



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/100397**  
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2  
IntPatÜbkG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 004 728.3**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/023915**  
(86) PCT-Anmeldetag: **15.06.2022**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **08.06.2023**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **08.08.2024**

(51) Int Cl.: **G03B 17/02 (2021.01)**  
**G02B 7/02 (2021.01)**  
**G03B 30/00 (2021.01)**  
**B60S 1/56 (2006.01)**  
**H04N 23/52 (2023.01)**  
**B06B 1/06 (2006.01)**  
**H10N 30/20 (2023.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2021-194451**      **30.11.2021**      **JP**

(71) Anmelder:  
**Murata Manufacturing Co., Ltd., Nagaokakyo-shi,  
Kyoto, JP**

(74) Vertreter:  
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler,  
Schenk & Partner mbB Patentanwälte, 81373  
München, DE**

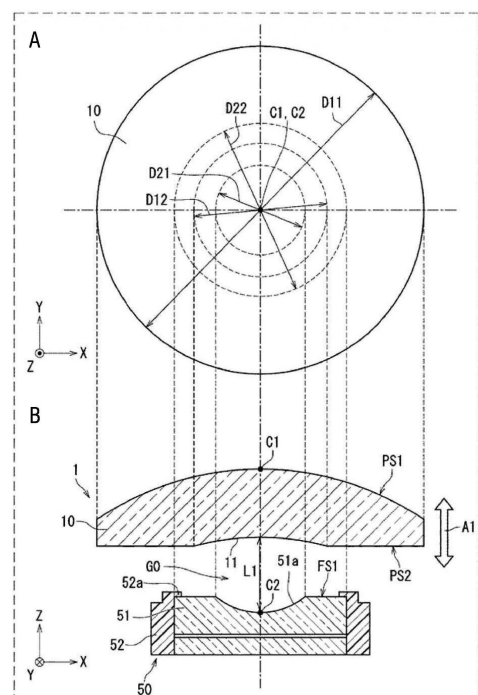
(72) Erfinder:  
**Ishii, Yuuki, Nagaokakyo-shi, Kyoto, JP; Tanaka,  
Yuka, Nagaokakyo-shi, Kyoto, JP; Tabuchi,  
Katsuhiko, Nagaokakyo-shi, Kyoto, JP; Nakadoi,  
Takahide, Nagaokakyo-shi, Kyoto, JP; Kishi,  
Noritaka, Nagaokakyo-shi, Kyoto, JP; Sakaguchi,  
Hitoshi, Nagaokakyo-shi, Kyoto, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **OPTISCHES MODUL UND OPTISCHE VORRICHTUNG**

(57) Zusammenfassung: Das optische Modul umfasst: einen lichtdurchlässigen Körper; einen Schwingungskörper, der in einer Röhrenform gebildet ist und der den lichtdurchlässigen Körper trägt; ein piezoelektrisches Element, das an dem Schwingungskörper angeordnet ist und den Schwingungskörper in Schwingung versetzt; und eine optische Innenschichtkomponente, die in dem Schwingungskörper angeordnet ist. Die optische Innenschichtkomponente umfasst eine Innenschichtlinse, die dem lichtdurchlässigen Körper gegenüberliegt. Die Oberfläche der Innenschichtlinse, die dem lichtdurchlässigen Körper gegenüberliegt, weist eine erste Ausnehmung auf, die in der Dickenrichtung der Innenschichtlinse gebildet ist und eine Krümmung aufweist. Zwischen dem lichtdurchlässigen Körper und der ersten Ausnehmung der Innenschichtlinse ist ein Zwischenraum gebildet.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein optisches Modul und eine optische Vorrichtung, die ein Flüssigkeitströpfchen oder dergleichen durch Schwingung entfernen.

## Hintergrundtechnik

**[0002]** Patentdokument 1 offenbart eine Flüssigkeitströpfchenausschlussvorrichtung, die ein Schwingungserzeugungsbauglied umfasst, das mit einem Endabschnitt einer gekrümmten Oberfläche verbunden ist, die einen Kuppelabschnitt eines optischen Elements bildet, wobei das Schwingungserzeugungsbauglied in dem Kuppelabschnitt eine Biegeschwingung erzeugt. In der Flüssigkeitströpfchenausschlussvorrichtung, die in Patentdokument 1 offenbart ist, sind eine tropfenbeständige Abdeckung und ein piezoelektrisches Element haftend aneinander fixiert, und die tropfenbeständige Abdeckung wird durch die Schwingung des piezoelektrischen Elements gebogen und in Schwingung versetzt, wodurch Flüssigkeitströpfchen und dergleichen, die an der Oberfläche der tropfenbeständigen Abdeckung haften, entfernt werden.

## Referenzliste

## Patentdokument

**[0003]** Patentdokument 1: Japanische ungeprüfte Patentanmeldungsveröffentlichung Nr. 2017-170303

## Kurzdarstellung der Erfindung

## Technisches Problem

**[0004]** Bei der in Patentdokument 1 offenbarten Vorrichtung gibt es nach wie vor Verbesserungsmöglichkeiten hinsichtlich der Unterdrückung der Schwingungsdämpfung.

