を十分に除去できなくなるという課題がある。これは、発明者らは発見した新たな課題である。

【 0 0 1 3 】

例えば、透光体を振動させると、当該振動により音波が発生する。透光体から生じた音波が内層光学部品で反射し、音波の腹と節とを含む定在波が生じる。音波の腹では、他の

50

部分と比べて音圧が上昇し、空気がより圧縮された状態となる。このため、音波の腹では、圧縮された空気がダンパーとして働き、振動減衰が発生する。よって、透光体と内層光学部品との間のギャップにおいて、透光体が配置される位置に音波の腹が形成される場合、透光体の振動が減衰されてしまう。振動体と内層光学部品との間のギャップについても同様の現象が生じる。その結果、透光体に付着した異物を十分に除去できない場合がある。

【0014】

本発明者らは、鋭意検討したところ、振動により生じる音波の腹を避けることによって、振動の減衰を抑制する構成を見出し、以下の発明に至った。

【0015】

本発明の一態様の光学モジュールは、

透光体と、

筒状に形成され、前記透光体を支持する振動体と、

前記振動体に配置され、前記振動体を振動させる圧電素子と、

前記振動体の内側に配置される内層光学部品と、

を備え、

前記透光体と前記内層光学部品との間に第1ギャップが設けられており、

前記圧電素子と前記内層光学部品との間には第2ギャップが設けられており、

前記透光体の振動方向における前記第1ギャップの第1寸法と、前記振動体の振動方向における前記第2ギャップの第2寸法と、のうち少なくとも1つは、 $[(n \times \lambda / 2) + 0.1 \text{ mm}]$ 以上 $[(n + 1) \times \lambda / 2 - 0.1 \text{ mm}]$ 以下の範囲で定められ、
nは0以上の整数、 λ は振動により生じる音波の波長を示す。

【0016】

このような構成により、振動減衰を抑制することができる。

【0017】

前記第1寸法と前記第2寸法とのうち少なくとも1つは、 0.1 mm 以上 $(\lambda / 2 - 0.1 \text{ mm})$ 以下の範囲で定められてもよい。

【0018】

このような構成により、振動減衰をさらに抑制することができる。

【0019】

前記振動体と前記内層光学部品の側壁との間には第3ギャップが設けられており、

前記第3ギャップの第3寸法は、 0.1 mm 以上であってもよい。

【0020】

このような構成により、振動減衰をさらに抑制することができる。

【0021】

前記第1ギャップの前記第1寸法は、前記透光体の中央部と、前記内層光学部品との間の距離であってもよい。

【0022】

このような構成により、透光体の中央部における振動減衰を抑制することができる。

【0023】

前記振動体および前記圧電素子は、前記透光体の全体が略均一に振動するように構成されていてもよい。

【0024】

このような構成により、振動減衰をさらに抑制することができる。

【0025】

前記振動体および前記圧電素子は、前記透光体の中央部が端部よりも大きく振動するように構成されていてもよい。

【0026】

このような構成により、振動減衰をさらに抑制することができる。

【0027】

前記内層光学部品は、前記透光体よりも小さい音響インピーダンスを有する材料で構成

10

20

30

40

50

されていてもよい。

【0028】

このような構成により、内層光学部品での音波の反射を抑制し、振動減衰をさらに抑制することができる。

【0029】

前記内層光学部品は、樹脂で形成されていてもよい。

【0030】

このような構成により、内層光学部品での音波の反射をさらに抑制し、振動減衰をより一層抑制することができる。

【0031】

前記内層光学部品は、
内層レンズと、
前記内層レンズを保持するレンズ保持部と、
前記レンズ保持部の外壁から外側に向かって伸びる内層フランジと、
を有し、
前記第1ギャップは、前記透光体と前記内層レンズとの間に設けられており、
前記第2ギャップは、前記圧電素子と前記内層フランジとの間に設けられていてもよい。

10

【0032】

このような構成により、振動減衰をさらに抑制することができる。

20

【0033】

前記内層光学部品は、前記第1ギャップを画定する第1表面と、前記第2ギャップを画定する第2表面と、を有し、
前記第1表面と前記第2表面とのうち少なくとも1つに、音波の反射を抑制する音波抑制部材が配置されていてもよい。

【0034】

このような構成により、音波抑制部材によって音波の反射を抑制し、振動減衰を抑制することができる。

【0035】

前記内層光学部品は、前記第1ギャップを画定する第1表面と、前記第2ギャップを画定する第2表面と、を有し、
前記第1表面と前記第2表面とのうち少なくとも1つに、樹脂コーティングが施されていてもよい。

30

【0036】

このような構成により、樹脂コーティングによって音波の反射を抑制し、振動減衰を抑制することができる。

【0037】

前記振動体の内側の空間は、真空又は負圧であってもよい。

【0038】

このような構成により、振動減衰をさらに抑制することができる。

40

【0039】

前記振動体の内側の空間は、空気よりも密度の低いガスで満たされていてもよい。

【0040】

このような構成により、振動減衰をさらに抑制することができる。

【0041】

前記透光体が振動していない状態の位置を基準位置とし、前記透光体の厚み方向（Z方向）において前記基準位置に対して前記内層光学部品から離れる方向を正方向とし、前記基準位置に対して前記内層光学部品に近づく方向を負方向とした場合、

前記透光体において、前記正方向への変位は、前記負方向の変位より大きくてもよい。

【0042】

50

このような構成により、振動減衰をさらに抑制することができる。

【0043】

前記光学モジュールは、前記圧電素子を制御する制御部を更に備え、前記制御部は、前記圧電素子に対して、正方向電圧の印加と電圧印加停止を繰り返してもよい。

【0044】

このような構成により、振動減衰をさらに抑制することができる。

【0045】

本発明の一態様の光学装置は、前記態様の光学モジュールと、前記光学モジュールに配置される光学素子と、を備える。

10

【0046】

このような構成により、振動減衰を抑制することができる。

【0047】

以下、本発明の一実施形態を添付図面に従って説明する。なお、以下の説明は、本質的に例示に過ぎず、本開示、その適用物、あるいは、その用途を制限することを意図するものではない。さらに、図面は模式的なものであり、各寸法の比率等は現実のものとは必ずしも合致していない。

【0048】

(実施の形態1)

[光学装置]

図1は、本発明に係る実施の形態1の光学装置100の一例を示す概略斜視図である。図2は、本発明に係る実施の形態1の光学装置100の構成の一例を示す概略断面図である。図中のX、Y、Z方向は、光学装置100の縦方向、横方向および高さ方向を示す。

20

【0049】

図1及び図2に示すように、光学装置100は、光学モジュール1と、光学素子2と、を備える。光学素子2は、光学モジュール1に配置されている。具体的には、光学素子2は、光学モジュール1の内部に配置されている。

【0050】

本実施形態では、光学装置100が撮像装置である例について説明する。光学装置100は、例えば車両の前方、後方などに取り付けられ、撮像対象を撮像する。なお、光学装置100が取り付けられる場所は、車両に限られず、船舶、航空機などの他の装置に取り付けられてもよい。

30

【0051】

光学素子2は、撮像素子であり、例えば、可視領域から遠赤外領域のいずれかの波長の光を受光する、CMOS、CCD、ボロメーターやサーモパイルである。

【0052】

光学装置100は、車両などに取り付けて屋外で使用する場合、光学素子2の視野方向に配置され外部を覆う光学モジュール1の透光体10に雨滴、泥、塵埃等の異物が付着することがある。光学モジュール1は、透光体10に付着した雨滴等の異物を除去するため振動を発生させることができる。

40

【0053】

[光学モジュール]

図1及び図2に示すように、光学モジュール1は、透光体10、振動体20、圧電素子30、固定部40および内層光学部品50を備える。なお、光学モジュール1において、固定部40は必須の構成ではない。

【0054】

<透光体>

透光体10は、光学素子2が検出する波長のエネルギー線又は光が透過する透光性を有

50

する。本実施形態では、透光体 10 は、光学素子 2 や内層光学部品 50 を異物の付着から保護するためのカバーである。光学装置 100 においては、光学素子 2 が透光体 10 を通してエネルギー線又は光を検出する。

【0055】

透光体 10 を形成する材料としては、例えば、透光性のプラスチック、石英、ホウ珪酸などのガラス、透光性のセラミック又は合成樹脂などを用いることができる。透光体 10 を例えば強化ガラスにより形成することで、透光体 10 の強度を高めることが可能である。本実施形態では、透光体 10 は、BK-7（ホウ珪酸ガラス）で形成されている。

【0056】

透光体 10 は、例えば、ドーム形状を有する。光学モジュール 1 の高さ方向（Z 方向）から見て、透光体 10 は円形に形成されており、透光体 10 の中心から外周に向かって透光体 10 の厚みが連続して小さくなっている。なお、透光体 10 の形状は、これに限定されない。