## Lösung des Problems

**[0005]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein optisches Modul ein lichtdurchlässiges Bauglied, ein Schwingungsbauglied, das in einer Röhrenform gebildet ist und das lichtdurchlässige Bauglied trägt, ein piezoelektrisches Element, das an dem Schwingungsbauglied angeordnet ist und das Schwingungsbauglied in Schwingung versetzt, und eine optische Innenschichtkomponente, die an einem Innenseitenabschnitt des Schwingungsbauglieds angeordnet ist. Die optische Innenschichtkomponente umfasst eine Innenschichtlinse, die dem lichtdurchlässigen Bauglied zugewandt ist,

eine erste Ausnehmung, die in einer Dickenrichtung der Innenschichtlinse ausgenommen ist und eine Krümmung aufweist, ist an einer Oberfläche der Innenschichtlinse gebildet, die dem lichtdurchlässigen Bauglied zugewandt ist, und zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied und der ersten Ausnehmung der Innenschichtlinse ist ein Zwischenraum gebildet.

**[0006]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst eine optische Vorrichtung das optische Modul gemäß dem obigen Aspekt und ein optisches Element, das an dem optischen Modul angeordnet ist.

## Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

**[0007]** Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, ein optisches Modul und eine optische Vorrichtung bereitzustellen, die in der Lage sind, Schwingungsdämpfung zu unterdrücken.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**Fig. 1** ist eine schematische perspektivische Ansicht, die ein Beispiel einer optischen Vorrichtung in Ausführungsbeispiel 1 gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

**Fig. 2** ist eine schematische Querschnittsansicht, die ein Beispiel einer Konfiguration der optischen Vorrichtung bei dem Ausführungsbeispiel 1 gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

**Fig. 3** ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer funktionalen Konfiguration der optischen Vorrichtung bei dem Ausführungsbeispiel 1 gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt.

**Fig. 4** ist eine schematische Ansicht zum Beschreiben eines Zwischenraums zwischen einem lichtdurchlässigen Bauglied und einer Innenschichtlinse.

**Fig. 5** ist eine schematische Ansicht zum Beschreiben von Vergleichsbeispiel 1 und Beispiel 1.

**Fig. 6** ist ein Graph, der ein Beispiel eines Simulationsergebnisses eines Verschiebungsbetrags und eines Schalldrucks des lichtdurchlässigen Bauglieds in Vergleichsbeispiel 1 und Beispiel 1 zeigt.

**Fig. 7** ist eine Ansicht, die ein Beispiel einer Verschiebungsverteilung und einer Schalldruckverteilung in Vergleichsbeispiel 1, Vergleichsbeispiel 2 und Beispiel 1 zeigt.

**Fig. 8** ist ein Graph, der ein Beispiel einer Beziehung zwischen einer Abmessung eines Zwischenraums und dem Verschiebungsbetrag zeigt.

**Fig. 9** ist eine schematische Ansicht zum Beschreiben einer Stehwelle.

**Fig. 10** ist ein Graph, der ein Beispiel eines Analyseergebnisses einer Beziehung zwischen Verschiebung des lichtdurchlässigen Bauglieds und dem Schalldruck zeigt.

**Fig. 11** ist ein vergrößerter Graph des Graphen in **Fig. 10**.

**Fig. 12** ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine Hauptkonfiguration eines optischen Moduls in dem Modifikationsbeispiel 1 zeigt.

**Fig. 13** ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine Hauptkonfiguration eines optischen Moduls in dem Modifikationsbeispiel 2 zeigt.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

##### Hintergrund, der zur vorliegenden Erfindung führt

**[0008]** In einem Fahrzeug, das mit einer Bilderzeugungseinheit versehen ist, die ein Bilderzeugungselement oder dergleichen in einem vorderen Abschnitt oder einem hinteren Abschnitt des Fahrzeugs umfasst, wird ein Bild, das durch die Bilderzeugungseinheit aufgenommen wird, verwendet, um eine Sicherheitsvorrichtung zu steuern oder automatische Fahrsteuerung durchzuführen. Eine solche Bilderzeugungseinheit ist in manchen Fällen außerhalb des Fahrzeugs angeordnet. In diesem Fall ist ein lichtdurchlässiges Bauglied, wie zum Beispiel eine Schutzabdeckung oder eine Linse, an einer Außenseite der Bilderzeugungseinheit angebracht.

**[0009]** Daher können Fremdstoffe, wie zum Beispiel Regentropfen (Flüssigkeitströpfchen), Schlamm und Staub an dem lichtdurchlässigen Bauglied anhaften. In einem Fall, wo Fremdstoffe an dem lichtdurchlässigen Bauglied anhaften, werden in einigen Fällen die Fremdstoffe in einem Bild reflektiert, das durch die Bilderzeugungseinheit aufgenommen wird, und es ist nicht möglich, ein klares Bild zu erhalten.

**[0010]** In den letzten Jahren wurde eine Vorrichtung entwickelt, die Fremdstoffe, die an einem lichtdurchlässigen Bauglied haften, durch Schwingen des lichtdurchlässigen Bauglieds entfernt. In solch einer Vorrichtung ist das lichtdurchlässige Bauglied an einem röhrenförmigen Schwingungsbauglied angeordnet und das lichtdurchlässige Bauglied wird in Schwingung versetzt durch Schwingen des Schwingungsbauglieds mit einem piezoelektrischen Element oder dergleichen. Eine optische Innenschichtkomponente, wie zum Beispiel eine Innenschichtlinse, ist in dem Schwingungsbauglied angeordnet.

**[0011]** In manchen Fällen wird jedoch die Schwingung des lichtdurchlässigen Bauglieds und/oder des Schwingungsbauglieds in Abhängigkeit von der Position der optischen Innenschichtkomponente gedämpft, die in dem Schwingungsbauglied angeordnet ist. Beispielsweise ist zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied und der optischen Innenschichtkomponente ein Zwischenraum vorgesehen und die Schwingungsdämpfung tritt in Abhängigkeit von der Abmessung des Zwischenraums auf. Als Folge besteht ein Problem darin, dass es nicht möglich ist, die Fremdstoffe, die an dem lichtdurchlässigen Bauglied anhaften, ausreichend zu entfernen. Dies ist ein neues Problem, das die Erfinder erkannt haben.