10

【0057】

本実施形態では、透光体 10 は、第 1 主面 PS1 と、第 1 主面 PS1 と反対側の第 2 主面 PS2 とを有する。第 1 主面 PS1 は、透光体 10 の外側に位置する主面である。第 1 主面 PS1 は、連続した湾曲面で形成されている。具体的には、第 1 主面 PS1 は、丸く湾曲している。第 2 主面 PS2 は、透光体 10 の内側に位置する主面である。第 2 主面 PS2 は平坦に形成されている。

【0058】

透光体 10 の外周端部は、振動体 20 に接合されている。具体的には、透光体 10 の外周に沿って、透光体 10 の第 2 主面 PS2 と振動体 20 の振動フランジ 21 とが接合されている。透光体 10 と振動体 20 との接合は、例えば、接着材又はろう材を用いて行うことができる。または、熱圧着または陽極接合等を用いることもできる。

20

【0059】

<振動体>

振動体 20 は、筒状に形成され、透光体 10 を支持する。また、振動体 20 は、圧電素子 30 によって振動させられることによって、透光体 10 を振動させる。

【0060】

振動体 20 は、振動フランジ 21、第 1 筒状体 22、ばね部 23、第 2 筒状体 24、振動板 25 および接続部 26 を有する。なお、振動体 20 において、接続部 26 は必須の構成ではない。

30

【0061】

振動フランジ 21 は、光学モジュール 1 の高さ方向（Z 方向）から見て、円環状の板部材で形成されている。振動フランジ 21 は、透光体 10 の外周に沿って配置され、透光体 10 と接合されている。振動フランジ 21 は、透光体 10 と面接触することによって透光体 10 を安定して支持している。

【0062】

第 1 筒状体 22 は、一端と他端とを有する筒状に形成されている。第 1 筒状体 22 は、内部に貫通孔が設けられた中空部材からなる。貫通孔は、光学モジュール 1 の高さ方向（Z 方向）に設けられており、第 1 筒状体 22 の一端と他端とに貫通孔の開口が設けられている。第 1 筒状体 22 は、例えば、円筒形状を有する。光学モジュール 1 の高さ方向から見て、第 1 筒状体 22 の外形及び貫通孔の開口は、円形に形成されている。

40

【0063】

第 1 筒状体 22 の一端には振動フランジ 21 が設けられており、第 1 筒状体 22 の他端にはばね部 23 が設けられている。第 1 筒状体 22 は、振動フランジ 21 を支持する一方で、ばね部 23 によって支持されている。

【0064】

ばね部 23 は、第 1 筒状体 22 の他端を支持する板バネである。ばね部 23 は、弾性変形するように構成されている。ばね部 23 は、円筒状の第 1 筒状体 22 の他端を支持し、

50

支持した位置から第1筒状体22の外側に向かって延伸している。

【0065】

ばね部23は、板状に形成されている。また、ばね部23は、内部に貫通孔が設けられた中空円状を有し、第1筒状体22の周囲を円形状に囲むように延伸している。言い換えると、ばね部23は、円環板状を有している。円環板状とは、板状部材が環状に形成されている形状を意味する。光学モジュール1の高さ方向(Z方向)から見て、ばね部23の外形及び貫通孔の開口は、円形に形成されている。

【0066】

ばね部23は、第1筒状体22と第2筒状体24とを接続している。具体的には、ばね部23は、ばね部23の内周側で第1筒状体22と接続され、ばね部23の外周側で第2筒状体24と接続されている。

10

【0067】

第2筒状体24は、一端と他端とを有する筒状に形成されている。第2筒状体24は、光学モジュール1の高さ方向(Z方向)から見て、第1筒状体22よりも外側に位置し、ばね部23を支持している。第2筒状体24の一端には、ばね部23が接続されている。第2筒状体24の他端には振動板25が接続されている。

【0068】

第2筒状体24は、内部に貫通孔が設けられた中空部材からなる。貫通孔は、光学モジュール1の高さ方向(Z方向)に設けられており、第2筒状体24の一端と他端とに貫通孔の開口が設けられている。第2筒状体24は、例えば、円筒形状を有する。光学モジュール1の高さ方向から見て、第2筒状体24の外形及び貫通孔の開口は、円形に形成されている。

20

【0069】

振動板25は、第2筒状体24の他端から内側に伸びる板状の部材である。振動板25は、第2筒状体24の他端を支持し、支持した位置から第2筒状体24の内側に向かって延伸している。

【0070】

振動板25は、内部に貫通孔が設けられた中空円状を有し、第2筒状体24の内周に沿って設けられている。振動板25は、円環板状を有する。

【0071】

接続部26は、振動板25と固定部40とを接続する。接続部26は、振動板25の外周端部から外側に向かって延び、且つ固定部40に向かって屈曲している。接続部26は、固定部40に支持されている。接続部26は、ノードを有するように構成されており、振動板25からの振動が伝達されにくくなっている。

30

【0072】

本実施形態では、第1筒状体22、ばね部23、第2筒状体24、振動板25および接続部26は、一体的に形成される。なお、第1筒状体22、ばね部23、第2筒状体24、振動板25および接続部26は、別体で形成されてもよいし、別部材で形成されてもよい。

【0073】

上記した振動体20を構成する要素は、例えば、金属またはセラミックスにより形成される。金属としては、例えば、ステンレス、42アロイ、50アロイ、インパー、スーパーインパー、コパール、アルミニウム、またはジュラルミン等を使用することができる。あるいは、振動体20を構成する要素は、アルミナ、ジルコニアなどのセラミックスで形成されていてもよいし、Siなどの半導体により形成されてもよい。さらには、振動体20を構成する要素は、絶縁材料で覆われていてもよい。また、振動体20を構成する要素には黒体処理がされていてもよい。

40

【0074】

また、振動体20を構成する要素の形状や配置は、上記した例に限定されない。

【0075】

50

< 圧電素子 >

圧電素子 30 は、振動体 20 に配置され、振動体 20 を振動させる。圧電素子 30 は、振動板 25 の主面に設けられている。具体的には、圧電素子 30 は、振動板 25 において透光体 10 が位置する側と反対側の主面に設けられている。圧電素子 30 は、振動板 25 を振動させることによって、第 2 筒状体 24 を貫通方向（Z 方向）に振動させる。例えば、圧電素子 30 は、電圧が印加されることによって振動する。

【 0076 】

圧電素子 30 は、内部に貫通孔が設けられた中空円状を有する。言い換えると、圧電素子 30 は、円環板状を有する。光学モジュール 1 の高さ方向（Z 方向）から見て、圧電素子 30 の外形及び貫通孔の開口は、円形に形成されている。

10

【 0077 】

なお、圧電素子 30 の外形及び貫通孔の開口は、これに限定されない。

【 0078 】

圧電素子 30 は、圧電体と、電極と、を有する。圧電体を形成する材料としては、例えば、チタン酸バリウム（ BaTiO_3 ）、チタン酸・ジルコン酸鉛（ $\text{PZT}:\text{PbTiO}_3 \cdot \text{PbZrO}_3$ ）、チタン酸鉛（ PbTiO_3 ）、メタニオブ酸鉛（ PbNb_2O_6 ）、チタン酸ビスマス（ $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ ）、 $(\text{K}, \text{Na})\text{NbO}_3$ などの適宜の圧電セラミックス、又は LiTaO_3 、 LiNbO_3 などの適宜の圧電単結晶などを用いることができる。電極は、例えば、Ni 電極であってもよい。電極は、スパッタリング法により形成される、Ag 又は Au などの金属薄膜からなる電極であってもよい。あるいは、電極はスパッタリングの他、めっき、蒸着でも形成可能である。

20

【 0079 】

固定部 40 は、振動体 20 を固定する。また、固定部 40 は、内層光学部品 50 を固定する。固定部 40 は、筒状に形成されている。例えば、固定部 40 は、円筒形状を有する。なお、固定部 40 の形状は、円筒形状に限定されない。固定部 40 は、振動体 20 と一体で形成されていてもよい。

【 0080 】

< 内層光学部品 >

内層光学部品 50 は、振動体 20 の内部に配置される光学部品である。例えば、内層光学部品 50 は、レンズモジュールである。

30

【 0081 】

本実施形態では、内層光学部品 50 は、内層レンズ 51 と、レンズ保持部 52 と、内層フランジ 53 と、を有する。

【 0082 】

内層レンズ 51 は、複数のレンズで構成されている。内層レンズ 51 は、振動体 20 の内側で光学素子 2 の光路上に配置されており、透光体 10 と対向する。内層レンズ 51 は、レンズ保持部 52 によって保持されている。

【 0083 】

レンズ保持部 52 は、内層レンズ 51 を保持する。レンズ保持部 52 は、一端と他端とを有する筒状に形成されている。具体的には、レンズ保持部 52 は、円筒形状を有し、内層レンズ 51 の外周を保持している。

40

【 0084 】

内層フランジ 53 は、レンズ保持部 52 の外壁から外側に向かって延びる。具体的には、内層フランジ 53 は、レンズ保持部 52 の他端に接続され、固定部 40 に向かって延びている。内層フランジ 53 は、光学モジュール 1 の高さ方向（Z 方向）から見て、円環板状に形成されている。内層フランジ 53 の外周は、固定部 40 に接続されている。内層フランジ 53 は、固定部 40 に支持されることによって振動体 20 の内側に固定されている。

【 0085 】

図 3 は、本発明に係る実施の形態 1 の光学装置 100 の機能的構成の一例を示すブロック図である。図 3 に示すように、圧電素子 30 は、制御部 3 によって制御される。制御部

50

3は、振動を発生させる駆動信号を圧電素子30に印加する。制御部3は、例えば、給電導体を介して圧電素子30と接続されている。圧電素子30は、制御部3からの駆動信号に基づいて光学モジュール1の高さ方向（Z方向）に振動する。圧電素子30が振動することによって、振動体20を振動させ、振動体20の振動を透光体10に伝えることによって透光体10が振動する。これにより、透光体10に付着した雨滴等の異物が除去される。

【0086】

制御部3は、例えば、半導体素子などで実現可能である。例えば、制御部3は、マイクロコンピュータ、CPU（Central Processing Unit）、MPU（Micro Processing Unit）、GPU（Graphics Processing Unit）、DSP（Digital Signal Processor）、FPGA（Field Programmable Gate Array）、又はASIC（Application Specific Integrated Circuit）で構成することができる。制御部3の機能は、ハードウェアのみで構成してもよいし、ハードウェアとソフトウェアとを組み合わせることにより実現してもよい。

10

【0087】

例えば、制御部3は、記憶部に格納されたデータやプログラムを読み出して種々の演算処理を行うことで、所定の機能を実現する。

【0088】

制御部3は、光学装置100に含まれていてもよいし、光学装置100とは別の制御装置に含まれていてもよい。例えば、制御部3が光学装置100に含まれていない場合、光学装置100は制御部3を含む制御装置によって制御されてもよい。あるいは、制御部3は、光学モジュール1に含まれていてもよい。

20

【0089】

[ギャップについて]

次に、光学モジュール1において、透光体10、振動体20および圧電素子30と内層光学部品50との間に形成されるギャップについて説明する。

【0090】

図1及び図2に戻って、透光体10と内層光学部品50との間、圧電素子30と内層光学部品50との間および振動体20と内層光学部品50との間には、それぞれ、第1ギャップG1、第2ギャップG2および第3ギャップG3が形成されている。

30

【0091】

図4は、第1ギャップG1を説明するための模式図である。図4(a)は透光体10を第1主面PS1側から見た概略図を示し、図4(b)は透光体10付近の概略断面図を示す。図4に示すように、第1ギャップG1は、透光体10と内層光学部品50との間に形成されている。具体的には、第1ギャップG1は、透光体10の第2主面PS2と、内層レンズ51の第1表面51aと、に形成されている。ここで、内層レンズ51の第1表面51aとは、第1ギャップG1を画定する面であり、透光体10の第2主面PS2と対向する面である。

【0092】

第1ギャップG1の第1寸法L1は、振動減衰が生じない範囲で決定されている。「振動減衰が生じない範囲」については後述する。第1寸法L1は、透光体10の振動方向A1における寸法である。「振動方向A1」とは、透光体10の振動による変位分布をX、Z方向に分離した際に、より大きい変位成分を持つ方向の振動である。本実施形態では、透光体10において、Z方向の変位成分がX方向の変位成分より大きい。このため、振動方向A1はZ方向となる。

40

【0093】

第1寸法L1は、振動方向A1において、透光体10と内層レンズ51との間の最短距離によって定義される。即ち、第1寸法L1は、Z方向において、透光体10の第2主面PS2と内層レンズ51の第1表面51aとの間の最短距離によって定義される。

50

【 0 0 9 4 】

好ましくは、第1寸法L1は、透光体10の中央部Z1と、内層レンズ51との間の距離である。中央部Z1とは、透光体10を第1主面PS1側から見て、透光体10の中央部分を意味する。例えば、透光体10の第1主面PS1側から見て、透光体10の中央部Z1は、透光体10の中心C1を中心とする円形の領域である。例えば、透光体10の中央部Z1は、第1主面PS1側から見て、透光体10の外径D1の2/3倍以下の直径D2を有する。好ましくは、直径D2は透光体10の外径D1の1/2倍以下であってもよい。また、直径D2は、透光体10の外径D1の1/3倍以上であってもよい。第1寸法L1は、透光体10の中央部Z1の範囲において、透光体10の第2主面PS2と内層レンズ51の第1表面51aとの間の距離が最短となる寸法で決定される。

10

【 0 0 9 5 】

より好ましくは、第1寸法L1は、透光体10の中心C1における第2主面PS2と内層レンズ51の第1表面51aとの間の距離が最短となる寸法で決定される。

【 0 0 9 6 】

図5は、第2ギャップG2および第3ギャップG3を説明するための模式図である。図5に示すように、第2ギャップG2は、圧電素子30と内層光学部品50との間に形成されている。具体的には、第2ギャップG2は、圧電素子30と内層フランジ53との間に形成されている。より具体的には、第2ギャップG2は、圧電素子30において振動板25が設けられている側と反対側の面と、内層フランジ53の第2表面53aと、の間に形成されている。ここで、内層フランジ53の第2表面53aとは、第2ギャップG2を画定する面であり、圧電素子30と対向する面である。

20

【 0 0 9 7 】

第2ギャップG2の第2寸法L2は、第1ギャップG1の第1寸法L1と同様に振動減衰が生じない範囲で決定されている。第2寸法L2は、圧電素子30の振動方向A2における寸法である。本実施形態では、圧電素子30において、Z方向の変位成分がX方向の変位成分より大きい。このため、振動方向A2はZ方向となる。

【 0 0 9 8 】

第2寸法L2は、振動方向A2において、圧電素子30と内層フランジ53との間の最短距離によって定義される。即ち、第2寸法L2は、Z方向において、圧電素子30において振動板25が設けられる側と反対側の面と、内層フランジ53の第2表面53aとの間の最短距離によって定義される。

30

【 0 0 9 9 】

また、図5に示すように、第3ギャップG3は、振動体20と内層光学部品50との間に形成されている。第3ギャップG3の第3寸法L3は、振動減衰が生じない範囲で決定されている。第3寸法L3は、振動体20とレンズ保持部52との間の最短距離によって定義される。本実施形態では、第3寸法L3は、X、Y方向において振動体20とレンズ保持部52の外壁52aとの間の最短距離によって定義される。

【 0 1 0 0 】

[振動減衰の発生しない範囲について]

振動減衰の発生しない範囲について図6を用いて説明する。図6は、第1ギャップG1の第1寸法L1と音波との関係を説明するための模式図である。

40

【 0 1 0 1 】

図6に示すように、透光体10が振動方向A1に振動すると、第1ギャップG1において透光体10から音波が発生する。透光体10から発生した音波は、内層レンズ51の第1表面51aに向かって進行し、内層光学部品50(内層レンズ51)の第1表面51aで反射する。これにより、透光体10から内層光学部品50の第1表面51aへ向かって進行する音波と、第1表面51aで反射した音波とが重なり合い、腹と節を含む定在波Wsが発生する。

【 0 1 0 2 】

定在波Wsにおいて、音波の腹となる領域Z10では、他の領域と比べて音圧が大きく

50

なり、空気が圧縮される。このため、音波の腹となる領域 Z 1 0 では、圧縮された空気がダンパーとして働き、振動減衰（ダンピング）が発生しやすい。したがって、音波の腹となる領域 Z 1 0 に透光体 1 0 が位置すると、透光体 1 0 の振動が減衰されることになる。

【 0 1 0 3 】

ここで、音波の波長を「 λ 」とすると、音波の腹は $\lambda / 2$ に相当する位置に発生する。なお、波長 λ の計算式は、 $[\text{波長 (mm)}] = [\text{音速 (m/s)} / \text{周波数 (Hz)}]$ で計算される。

【 0 1 0 4 】

定在波 W_s により振動している領域 Z 1 0 の音圧が大きくなった場合、空気の圧力が增大することで、空気のバネ性が增大する。なお、空気のバネ性は、空気の圧力に比例し、体積に反比例する関係がある。これはペローズ形空気ばねのバネ定数の式 $[\text{空気バネ定数 } K] = 10 \times (P + 0.1) A / V$ より明らかである。なお、 P : 内圧、 A : 空気バネ有効受圧面積、 V : 空気バネ内容積を示す。

【 0 1 0 5 】

自由振動の振動における減衰を考えた場合、限界減衰率は $C_c = 2 \sqrt{m k}$ で計算される。なお、 m : 質量、 k : バネ定数を示す。この限界減衰率 C_c が大きいほど、振動は減衰しやすくなる。そのため、空気のバネ定数が增大することで、振動減衰につながる事が考えられる。以上のことから、定在波 W_s の腹となる領域 Z 1 0 で音圧が上昇することで、振動減衰が生じていると言える。