**[0012]** Beispielsweise wird in einem Fall, wo das lichtdurchlässige Bauglied in Schwingung versetzt wird, durch die Schwingung eine Schallwelle erzeugt. Die Schallwelle, die von dem lichtdurchlässigen Bauglied erzeugt wird, wird durch die optische Innenschichtkomponente reflektiert und eine Stehwelle, die einen Schwingungsbauch und einen Schwingungsknoten der Schallwelle umfasst, wird erzeugt. In dem Schwingungsbauch der Schallwelle ist der Schalldruck im Vergleich zu anderen Abschnitten erhöht und die Luft ist weiter komprimiert. Daher wirkt in dem Schwingungsbauch der Schallwelle die komprimierte Luft als ein Dämpfer und die Schwingungsdämpfung tritt auf. In einem Fall, wo der Schwingungsbauch der Schallwelle an einer Position gebildet wird, an der das lichtdurchlässige Bauglied in dem Zwischenraum zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied und der optischen Innenschichtkomponente angeordnet ist, wird somit die Schwingung des lichtdurchlässigen Bauglieds gedämpft. Als Folge ist es in einigen Fällen nicht möglich, die Fremdstoffe, die an dem lichtdurchlässigen Bauglied haften, ausreichend zu entfernen.

**[0013]** Um die optische Innenschichtkomponente so anzuordnen, um den Schwingungsbauch zu vermeiden, der durch die Reflexion der Schallwelle erzeugt werden, die von dem lichtdurchlässigen Bauglied erzeugt wird, wird in Betracht gezogen, dass die optische Innenschichtkomponente nahe zu dem lichtdurchlässigen Bauglied angeordnet ist und ein Zwischenraum zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied und der optischen Innenschichtkomponente reduziert ist. In diesem Fall ist das Luftvolumen in dem Zwischenraum reduziert und der Schalldruck ist erhöht, unabhängig von dem Vorliegen oder der Abwesenheit der Stehwelle. Als Folge tritt in einigen Fällen die Schwingungsdämpfung auf.

**[0014]** Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben intensive Studien durchgeführt, und eine Konfiguration gefunden, bei der die Dämpfung der Schwingung unterdrückt wird durch Unterdrücken eines Anstiegs bei dem Schalldruck in dem Zwi-

schenraum zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied und der optischen Innenschichtkomponente und gelangten zur vorliegenden Erfindung.

**[0015]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein optisches Modul ein lichtdurchlässiges Bauglied, ein Schwingungsbauglied, das in einer Röhrenform gebildet ist und das lichtdurchlässige Bauglied trägt, ein piezoelektrisches Element, das an dem Schwingungsbauglied angeordnet ist und das Schwingungsbauglied in Schwingung versetzt, und eine optische Innenschichtkomponente, die an einem Innenseitenabschnitt des Schwingungsbauglieds angeordnet ist. Die optische Innenschichtkomponente umfasst eine Innenschichtlinse, die dem lichtdurchlässigen Bauglied zugewandt ist, eine erste Ausnehmung, die in einer Dickenrichtung der Innenschichtlinse ausgenommen ist und eine Krümmung aufweist, ist an einer Oberfläche der Innenschichtlinse gebildet, die dem lichtdurchlässigen Bauglied zugewandt ist, und zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied und der ersten Ausnehmung der Innenschichtlinse ist ein Zwischenraum gebildet.

**[0016]** Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Schwingungsdämpfung zu unterdrücken.

**[0017]** Die erste Ausnehmung kann an einer Position gebildet sein, die von einer Dickenrichtung des lichtdurchlässigen Bauglieds aus gesehen mit einem mittleren Abschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds überlappt.

**[0018]** Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Schwingungsdämpfung in dem mittleren Abschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds zu unterdrücken.

**[0019]** Von der Dickenrichtung des lichtdurchlässigen Bauglieds aus gesehen kann eine Mitte der ersten Ausnehmung im Wesentlichen mit einer Mitte des lichtdurchlässigen Bauglieds zusammenfallen.

**[0020]** Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Schwingungsdämpfung in dem mittleren Abschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds weiter zu unterdrücken.

**[0021]** Eine Tiefe der ersten Ausnehmung kann von der Dickenrichtung der Innenschichtlinse aus gesehen von einer Mitte der Innenschichtlinse zu einem Außenseitenabschnitt hin reduziert sein.

**[0022]** Mit solch einer Konfiguration ist es wahrscheinlich, dass eine Schallwelle, die durch die Schwingung des lichtdurchlässigen Bauglieds erzeugt wird, dispergiert wird, wenn die Schallwelle durch die erste Ausnehmung reflektiert wird, und es ist möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds zu unterdrücken.

**[0023]** Die erste Ausnehmung kann in einer sphärischen Form oder einer asphärischen Form gebildet sein.

**[0024]** Mit solch einer Konfiguration ist es weiter wahrscheinlich, dass die Schallwelle, die durch die Schwingung des lichtdurchlässigen Bauglieds erzeugt wird, dispergiert wird, und es ist möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds weiter zu unterdrücken.

**[0025]** Eine zweite Ausnehmung, die in der Dickenrichtung des lichtdurchlässigen Bauglieds ausgenommen ist und eine Krümmung aufweist, kann an der Oberfläche des lichtdurchlässigen Bauglieds gebildet sein, die der Innenschichtlinse zugewandt ist.