【 0 1 0 6 】

図 7 は、透光体 1 0 の変位と音圧との関係の解析結果の一例を示すグラフである。図 8 は、図 7 のグラフを拡大したグラフである。なお、図 7 及び図 8 に示すグラフは、ムラタソフトウェア株式会社製の F e m t e t を用いて、圧電/音波解析（調和解析、強連成）を行うことによって取得した。解析では、透光体 1 0 の Z 方向の上面にガラス板を配置したモデルを用い、ガラス板と透光体上面との距離を変化させた。また、ガラス板と透光体 1 0 の上面の間のギャップには空気層を挿入した。モデルの材料については、ガラス板を形成する材料はホウケイ酸ガラスであり、振動体 2 0 を形成する材料はステンレスであり、圧電素子 3 0 は P Z T であった。また、透光体 1 0 と振動体 2 0 とは、エポキシ樹脂で接着した。また、解析に用いた振動体 2 0 の共振周波数は 2 7 k H z であり、空気の音速から音波の波長 λ は 9 . 2 m m とした。

【 0 1 0 7 】

図 7 及び図 8 に示すように、透光体 1 0 とガラス板との間のギャップの Z 方向の距離を変化させると、定在波 W_s の半波長 $\lambda / 2$ の整数倍に相当する領域 P 1 , P 2 において、音圧が上昇し振動減衰が生じることによって透光体 1 0 の変位量が小さくなっている。具体的には、透光体 1 0 とガラス板との間のギャップの Z 方向の距離が 4 . 6 m m および 9 . 6 m m 付近の領域において、音圧が上昇し、透光体 1 0 の変位量が小さくなっている。また、透光体 1 0 とガラス板との間のギャップが 0 m m 付近の領域 P 0 においても透光体 1 0 の変位量が小さくなっている。

【 0 1 0 8 】

以上のことから、ギャップが 0 m m 付近の領域 P 0 、定在波 W_s の半波長である領域 P 1 , P 2 を避けて透光体 1 0 を配置することによって、透光体 1 0 の振動減衰を抑制することができると考えられる。

【 0 1 0 9 】

一例として、透光体 1 0 の最大変位量 S_0 から減少量を 6 0 % とした値を透光体 1 0 の変位量の下限值 S_1 とする。なお、下限値 S_1 は透光体 1 0 に付着した液滴を除去できる範囲で設定してもよい。図 8 では、最大変位量 S_0 は 7 . 4 μ m であるため、下限値 S_1 は 4 . 7 μ m とした。この場合、透光体 1 0 の振動減衰を抑制する領域 P z において、ギャップの Z 方向の距離は、0 . 1 m m 以上 4 . 5 m m 以下である。この数値範囲であれば、透光体 1 0 の振動減衰を抑制することができる。

【 0 1 1 0 】

ここで、透光体 10 の振動減衰は、定在波 W_s の半波長 $\lambda/2$ の整数倍毎に発生する。このため、透光体 10 の振動減衰を抑制するためのギャップの寸法は、 $[(n \times \lambda/2) + 0.1 \text{ mm}]$ 以上 $[(n+1) \times \lambda/2 - 0.1 \text{ mm}]$ 以下の範囲で定められる。なお、「 n 」は 0 以上の整数であり、「 λ 」は振動により生じる音波の波長である。

【0111】

したがって、光学モジュール 1 においては、透光体 10 と内層光学部品 50 との間の第 1 ギャップ G1 の第 1 寸法 L1 は、 $[(n \times \lambda/2) + 0.1 \text{ mm}]$ 以上 $[(n+1) \times \lambda/2 - 0.1 \text{ mm}]$ 以下の範囲で定められる。言い換えると、第 1 寸法 L1 において、 $[(n \times \lambda/2) + 0.1 \text{ mm}] \leq L1 \leq [(n+1) \times \lambda/2 - 0.1 \text{ mm}]$ の関係が成り立つ場合に、透光体 10 の振動減衰を抑制することができる。

10

【0112】

好ましくは、第 1 寸法 L1 は、 0.1 mm 以上 $(\lambda/2 - 0.1 \text{ mm})$ 以下の範囲で定められる。即ち、第 1 寸法 L1 において、 $0.1 \text{ mm} \leq L1 \leq (\lambda/2 - 0.1 \text{ mm})$ の関係が成り立つことが好ましい。これにより、透光体 10 の振動減衰をより抑制することができる。

【0113】

圧電素子 30 と内層光学部品 50 (内層フランジ 53) との間の第 2 ギャップ G2 の第 2 寸法 L2 についても、第 1 ギャップ G1 の第 1 寸法 L1 と同様である。即ち、第 2 寸法 L2 は、 $[(n \times \lambda/2) + 0.1 \text{ mm}]$ 以上 $[(n+1) \times \lambda/2 - 0.1 \text{ mm}]$ 以下の範囲で定められる。言い換えると、第 2 寸法 L2 において、 $[(n \times \lambda/2) + 0.1 \text{ mm}] \leq L2 \leq [(n+1) \times \lambda/2 - 0.1 \text{ mm}]$ の関係が成り立つ場合に、圧電素子 30 の振動減衰を抑制することができる。

20

【0114】

好ましくは、第 2 寸法 L2 は、 0.1 mm 以上 $(\lambda/2 - 0.1 \text{ mm})$ 以下の範囲で定められる。即ち、第 2 寸法 L2 において、 $0.1 \text{ mm} \leq L2 \leq (\lambda/2 - 0.1 \text{ mm})$ の関係が成り立つことが好ましい。これにより、圧電素子 30 の振動減衰をより抑制することができる。

【0115】

なお、本実施形態では、第 1 ギャップ G1 の第 1 寸法 L1 および第 2 ギャップ G2 の第 2 寸法 L2 が、 $[(n \times \lambda/2) + 0.1 \text{ mm}]$ 以上 $[(n+1) \times \lambda/2 - 0.1 \text{ mm}]$ 以下の範囲で定められる例について説明したが、これに限定されない。

30

【0116】

また、振動体 20 と内層光学部品 50 (レンズ保持部 52) の側壁 (外壁) 52a との間の第 3 ギャップ G3 の第 3 寸法 L3 は、 0.1 mm 以上であることが好ましい。

【0117】

[振動モードについて]

光学モジュール 1 においては、複数の振動モードで振動する。本実施形態では、光学モジュール 1 は、第 1 振動モードと、第 2 振動モードと、で振動する。図 9A および図 9B は、それぞれ、第 1 振動モードおよび第 2 振動モードを説明するための模式図である。

【0118】

図 9A に示すように、第 1 振動モードは、透光体 10 の中央部分の変位量が端部と比べて大きく振動する屈曲振動モードである。即ち、第 1 振動モードは、透光体 10 の中央部が端部よりも大きく振動する。第 1 振動モードでは、透光体 10 の中央部分の変位方向と端部の変位方向が逆になるような振動が生じ、透光体 10 が屈曲して振動する。このため、透光体 10 に付着した液滴は、透光体 10 の中央部分に集まる。

40

【0119】

図 9B に示すように、第 2 振動モードは、透光体 10 の全体が略均一に振動するピストン振動モードである。第 2 振動モードでは、透光体 10 の全体が同じ方向に変位するような振動が生じ、透光体 10 がピストンのように振動する。このため、透光体 10 に付着した液滴は、透光体 10 から滑落する。

50

【 0 1 2 0 】

振動体 2 0 および圧電素子 3 0 は、第 1 振動モードと第 2 振動モードとで振動するように構成されている。第 1 振動モードおよび第 2 振動モードは、制御部によって制御される。例えば、制御部は、圧電素子 3 0 に印加する駆動信号の周波数を変化させることによって、第 1 振動モードと第 2 振動モードとを切り替えることができる。例えば、光学モジュール 1 において、第 1 振動モードの共振周波数は 3 7 k H z であり、第 2 振動モードの共振周波数は 2 8 k H z である。なお、これらの共振周波数は例示であり、光学モジュール 1 の各要素の寸法や材質によって変更してもよい。

【 0 1 2 1 】

図 1 0 は、第 1 振動モードおよび第 2 振動モードにおいて、ギャップの寸法をパラメータとした場合の透光体の変位と音圧との関係の一例を示すグラフである。図 1 0 に示すように、第 1 振動モードにおける音波の半波長 $b / 2$ は 4 . 6 m m であり、ギャップの寸法が 4 . 6 m m 付近では振動減衰が生じ、最大変位量から変位量が 7 5 % 減少している。また、第 2 振動モードにおける音波の半波長 $p / 2$ は 6 m m であり、ギャップの寸法が 6 m m 付近では振動減衰が生じ、最大変位量から変位量が 5 0 % 減少している。

10

【 0 1 2 2 】

このように、第 1 振動モードおよび第 2 振動モードの両方において、ギャップの寸法を音波の半波長付近にすると、振動減衰が生じていることがわかる。よって、第 1 振動モードおよび第 2 振動モードのいずれのモードにおいても、ギャップの寸法が半波長 $b / 2$, $p / 2$ となる領域を避けることによって、振動減衰を抑制することができる。特に、第 1 振動モードでは、最大変位から 7 5 % もの振動減衰を改善することができることから、本願の構成を適用するメリットが大きいと言える。

20

【 0 1 2 3 】

[内層光学部品を形成する材料について]

内層光学部品 5 0 を形成する材料について説明する。本実施形態では、内層光学部品 5 0 は、透光体 1 0 よりも小さい音響インピーダンスを有する材料で構成されている。これにより、透光体 1 0 と内層光学部品 5 0 との間の第 1 ギャップ G 1 に生じる音波が内層光学部品 5 0 の第 1 表面 5 1 a で反射されることを抑制することができる。その結果、定在波 W s の音圧を低減することができる。

【 0 1 2 4 】

音波が入射する側の媒質の音響インピーダンスと、音波が反射する側の媒質の音響インピーダンスとの差が大きいほど、音波の反射が大きくなる。音響インピーダンスは媒質の音速と密度で計算することができる。

30

【 0 1 2 5 】

本実施形態では、入射する音波側の媒質は、第 1 ギャップ G 1 に存在する空気層である。音波が反射する側の媒質は、内層光学部品 5 0 (内層レンズ 5 1) である。よって、第 1 ギャップ G 1 の空気層と内層光学部品 5 0 とにおいて、音響インピーダンスの差を小さくすることによって、定在波 W s の音圧を抑制することができる。

【 0 1 2 6 】

図 1 1 は、各材料における音響インピーダンスと音波の反射率との関係の一例を示す表である。図 1 1 には、一例として、樹脂、ガラスおよび空気における音響インピーダンスが示されている。図 1 1 に示すように、樹脂はガラスに比べて、音響インピーダンスが小さい。このため、樹脂は、ガラスに比べて音波の反射を抑制することができる。したがって、内層光学部品 5 0 が樹脂で構成されることによって、ガラスに比べて音波の反射を低減することができる。

40

【 0 1 2 7 】

樹脂としては、例えば、非結晶ポリオレフィン樹脂、ポリカーボネート樹脂、アクリル樹脂、ポリスチレン樹脂、ウレタン樹脂などが挙げられる。

【 0 1 2 8 】

なお、実施の形態 1 では、内層光学部品 5 0 が樹脂で構成される例について説明したが

50

、これに限定されない。内層光学部品50は、透光体10の音響インピーダンスより小さく、音波の反射を抑制できる材料で構成されていればよい。例えば、内層レンズ51は、透光体10の音響インピーダンスより小さいガラスで形成されていてもよい。

【0129】

[効果]

実施の形態1に係る光学モジュール1及び光学装置100によれば、以下の効果を奏することができる。

【0130】

光学モジュール1は、透光体10、振動体20、圧電素子30および内層光学部品50を備える。振動体20は、筒状に形成され、透光体10を支持する。圧電素子30は、振動体20に配置され、振動体20を振動させる。内層光学部品50は、振動体20の内側に配置される。透光体10と内層光学部品50との間には第1ギャップG1が設けられており、圧電素子30と内層光学部品50との間には第2ギャップG2が設けられている。透光体10の振動方向(Z方向)における第1ギャップG1の第1寸法L1と、振動体20の振動方向(Z方向)における第2ギャップG2の第2寸法L2と、のうち少なくとも1つは、 $[(n \times \lambda / 2) + 0.1 \text{ mm}]$ 以上 $[(n + 1) \times \lambda / 2] - 0.1 \text{ mm}]$ 以下の範囲で定められる。ここで、nは0以上の整数、 λ は振動により生じる音波の波長を示す。

【0131】

このような構成により、振動減衰を抑制することができる。具体的には、第1ギャップG1および第2ギャップG2において、透光体10及び圧電素子30の振動により発生した音波が内層光学部品50で反射することによって、定在波Wsが発生する。このため、第1ギャップG1の第1寸法L1および/または第2ギャップG2の第2寸法L2が音波の半波長 $(n \times \lambda / 2)$ 付近になる範囲では、音圧が上昇し空気が圧縮されることによって、振動減衰が生じる。このため、当該範囲に透光体10および/または圧電素子30が位置すると、振動減衰によって変位量が低減する。光学モジュール1では、第1ギャップG1の第1寸法L1および/または第2ギャップG2の第2寸法L2が $[(n \times \lambda / 2) + 0.1 \text{ mm}]$ 以上 $[(n + 1) \times \lambda / 2] - 0.1 \text{ mm}]$ 以下の範囲で定められることによって、透光体10および/または圧電素子30が振動減衰の生じる範囲を避けている。これにより、透光体10を効率良く振動させ、透光体10に付着した液滴を効率良く除去することができる。

【0132】

第1寸法L1と第2寸法L2とのうち少なくとも1つは、 0.1 mm 以上 $(\lambda / 2 - 0.1 \text{ mm})$ 以下の範囲で定められる。このような構成により、振動減衰を抑制しつつ、光学モジュール1の小型化を実現できる。

【0133】

振動体20と内層光学部品50の側壁(外壁)52aとの間には第3ギャップG3が設けられており、第3ギャップG3の第3寸法L3は、 0.1 mm 以上である。このような構成により、振動減衰をさらに抑制することができる。

【0134】

第1ギャップG1の第1寸法L1は、透光体10の中央部Z1と、内層光学部品50との間の距離である。このような構成により、透光体10の中央部Z1における振動減衰を抑制することができる。

【0135】

振動体20および圧電素子30は、透光体10の全体が略均一に振動するように構成される。このような構成により、透光体10の全体が略均一に振動する場合でも、透光体10の振動減衰を抑制することができる。

【0136】

振動体20および圧電素子30は、透光体10の中央部が端部よりも大きく振動するように構成される。このような構成により、透光体10の中央部が端部に比べて大きく振動

10

20

30

40

50

する場合でも、透光体 10 の振動減衰を抑制することができる。

【0137】

内層光学部品 50 は、透光体 10 よりも小さい音響インピーダンスを有する材料で構成されている。好ましくは、内層光学部品 50 は、樹脂で形成されている。このような構成により、内層光学部品 50 における音波の反射を抑制し、振動減衰をさらに抑制することができる。

【0138】

内層光学部品 50 は、内層レンズ 51、レンズ保持部 52 および内層フランジ 53 を有する。レンズ保持部 52 は、内層レンズ 51 を保持する。内層フランジ 53 は、レンズ保持部 52 の外壁 52a から外側に向かって延びる。第 1 ギャップ G1 は、透光体 10 と内層レンズ 51 との間に設けられており、第 2 ギャップ G2 は、圧電素子 30 と内層フランジ 53 との間に設けられている。このような構成により、透光体 10 および / または圧電素子 30 の振動減衰を抑制することができる。

10

【0139】

光学装置 100 は、光学モジュール 1 と、光学モジュール 1 に配置される光学素子 2 と、備える。このような構成により、上述した光学モジュール 1 と同様の効果を奏することができる。

【0140】

<変形例 1>

図 12 は、変形例 1 の光学モジュール 1A の主な構成を示す概略断面図である。図 12 に示すように、光学モジュール 1A は、内層光学部品 50 に配置された音波抑制部材 60 を有する。音波抑制部材 60 は、内層光学部品 50 の第 1 表面 51a に配置されている。第 1 表面 51a は、透光体 10 と内層光学部品 50 (内層レンズ 51) との間の第 1 ギャップ G1 を画定する表面である。

20

【0141】

音波抑制部材 60 は、音波の反射を抑制する。音波抑制部材 60 は、例えば、発泡樹脂材料や多孔体で形成される部材である。発泡樹脂材料としては、例えば、ポリウレタン、ポリスチレン、ポリオレフィン、ポリエチレン、ポリプロピレン、フェノール樹脂、ポリ塩化ビニル、ユリア樹脂、シリコーン、ポリイミド、メラミン樹脂などを用いることができる。多孔体としては、例えば、グラスウールなどを用いることができる。

30

【0142】

音波抑制部材 60 は、光学モジュール 1A の Z 方向から見て、環状に配置されている。具体的には、音波抑制部材 60 は、内層光学部品 50 の第 1 表面 51a の外周に沿って配置されている。

【0143】

このように、内層光学部品 50 に音波抑制部材 60 を配置することによって、内層光学部品 50 における音波の反射を抑制することができる。これにより、音圧を低下させ、振動減衰をさらに抑制することができる。

【0144】

なお、変形例 1 では、内層光学部品 50 の第 1 表面 51a に音波抑制部材 60 を配置する態様について説明したが、これに限定されない。例えば、圧電素子 30 と内層光学部品 50 との間の第 2 ギャップ G2 を画定する内層光学部品 50 (内層フランジ 53) の第 2 表面 53a に、音波抑制部材 60 が配置されてもよい。

40

【0145】

内層光学部品 50 は、第 1 ギャップ G1 を画定する第 1 表面 51a と、第 2 ギャップ G2 を画定する第 2 表面 53a と、を有し、第 1 表面 51a と第 2 表面 53a とのうち少なくとも 1 つに、音波の反射を抑制する音波抑制部材 60 が配置されていてもよい。

【0146】

あるいは、音波抑制部材 60 は、第 1 表面 51a および第 2 表面 53a 以外のギャップを画定する面に配置されていてもよい。音波抑制部材 60 は、光学素子 2 の光路を妨げな