**[0026]** Mit solch einer Konfiguration ist es wahrscheinlich, dass die Schallwelle in der zweiten Ausnehmung dispergiert wird, und es ist möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds zu unterdrücken.

**[0027]** Die zweite Ausnehmung des lichtdurchlässigen Bauglieds kann eine Form aufweisen, die in einer Halbkreisform ausgenommen ist.

**[0028]** Mit solch einer Konfiguration ist es weiter wahrscheinlich, dass die Schallwelle in der zweiten Ausnehmung dispergiert wird, und es ist möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds weiter zu unterdrücken.

**[0029]** Von der Dickenrichtung des lichtdurchlässigen Bauglieds aus gesehen kann ein Außendurchmesser der Innenschichtlinse größer sein als ein Außendurchmesser der zweiten Ausnehmung des lichtdurchlässigen Bauglieds.

**[0030]** Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds zu unterdrücken, während die optischen Charakteristika verbessert werden.

**[0031]** Die Krümmung der ersten Ausnehmung der Innenschichtlinse kann größer sein als die Krümmung der zweiten Ausnehmung des lichtdurchlässigen Bauglieds.

**[0032]** Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds zu unterdrücken, während ein optischer Weg durch die Innenschichtlinse von dem lichtdurchlässigen Bauglied gesichert wird.

**[0033]** Die maximale Abmessung des Zwischenraums kann 0,5 mm oder mehr betragen.

**[0034]** Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds weiter zu unterdrücken.

**[0035]** Die maximale Abmessung des Zwischenraums kann in einem Bereich von  $[(n \times \lambda/2) + 0,1 \text{ mm}]$  oder mehr und  $\{(n + 1) \times \lambda/2\} - 0,1 \text{ mm}]$  oder weniger eingestellt sein,  $n$  kann eine Ganzzahl von 0 oder mehr anzeigen und  $\lambda$  kann eine Wellenlänge der Schallwelle anzeigen, die durch die Schwingung erzeugt wird.

**[0036]** Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds weiter zu unterdrücken.

**[0037]** Die maximale Abmessung des Zwischenraums kann eine Abmessung zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied und der ersten Ausnehmung auf einer geraden Linie sein, die von einer Dickenrichtung des lichtdurchlässigen Bauglieds aus gesehen durch eine Mitte des lichtdurchlässigen Bauglieds und eine Mitte der ersten Ausnehmung verläuft.

**[0038]** Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Schwingungsdämpfung in der Mitte des lichtdurchlässigen Bauglieds zu unterdrücken.

**[0039]** Die Innenschichtlinse kann eine flache Oberfläche senkrecht zu der Dickenrichtung der Innenschichtlinse an der Oberfläche umfassen, die dem lichtdurchlässigen Bauglied zugewandt ist, die optische Innenschichtkomponente kann einen Linsenhalteabschnitt umfassen, der eine Röhrenform aufweist und die Innenschichtlinse aufnimmt, und der Linsenhalteabschnitt kann einen Pressabschnitt umfassen, der an einem Innenseitenabschnitt des Linsenhalteabschnitts mit der flachen Oberfläche in Kontakt ist.

**[0040]** Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die optischen Charakteristika der Innenschichtlinse zu halten, während die optischen Charakteristika beibehalten werden.

**[0041]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst eine optische Vorrichtung das optische Modul gemäß dem obigen Aspekt und ein optisches Element, das an dem optischen Modul angeordnet ist.

**[0042]** Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Schwingungsdämpfung weiter zu unterdrücken.

**[0043]** Hierin nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung mit Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben. Die folgende Beschreibung ist lediglich ein Beispiel und soll die vorliegende Offenbarung, eine Aufgabe, auf die sich die vorliegende Offenbarung bezieht, oder

eine Anwendung der vorliegenden Offenbarung nicht beschränken. Ferner ist die Zeichnung schematisch und die Proportionen der jeweiligen Abmessungen dergleichen stimmen nicht notwendigerweise mit den tatsächlichen Proportionen überein.

#### Ausführungsbeispiel 1

#### Optische Vorrichtung

**[0044]** Fig. 1 ist eine schematische perspektivische Ansicht, die ein Beispiel einer optischen Vorrichtung 100 in Ausführungsbeispiel 1 gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt. Fig. 2 ist eine schematische Querschnittsansicht, die ein Beispiel einer Konfiguration der optischen Vorrichtung 100 in Ausführungsbeispiel 1 gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt. Die X-, Y- und Z-Richtungen in den Zeichnungen zeigen eine Längsrichtung, eine Querrichtung und eine Höhenrichtung der optischen Vorrichtung 100 an.

**[0045]** Wie es in Fig. 1 und 2 gezeigt ist, umfasst die optische Vorrichtung 100 ein optisches Modul 1 und ein optisches Element 2. Das optische Element 2 ist an dem optischen Modul 1 angeordnet. Genauer gesagt, das optische Element 2 ist in dem optischen Modul 1 angeordnet.

**[0046]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird ein Beispiel beschrieben, bei dem die optische Vorrichtung 100 eine Bilderzeugungsvorrichtung ist. Die optische Vorrichtung 100 ist beispielsweise an einer Vorderseite oder Rückseite eines Fahrzeugs angebracht und bildet ein Bilderzeugungsziel ab. Die Position, wo die optische Vorrichtung 100 angebracht ist, ist nicht auf das Fahrzeug begrenzt und die optische Vorrichtung 100 kann an einer anderen Vorrichtung, wie zum Beispiel einem Schiff oder einem Flugzeug, angebracht sein.