50

い位置に配置されていればよい。

【0147】

<変形例2>

図13は、変形例2の光学モジュール1Bの主な構成を示す概略断面図である。図13に示すように、光学モジュール1Bにおいては、内層光学部品50（内層レンズ51）の第1表面51aに透光性を有する樹脂コーティングが施されている。

【0148】

樹脂コーティングとしては、例えば、フッ素系のコーティング材またはシリコン系のコーティング材などの材料を用いることができる。フッ素系のコーティング材としては、例えば、フッ素系ポリマー、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）等が挙げられる。シリコン系のコーティング材としては、例えば、シリコンオイルなどの主鎖部分がケイ素（Si）と酸素（O）との直接結合からなる部分を有する材料が挙げられる。

10

【0149】

このように、内層光学部品50（内層レンズ51）の第1表面51aに樹脂コーティングを施すことによって、第1表面51aにおける音波の反射を抑制することができる。

【0150】

なお、変形例2では、内層光学部品50の第1表面51aに樹脂コーティングを施す態様について説明したが、これに限定されない。例えば、内層光学部品50（内層フランジ53）の第2表面53aに、樹脂コーティングが施されてもよい。

【0151】

内層光学部品50は、第1ギャップG1を画定する第1表面51aと、第2ギャップG2を画定する第2表面53aと、を有し、第1表面51aと第2表面53aとのうち少なくとも1つに、樹脂コーティング61が施されている。

20

【0152】

あるいは、樹脂コーティング61は、第1表面51aおよび第2表面53a以外のギャップを画定する面に施されている。

【0153】

<変形例3>

図14は、変形例3の光学モジュール1Cの主な構成を示す概略断面図である。図14に示すように、光学モジュール1Cにおいて、振動体20の内側に形成される空間SP1は、負圧になっている。負圧とは、大気圧よりも気圧が低い状態を意味する。好ましくは、空間SP1の気圧は、大気圧の1/2倍以下である。より好ましくは、空間SP1は真空である。

30

【0154】

振動体20の内側の空間SP1は、振動体20と内層光学部品50との間に形成される空間である。光学モジュール1Cにおいては、振動体20および内層光学部品50は、固定部40に接合されている。例えば、振動体20と固定部40は一体で形成されており、内層光学部品50は、固定部40にレーザ溶接などによって溶接されている。これにより、振動体20と内層光学部品50との間に密閉された空間SP1を形成している。なお、光学モジュール1Cの製造においては、負圧又は真空の環境下で行うことによって空間SP1を負圧又は真空にすることができる。

40

【0155】

図15は、振動体20の内側の空間SP1を負圧にした場合の変位量減衰率を示すグラフである。図15において、実施例1は空間SP1が大気圧である状態の変位量減衰率を示し、実施例2は空間SP1が大気圧の1/10倍の負圧状態の変位量減衰率を示す。

【0156】

図15に示すように、実施例1に比べて実施例2の方が、変位量減衰率が小さくなっている。このように、振動体20の内側の空間SP1を負圧にすることによって、音波の反射を抑制し、透光体10や圧電素子30の振動減衰を抑制することができる。

【0157】

50

なお、変形例 3 では、振動体 20 の内側の空間 S P 1 を真空又は負圧にする例について説明したが、これに限定されない。例えば、振動体 20 の内側の空間 S P 1 を空気よりも密度の低いガスで満たしてもよい。ガスとしては、例えば、窒素、ネオン、ヘリウム、エチレンなどが挙げられる。このような構成においても、音波の反射を抑制し、透光体 10 や圧電素子 30 の振動減衰を抑制することができる。

【0158】

(実施の形態 2)

本発明の実施の形態 2 に係る振動装置について説明する。なお、実施の形態 2 では、主に実施の形態 1 と異なる点について説明する。実施の形態 2 においては、実施の形態 1 と同一又は同等の構成については同じ符号を付して説明する。また、実施の形態 2 では、実施の形態 1 と重複する記載は省略する。

10

【0159】

図 16 は、本発明に係る実施の形態 2 の光学モジュール 1 D の一例を示す概略断面図である。図 17 は、圧電素子 30 の印加電圧と透光体 10 の変位との関係を示す概略図である。なお、図 17 (a) は圧電素子 30 の印加電圧を示し、図 17 (b) は透光体 10 の Z 方向の変位を示す。

【0160】

実施の形態 2 では、透光体 10 が振動していない状態の位置を基準位置 H 0 とし、透光体の厚み方向 (Z 方向) において基準位置 H 0 に対して内層光学部品 50 から離れる方向を正方向とし、前記基準位置 H 0 に対して内層光学部品 50 に近づく方向を負方向とした場合、透光体 10 において、正方向への変位は、負方向の変位より大きい点で実施の形態 1 と異なる。

20

【0161】

実施の形態 2 において、光学モジュール 1 D は、特に説明しない限り、実施の形態 1 の光学モジュール 1 と同様の構成を有する。

【0162】

図 16 においては、透光体 10 が振動していない状態の位置を基準位置 H 0 としている。実施の形態 2 では、基準位置 H 0 は、透光体 10 が振動していない状態において、透光体 10 の厚み方向 (Z 方向) における透光体 10 の第 2 主面 P S 2 の位置を意味する。また、透光体 10 の厚み方向 (Z 方向) において基準位置 H 0 に対して内層光学部品 50 から離れる方向を正方向とし、基準位置 H 0 に対して内層光学部品 50 に近づく方向を負方向としている。

30

【0163】

光学モジュール 1 D においては、透光体 10 が負方向の変位に比べて正方向の変位が大きくなるように振動する。即ち、透光体 10 において、正方向への変位は、負方向の変位より大きい。例えば、負方向の変位は、正方向の変位の $1/3$ 倍以下である。好ましくは、負方向の変位は、正方向の変位の $1/10$ 倍以下である。より好ましくは、負方向の変位は 0 である。

【0164】

また、透光体 10 の振動において、正方向への変位は、負方向の変位よりも多い。例えば、透光体 10 の振動において、正方向への変位と負方向の変位の割合は、 $6:4$ 以上 $10:0$ 以下である。好ましくは、正方向への変位と負方向の変位の割合は、 $8:2$ 以上 $10:0$ 以下である。より好ましくは、透光体 10 の振動は、正方向への変位のみを含む。

40

【0165】

図 17 に示すように、制御部 3 は、圧電素子 30 に印加する電圧を制御することによって、正方向への変位が負方向の変位より大きくなる透光体 10 の振動を実現する。例えば、制御部 3 は、圧電素子 30 に対して、正方向電圧 + V 1 の印加と電圧印加停止を繰り返す。

【0166】

具体的には、制御部 3 は、圧電素子 30 に対して、正方向電圧 + V 1 を所定時間印加し

50

た後、電圧の印加を停止し、印加電圧を 0 にする。印加電圧が 0 の状態が所定の時間経過した後、制御部 3 は、正方向電圧 + V 1 を所定時間再び印加する。例えば、電圧印加と停止は、等間隔で行われてもよいし、ランダムで行われてもよい。このように、制御部 3 は、正方向電圧 + V 1 の印加と電圧印加停止とを繰り返す。即ち、制御部 3 は、圧電素子 3 0 に対して、負方向の電圧を印加せずに、正方向の電圧 + V 1 を印加している。

【 0 1 6 7 】

図 1 7 に示すように、透光体 1 0 の厚み方向 (Z 方向) の変位は、圧電素子 3 0 に印加される電圧によって制御される。圧電素子 3 0 に対する電圧印加が停止されているとき、透光体 1 0 は振動しない。圧電素子 3 0 に対して正方向電圧 + V 1 が印加されているとき、透光体 1 0 は透光体 1 0 の厚み方向 (Z 方向) において基準位置 H 0 に対して内層光学部品 5 0 から離れる方向、即ち正方向に変位するように振動する。即ち、圧電素子 3 0 に対して正方向電圧 + V 1 が印加されているとき、透光体 1 0 は、正方向の変位 + H 1 で振動する。

10

【 0 1 6 8 】

このように、圧電素子 3 0 に対して正方向の電圧 + V 1 の印加と電圧印加停止とを繰り返すことによって、透光体 1 0 は、基準位置 H 0 から正方向の変位 + H 1 の間で振動する。

【 0 1 6 9 】

[効果]

実施の形態 2 に係る光学モジュール 1 D によれば、以下の効果を奏することができる。

【 0 1 7 0 】

透光体 1 0 が振動していない状態の位置を基準位置 H 0 とし、透光体 1 0 の厚み方向 (Z 方向) において基準位置 H 0 に対して内層光学部品 5 0 から離れる方向を正方向とし、基準位置 H 0 に対して内層光学部品 5 0 に近づく方向を負方向とした場合、透光体 1 0 において、正方向への変位は、負方向の変位より大きい。

20

【 0 1 7 1 】

このような構成により、透光体 1 0 が振動している際に負方向への変位を抑制することができる。これにより、透光体 1 0 と内層光学部品 5 0 との間の空気が圧縮されることを抑制することができる。その結果、空気バネ定数の上昇による振動減衰を抑制することができる。