**[0047]** Das optische Element 2 ist ein Bilderzeugungselement und ist beispielsweise ein CMOS, ein CCD, ein Bolometer oder eine Thermosäule, das/die Licht mit einer Wellenlänge im sichtbaren Bereich oder im Ferninfrarotbereich empfängt.

**[0048]** In einem Fall, wo die optische Vorrichtung 100 an einem Fahrzeug oder dergleichen angebracht ist und im Freien verwendet wird, kann es sein, dass Fremdstoffe, wie z. B. Regentropfen, Schlamm und Staub, an einem lichtdurchlässigen Bauglied 10 des optischen Moduls 1 anhaften, das in einer Sichtfeldrichtung des optischen Elements 2 angeordnet ist und das Äußere bedeckt. Das optische Modul 1 kann eine Schwingung erzeugen, um Fremdstoffe, wie z. B. Regentropfen, die an einem lichtdurchlässigen Bauglied 10 haften, zu entfernen.

## Optisches Modul

**[0049]** Wie es in **Fig. 1** und **2** gezeigt ist, umfasst das optische Modul 1 ein lichtdurchlässiges Bauglied 10, ein Schwingungsbauglied 20, ein piezoelektrisches Element 30, einen Fixierabschnitt 40 und eine optische Innenschichtkomponente 50. Der Fixierabschnitt 40 ist keine wesentliche Konfiguration bei dem optischen Modul 1.

## Lichtdurchlässiges Bauglied

**[0050]** Das lichtdurchlässige Bauglied 10 hat eine Lichtdurchlässigkeit, bei der Energiestrahlen oder Licht mit einer Wellenlänge, die durch das optische Element 2 zu erfassen sind, durch das lichtdurchlässige Bauglied 10 durchgelassen werden. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das lichtdurchlässige Bauglied 10 eine Abdeckung zum Schützen des optischen Elements 2 und der optischen Innenschichtkomponente 50 davor, dass Fremdstoffe anhaften. In der optischen Vorrichtung 100 erfasst das optische Element 2 den Energiestrahler oder das Licht durch das lichtdurchlässige Bauglied 10.

**[0051]** Als ein Material zum Bilden des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 können beispielsweise lichtdurchlässiger Kunststoff, Glas, wie z. B. Quarz und Borosilikat, lichtdurchlässige Keramik, Synthetikharz oder dergleichen verwendet werden. Die Stärke des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 kann erhöht werden, beispielsweise durch Bilden des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 mit Hartglas. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das lichtdurchlässige Bauglied 10 aus BK-7 (Borosilikatglas) gebildet.

**[0052]** Das lichtdurchlässige Bauglied 10 hat beispielsweise eine Kuppelform. Das lichtdurchlässige Bauglied 10 ist von einer Höhenrichtung (Z-Richtung) des optischen Moduls 1 gesehen in einer Kreisform gebildet. Die Form des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 ist nicht darauf beschränkt.

**[0053]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel umfasst das lichtdurchlässige Bauglied 10 eine erste Hauptoberfläche PS1 und eine zweite Hauptoberfläche PS2 auf einer gegenüberliegenden Seite der ersten Hauptoberfläche PS1. Die erste Hauptoberfläche PS1 ist eine Hauptoberfläche, die sich an dem Außenseitenabschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 befindet. Die erste Hauptoberfläche PS1 ist durch eine fortlaufend gekrümmte Oberfläche gebildet. Genauer gesagt, die erste Hauptoberfläche PS1 ist rund gekrümmt. Die zweite Hauptoberfläche PS2 ist eine Hauptoberfläche, die sich an dem Innenseitenabschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 befindet. Eine Ausnehmung 11 ist an einer flachen Oberfläche der zweiten Hauptoberfläche PS2 vorgesehen. Bei der vorliegenden Beschrei-

bung kann die Ausnehmung 11 als eine zweite Ausnehmung bezeichnet werden.

**[0054]** Genauer gesagt, die zweite Hauptoberfläche PS2 ist eine Oberfläche, die der optischen Innenschichtkomponente 50 in dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zugewandt ist. Die Ausnehmung 11, die in der Dickenrichtung (Z-Richtung) des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 ausgenommen ist und eine Krümmung aufweist, ist an der zweiten Hauptoberfläche PS2 gebildet. Beispielsweise ist die Ausnehmung 11 von der Dickenrichtung (Z-Richtung) des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aus gesehen in der Mitte des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 vorgesehen und hat eine Kreisform. Beispielsweise hat die Ausnehmung 11 eine Form, die in einer Halbkreisform ausgenommen ist.

**[0055]** Ein Außenumfangsendabschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 ist mit dem Schwingungsbauglied 20 verbunden. Genauer gesagt, die zweite Hauptoberfläche PS2 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 und ein Schwingungsflansch 21 des Schwingungsbauglieds 20 sind von der Dickenrichtung (Z-Richtung) des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aus gesehen, entlang einem Außenumfang des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 miteinander verbunden. Das lichtdurchlässige Bauglied 10 und das Schwingungsbauglied 20 können miteinander verbunden sein, beispielsweise unter Verwendung eines Haftmittels oder eines Hartlötmaterials. Alternativ kann Wärmedruckbonds, anodisches Bonden oder dergleichen verwendet werden.

## Schwingungsbauglied

**[0056]** Das Schwingungsbauglied 20 ist in einer Röhrenform gebildet und trägt das lichtdurchlässige Bauglied 10. Das Schwingungsbauglied 20 schwingt das lichtdurchlässige Bauglied 10, indem dasselbe durch das piezoelektrische Element 30 in Schwingung versetzt wird.