【 0 1 7 2 】

光学モジュール 1 D は、圧電素子 3 0 を制御する制御部 3 を更に備え、制御部 3 は、圧電素子 3 0 に対して、正方向電圧の印加と電圧印加停止を繰り返す。

30

【 0 1 7 3 】

このような構成により、正方向の変位を負方向の変位より容易に大きくすることができる。

【 0 1 7 4 】

なお、実施の形態 2 では、基準位置 H 0 が、透光体 1 0 が振動していない状態における透光体 1 0 の第 2 主面 P S 2 の位置である例について説明したが、これに限定されない。例えば、基準位置 H 0 は、透光体 1 0 が振動していない状態における透光体 1 0 の第 1 主面 P S 1 の位置であってもよい。

40

【 0 1 7 5 】

実施の形態 2 では、制御部 3 が圧電素子 3 0 に対して、正方向電圧の印加と電圧印加停止を繰り返す例について説明したが、これに限定されない。例えば、制御部 3 は、負方向電圧の印加を行ってもよい。この場合、負方向の電圧は、正方向の電圧より小さくてもよい。あるいは、負方向の電圧の印加は、正方向の電圧の印加よりも少なくてもよい。

【 0 1 7 6 】

本発明は、添付図面を参照しながら好ましい実施の形態に関連して十分に記載されているが、この技術に熟練した人々にとっては種々の変形や修正は明白である。そのような変形や修正は、添付した請求の範囲による本発明の範囲から外れない限りにおいて、その中に含まれると理解されるべきである。