**[0057]** Das Schwingungsbauglied 20 umfasst den Schwingungsflansch 21, ein erstes röhrenförmiges Bauglied 22, einen Federabschnitt 23, ein zweites röhrenförmiges Bauglied 24, eine Schwingungsplatte 25 und einen Verbindungsabschnitt 26. Der Verbindungsabschnitt 26 ist keine wesentliche Konfiguration bei dem Schwingungsbauglied 20.

**[0058]** Der Schwingungsflansch 21 ist in der Höhenrichtung (Z-Richtung) des optischen Moduls 1 gesehen durch ein ringförmiges Plattenbauglied gebildet. Der Schwingungsflansch 21 ist entlang dem Außenumfang des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 angeordnet und ist mit dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 verbunden. Der Schwingungsflansch 21 trägt stabil das lichtdurchlässige Bauglied 10, indem dasselbe

mit dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 in Oberflächenkontakt ist.

**[0059]** Das erste röhrenförmige Bauglied 22 ist in einer Röhrenform gebildet, die ein Ende und ein anderes Ende aufweist. Das erste röhrenförmige Bauglied 22 ist durch ein hohles Bauglied gebildet, in dem ein Durchgangsloch vorgesehen ist. Das Durchgangsloch ist in der Höhenrichtung (Z-Richtung) des optischen Moduls 1 vorgesehen und Öffnungen des Durchgangslochs sind an dem einen Ende und dem anderen Ende des röhrenförmigen Bauglieds 22 vorgesehen. Das erste röhrenförmige Bauglied 22 hat beispielsweise eine zylindrische Form. Die äußere Form des ersten röhrenförmigen Bauglieds 22 und die Öffnung des Durchgangslochs sind von der Höhenrichtung des optischen Moduls 1 aus gesehen in einer Kreisform gebildet.

**[0060]** Der Schwingungsflansch 21 ist an dem einen Ende des ersten röhrenförmigen Bauglieds 22 vorgesehen und der Federabschnitt 23 ist an dem anderen Ende des ersten röhrenförmigen Bauglieds 22 vorgesehen. Das erste röhrenförmige Bauglied 22 wird durch den Federabschnitt 23 getragen, während dasselbe den Schwingungsflansch 21 trägt.

**[0061]** Der Federabschnitt 23 ist eine Blattfeder, die das andere Ende des ersten röhrenförmigen Bauglieds 22 trägt. Der Federabschnitt 23 ist dazu konfiguriert, elastisch verformt zu werden. Der Federabschnitt 23 trägt das andere Ende des ersten röhrenförmigen Bauglieds 22 mit einer zylindrischen Form und erstreckt sich zu dem Außenseitenabschnitt des ersten röhrenförmigen Bauglieds 22 von einer Position, an der der Federabschnitt 23 das andere Ende des ersten röhrenförmigen Bauglieds 22 trägt.

**[0062]** Der Federabschnitt 23 ist in einer Plattenform gebildet. Der Federabschnitt 23 hat eine hohle Kreisform, in der ein Durchgangsloch vorgesehen ist, und erstreckt sich, um den Umfang des ersten röhrenförmigen Bauglieds 22 in einer Kreisform zu umgeben. Anders ausgedrückt, der Federabschnitt 23 hat eine ringförmige Plattenform. Die ringförmige Plattenform bedeutet eine Form, in der ein plattenartiges Bauglied in einer Ringform gebildet ist. Die Außenform des Federabschnitts 23 und eine Öffnung des Durchgangslochs sind von der Höhenrichtung (Z-Richtung) des optischen Moduls 1 aus gesehen in einer Kreisform gebildet.

**[0063]** Der Federabschnitt 23 verbindet das erste röhrenförmige Bauglied 22 und das zweite röhrenförmige Bauglied 24. Genauer gesagt, der Federabschnitt 23 ist an einer Innenumfangsseite des Federabschnitts 23 mit dem ersten röhrenförmigen Bauglied 22 verbunden und ist an einer Außenum-

fangsseite des Federabschnitts 23 mit dem zweiten röhrenförmigen Bauglied 24 verbunden.

**[0064]** Das zweite röhrenförmige Bauglied 24 ist in einer Röhrenform gebildet, die ein Ende und das andere Ende aufweist. Das zweite röhrenförmige Bauglied 24 befindet sich von der Höhenrichtung (Z-Richtung) des optischen Moduls 1 aus gesehen an dem Außenseitenabschnitt des ersten röhrenförmigen Bauglieds 22 und trägt den Federabschnitt 23. Der Federabschnitt 23 ist mit dem einen Ende des zweiten röhrenförmigen Bauglieds 24 verbunden. Die Schwingungsplatte 25 ist mit dem anderen Ende des zweiten röhrenförmigen Bauglieds 24 verbunden.

**[0065]** Das zweite röhrenförmige Bauglied 24 ist durch ein hohles Bauglied gebildet, in dem ein Durchgangsloch vorgesehen ist. Das Durchgangsloch ist in der Höhenrichtung (Z-Richtung) des optischen Moduls 1 vorgesehen und Öffnungen des Durchgangslochs sind an dem einen Ende und dem anderen Ende des zweiten röhrenförmigen Bauglieds 24 vorgesehen. Das zweite röhrenförmige Bauglied 24 hat beispielsweise eine zylindrische Form. Die äußere Form des zweiten röhrenförmigen Bauglieds 24 und die Öffnung des Durchgangslochs sind von der Höhenrichtung des optischen Moduls 1 aus gesehen in einer Kreisform gebildet.

**[0066]** Die Schwingungsplatte 25 ist ein plattenartiges Bauglied, das sich von dem anderen Ende des zweiten röhrenförmigen Bauglieds 24 zu dem Innenseitenabschnitt erstreckt. Die Schwingungsplatte 25 trägt das andere Ende des zweiten röhrenförmigen Bauglieds 24 und erstreckt sich zu dem Innenseitenabschnitt des zweiten röhrenförmigen Bauglieds 24 von einer Position, an der die Schwingungsplatte 25 das andere Ende des zweiten röhrenförmigen Bauglieds 24 trägt.

**[0067]** Die Schwingungsplatte 25 hat eine hohle Kreisform, in der ein Durchgangsloch vorgesehen ist, und ist entlang einem Innenumfang des zweiten röhrenförmigen Bauglieds 24 vorgesehen. Die Schwingungsplatte 25 hat eine ringförmige Plattenform.

**[0068]** Der Verbindungsabschnitt 26 verbindet die Schwingungsplatte 25 und den Fixierabschnitt 40 miteinander. Der Verbindungsabschnitt 26 erstreckt sich von dem Außenumfangsendabschnitt der Schwingungsplatte 25 zu dem Außenseitenabschnitt und ist zu dem Fixierabschnitt 40 hin gebogen. Der Verbindungsabschnitt 26 wird durch den Fixierabschnitt 40 getragen. Der Verbindungsabschnitt 26 ist so konfiguriert, dass derselbe einen Schwingungsknoten aufweist, und somit ist es weniger wahrscheinlich, dass die Schwingung von der Schwingungsplatte 25 übertragen wird.

**[0069]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind das erste röhrenförmige Bauglied 22, der Federabschnitt 23, das zweite röhrenförmige Bauglied 24, die Schwingungsplatte 25 und der Verbindungsabschnitt 26 einstückig gebildet. Das erste röhrenförmige Bauglied 22, der Federabschnitt 23, das zweite röhrenförmige Bauglied 24, die Schwingungsplatte 25 und der Verbindungsabschnitt 26 können getrennt gebildet sein oder können durch getrennte Bauglieder gebildet sein.

**[0070]** Die Elemente, die das oben beschriebene Schwingungsbauglied 20 bilden, sind beispielsweise aus Metall oder Keramik gebildet. Als das Metall kann beispielsweise rostfreier Stahl, Legierung 42, Legierung 50, Invar, Super-Invar, Kobalt, Aluminium, Duralumin oder dergleichen verwendet werden. Alternativ können die Elemente, die das Schwingungsbauglied 20 bilden, aus Keramik gebildet sein, wie z. B. Aluminiumoxid und Zirkoniumoxid, oder können aus einem Halbleiter, wie z. B. Si, gebildet sein. Ferner können die Elemente, die das Schwingungsbauglied 20 bilden, mit einem isolierenden Material bedeckt sein. Die Elemente, die das Schwingungsbauglied 20 bilden, können einer Schwarzkörperbehandlung unterzogen werden.

**[0071]** Die Formen und Anordnungen der Elemente, die das Schwingungsbauglied bilden, sind nicht auf die oben beschriebenen Beispiele beschränkt.

#### Piezoelektrisches Element

**[0072]** Das piezoelektrische Element 30 ist an dem Schwingungsbauglied 20 angeordnet und versetzt das Schwingungselement 20 in Schwingung. Das piezoelektrische Element 30 ist an der Hauptoberfläche der Schwingungsplatte 25 vorgesehen. Genauer gesagt, das piezoelektrische Element 30 ist an einer Hauptoberfläche der Schwingungsplatte 25 an einer gegenüberliegenden Seite einer Seite vorgesehen, wo sich das lichtdurchlässige Bauglied 10 befindet. Das piezoelektrische Element 30 versetzt das zweite röhrenförmige Bauglied 24 in einer Durchdringungsrichtung (Z-Richtung) in Schwingung durch Schwingen der Schwingungsplatte 25. Beispielsweise schwingt das piezoelektrische Element 30, wenn eine Spannung angelegt ist.

**[0073]** Das piezoelektrische Element 30 hat eine hohle Kreisform, in der ein Durchgangsloch vorgesehen ist. Anders ausgedrückt, das piezoelektrische Element 30 hat eine ringförmige Plattenform. Die äußere Form des piezoelektrischen Elements 30 und eine Öffnung des Durchgangslochs sind von der Höhenrichtung (Z-Richtung) des optischen Moduls 1 aus gesehen in einer Kreisform gebildet.

**[0074]** Die äußere Form des piezoelektrischen Elements 30 und die Öffnung des Durchgangslochs sind nicht darauf beschränkt.

**[0075]** Das piezoelektrische Element 30 umfasst einen piezoelektrischen Körper und eine Elektrode. Als ein Material zum Bilden des piezoelektrischen Körpers können beispielsweise geeignete piezoelektrische Keramiken verwendet werden, wie z. B. Bariumtitanat ( $\text{BaTiO}_3$ ), Blei-Zirkonat-Titanat ( $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ ), Bleimetaniobat ( $\text{PbNb}_2\text{O}_6$ ), Bismuttitanat ( $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{13}$ ) und (K, Na)  $\text{NbO}_3$ ; oder geeignete piezoelektrische Einkristalle, wie z. B.  $\text{LiTaO}_2$  und  $\text{LiNbO}_3$ . Die Elektrode kann beispielsweise eine Ni-Elektrode sein. Die Elektrode kann eine Elektrode sein, die mit einem Metaldünnsfilm aus Ag, Au oder dergleichen gebildet ist, der durch ein Sputterverfahren gebildet ist. Alternativ kann die Elektrode durch Plattieren oder Dampfaufbringung zusätzlich zu dem Sputtern gebildet sein.