50

【産業上の利用可能性】

【0177】

本発明の振動装置および振動制御方法は、屋外で使用する車載カメラ、監視カメラ、またはLiDAR等の光センサへ適用することができる。

【符号の説明】

【0178】

1, 1A, 1B, 1C, 1D 光学モジュール

2 光学素子

3 制御部

10 透光体

20 振動体

21 振動フランジ

22 第1筒状体

23 ばね部

24 第2筒状体

25 振動板

26 接続部

30 圧電素子

40 固定部

50 内層光学部品

51 内層レンズ

51a 第1表面

52 レンズ保持部

52a 外壁

53 内層フランジ

53a 第2表面

60 音波抑制部材

61 樹脂コーティング

100 光学装置

A1, A2 振動方向

C1 中心

D1, D2 直径

G1 第1ギャップ

G2 第2ギャップ

G3 第3ギャップ

H0 基準位置

H1 正方向の変位

L1 第1寸法

L2 第2寸法

L3 第3寸法

PS1 第1主面

PS2 第2主面

SP1 空間

V1 正方向電圧

Ws 定在波

Z1 中央部

Z10 領域

P0, P1, P2, Pz 領域

10

20

30

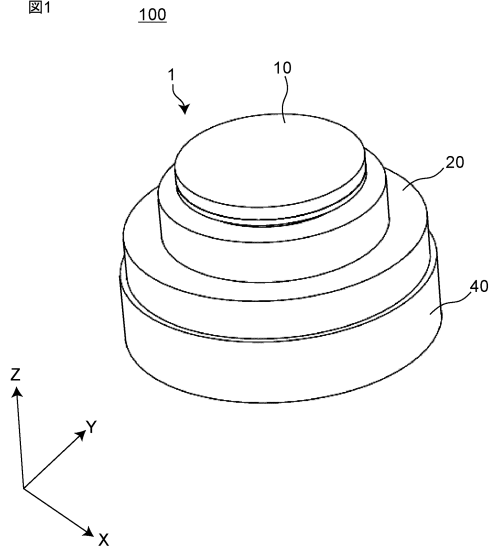
40

50

【図面】

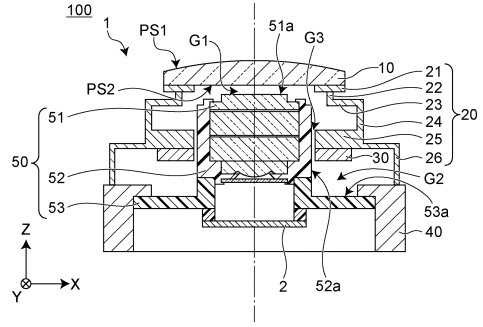
【図 1】

図1



【図 2】

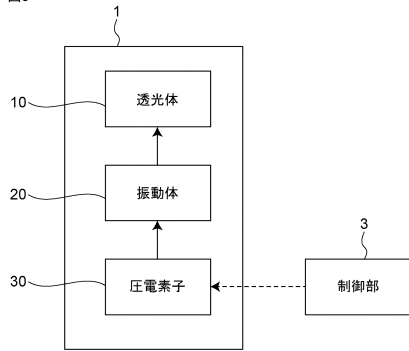
図2



10

【図 3】

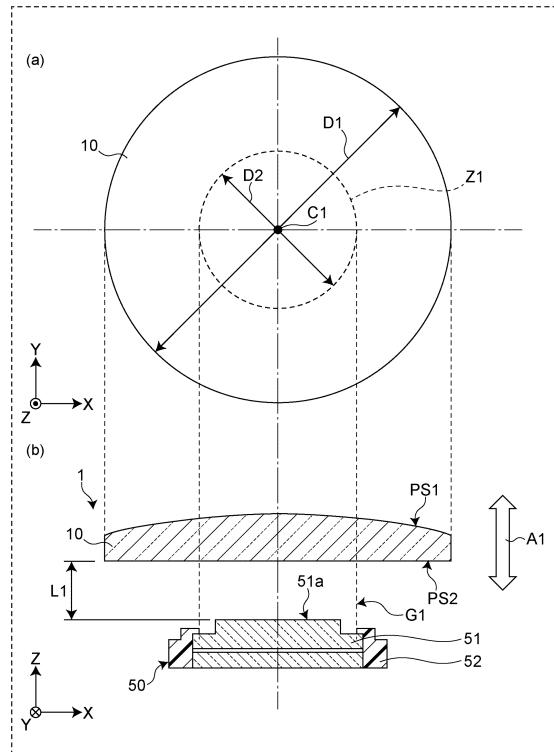
図3



20

【図 4】

図4



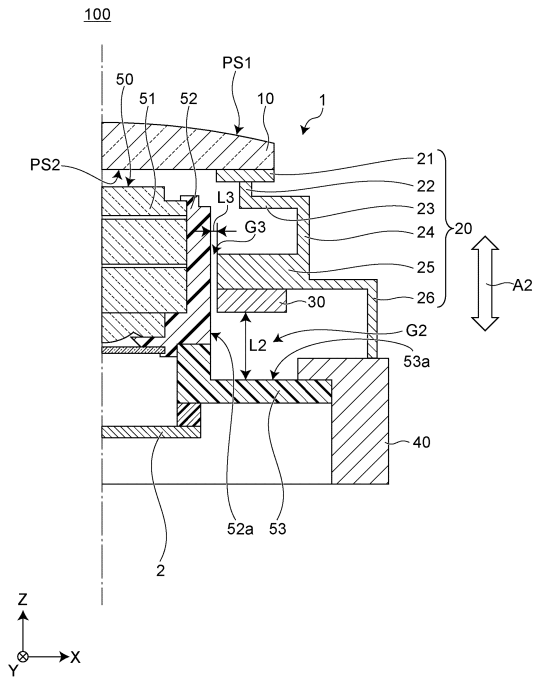
30

40

50

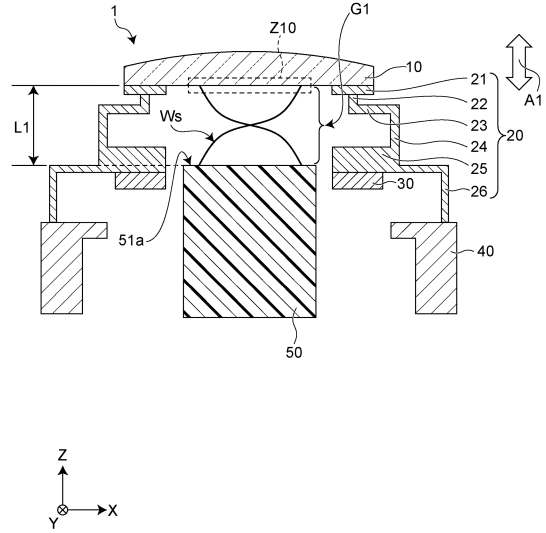
【図5】

図5



【図6】

図6

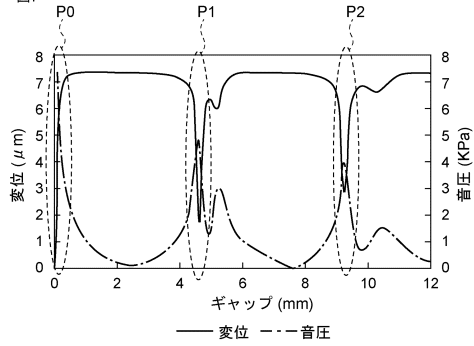


10

20

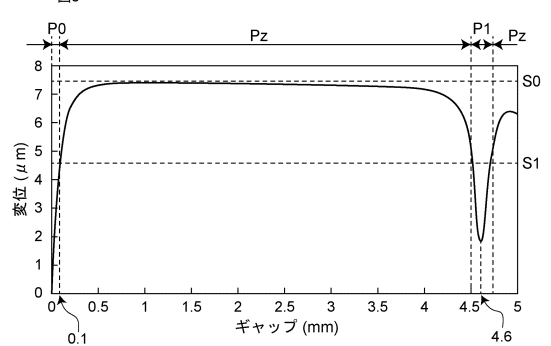
【図7】

図7



【図8】

図8

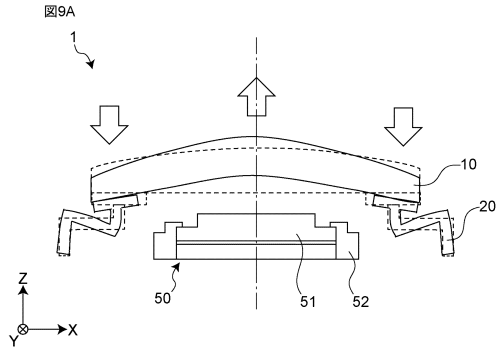


30

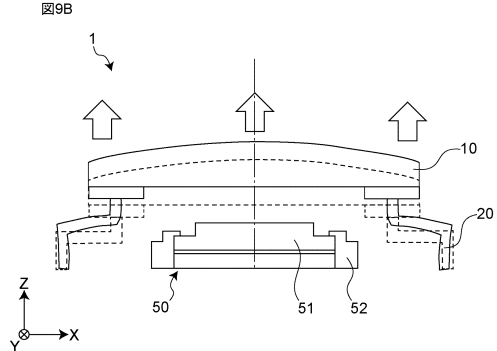
40

50

【図 9 A】



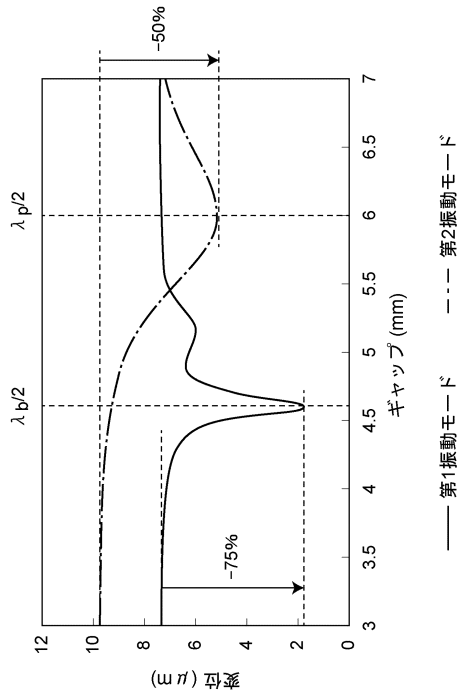
【図 9 B】



10

【図 10】

図10



【図 11】

図11

内層光学部材	音速 (m/s)	密度 (kg/m ³)	音響インピーダンス (Ns/m ³)
樹脂	1780	20	35600
ガラス	4000	2300	9200000
空気(参考値)	340	1.2	410

20

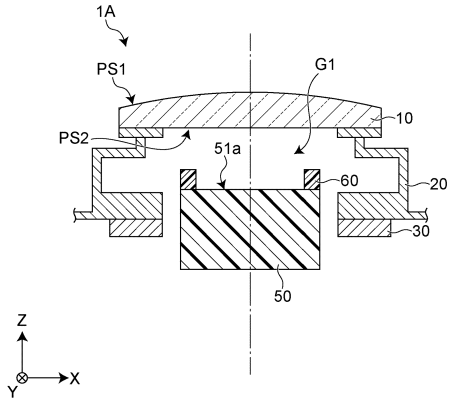
30

40

50

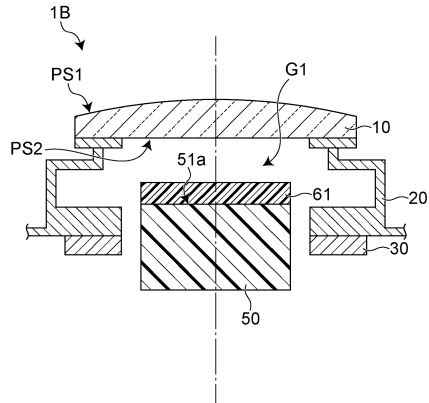
【 1 2 】

图12



【 1 3 】

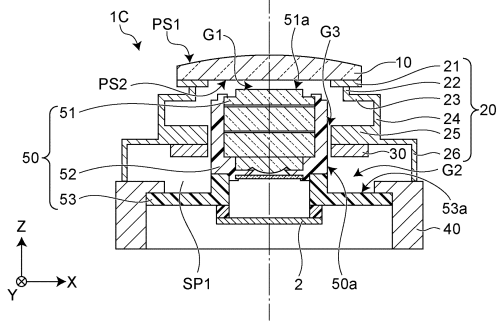
图13



10

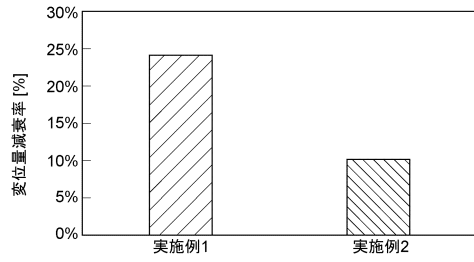
【 1 4 】

图14



【 1 5 】

图15



20

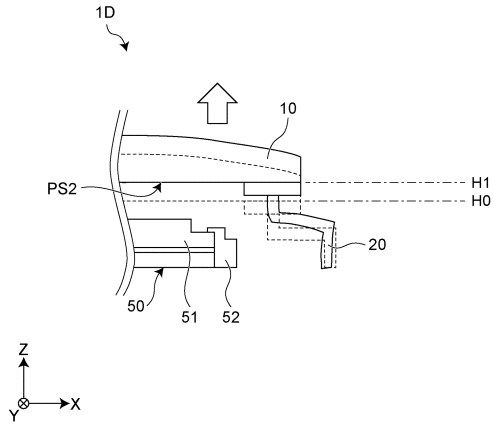
30

40

50

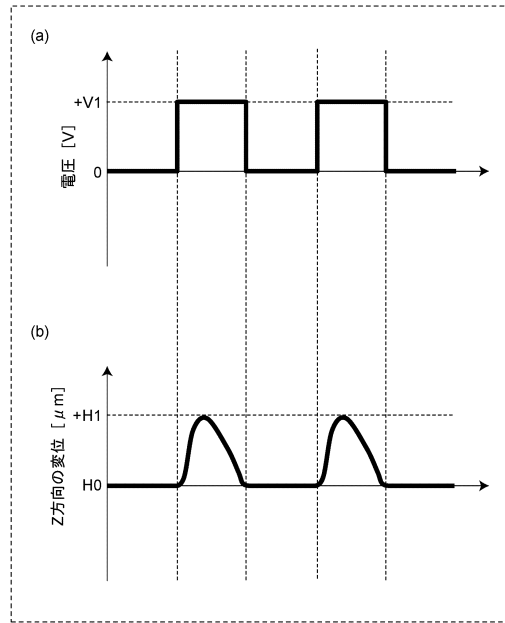
【 16 】

図16



【 17 】

図17



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類		F I		
<i>H 1 0 N</i>	<i>30/20 (2023.01)</i>	<i>B 6 0 S</i>	<i>1/62</i>	<i>1 2 0 D</i>
<i>H 1 0 N</i>	<i>30/03 (2023.01)</i>	<i>H 1 0 N</i>	<i>30/20</i>	
<i>G 0 3 B</i>	<i>17/08 (2021.01)</i>	<i>H 1 0 N</i>	<i>30/03</i>	
<i>G 0 3 B</i>	<i>17/56 (2021.01)</i>	<i>B 6 0 S</i>	<i>1/62</i>	<i>1 1 0 B</i>
		<i>G 0 3 B</i>	<i>17/08</i>	
		<i>G 0 3 B</i>	<i>17/56</i>	<i>H</i>

株式会社村田製作所内

- (72)発明者 岸 宣孝
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
- (72)発明者 坂口 仁志
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
- (72)発明者 中土井 貴英
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
- (72)発明者 北森 宣匡
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内

審査官 うし 田 真悟

- (56)参考文献 国際公開第2020/003573 (WO, A1)
国際公開第2021/100228 (WO, A1)
国際公開第2018/198464 (WO, A1)
国際公開第2021/229852 (WO, A1)
米国特許出願公開第2020/0358938 (US, A1)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)
- G 0 3 B* *1 7 / 0 2*
B 6 0 S *1 / 6 2*
G 0 2 B *7 / 0 2*
G 0 3 B *3 0 / 0 0*
H 0 4 N *2 3 / 5 0 - 2 3 / 5 7*
H 1 0 N *3 0 / 0 0 - 3 0 / 8 8*