**[0076]** Der Fixierabschnitt 40 fixiert das Schwingungsbauglied 20. Der Fixierabschnitt 40 fixiert auch die optische Innenschichtkomponente 50. Der Fixierabschnitt 40 ist in einer Röhrenform gebildet. Der Fixierabschnitt 40 hat beispielsweise eine zylindrische Form. Die Form des Fixierabschnitts 40 ist nicht auf die zylindrische Form beschränkt. Der Fixierabschnitt 40 kann einstückig mit dem Schwingungsbauglied 20 gebildet sein.

#### Optische Innenschichtkomponente

**[0077]** Wie es in **Fig. 2** gezeigt ist, ist die optische Innenschichtkomponente 50 eine optische Komponente, die in dem Schwingungsbauglied 20 angeordnet ist. Die optische Innenschichtkomponente 50 ist beispielsweise ein Linsenmodul.

**[0078]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel umfasst die optische Innenschichtkomponente 50 eine Innenschichtlinse 51, einen Linsenhalteabschnitt 52 und einen Innenschichtflansch 53.

**[0079]** Die Innenschichtlinse 51 ist durch eine Mehrzahl von Linsen konfiguriert. Die Innenschichtlinse 51 ist auf einem optischen Weg des optischen Elements 2 einem Innenseitenabschnitt des Schwingungsbauglieds 20 angeordnet und ist dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zugewandt. Eine Ausnehmung 51a ist an der Oberfläche der Innenschichtlinse 51 gebildet, die dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zugewandt ist. Genauer gesagt, die Ausnehmung 51 a ist an der Oberfläche einer Linse gebildet, die an einer Position angeordnet ist, die dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zugewandt ist, von der Mehrzahl von Linsen, die die Innenschichtlinse 51 bilden. In der vorliegenden Beschreibung kann die Ausnehmung 51 a als eine erste Ausnehmung 51a bezeichnet werden.

**[0080]** Die erste Ausnehmung 51 a ist an der Oberfläche der Innenschichtlinse 51 gebildet, die dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zugewandt ist, das in der Dickenrichtung (Z-Richtung) der Innenschichtlinse 51 ausgenommen ist und eine Krümmung aufweist. Die erste Ausnehmung 51a ist in der Richtung entfernt von dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 ausgenommen.

**[0081]** Die Tiefe der ersten Ausnehmung 51a ist von der Dickenrichtung der Innenschichtlinse 51 aus gesehen von der Mitte der Innenschichtlinse 51 zu dem Außenseitenabschnitt hin reduziert. Die erste Ausnehmung 51a hat von der Dickenrichtung (Z-Richtung) der Innenschichtlinse 51 aus gesehen eine Kreisform. Beispielsweise ist die erste Ausnehmung 51 a in einer sphärischen Form oder einer asphärischen Form gebildet.

**[0082]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die erste Ausnehmung 51a in einer sphärischen Form gebildet. Genauer gesagt, die erste Ausnehmung 51a ist an der Oberfläche der Innenschichtlinse 51 gebildet, die dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zugewandt ist, das in der Dickenrichtung der Innenschichtlinse 51 in einer Halbkreisform auszunehmen ist.

**[0083]** Die erste Ausnehmung 51a ist von der Dickenrichtung (Z-Richtung) von der Innenschichtlinse 51 aus gesehen in dem mittleren Abschnitt der Innenschichtlinse 51 gebildet. Von der Dickenrichtung der Innenschichtlinse 51 aus gesehen ist die flache Oberfläche FS1 an einem Außenumfang der ersten Ausnehmung 51a gebildet. Die flache Oberfläche FS1 erstreckt sich in einer Richtung senkrecht zu der Dickenrichtung (Z-Richtung) der Innenschichtlinse 51.

**[0084]** Die Innenschichtlinse 51 ist beispielsweise durch eine sphärische Linse konfiguriert. Die Innenschichtlinse ist nicht auf die sphärische Linse begrenzt und kann durch eine asphärische Linse konfiguriert sein.

**[0085]** Der Linsenhalteabschnitt 52 hält die Innenschichtlinse 51. Der Linsenhalteabschnitt 52 ist an einer Röhrenform gebildet, der ein Ende und das andere Ende aufweist. Genauer gesagt, der Linsenhalteabschnitt 52 hat eine zylindrische Form und hält einen Außenumfang der Innenschichtlinse 51.

**[0086]** Der Linsenhalteabschnitt 52 umfasst einen Pressabschnitt 52a, der an einem Innenseitenabschnitt des Linsenhalteabschnitts 52 mit der flachen Oberfläche FS1 des zweiten Abschnitts 51b in Kontakt ist. Der Pressabschnitt 52a ist ein Bauglied, das zu dem Innenseitenabschnitt des Linsenhalteabschnitts 52 an einem Ende des Linsenhalteabschnitts 52 vorsteht. Der Pressabschnitt 52a ist von

einer Höhenrichtung (Z-Richtung) der optischen Innenschichtkomponente 50 aus gesehen in einer Ringform gebildet. Der Pressabschnitt 52a ist in Kontakt mit der flachen Oberfläche FS1 des zweiten Abschnitts 51b und presst die flache Oberfläche FS1 in der Dickenrichtung (Z-Richtung) der Innenschichtlinse 51.

**[0087]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist ein Kontaktabschnitt 52b, der mit der Innenschichtlinse 51 in Kontakt ist, an dem anderen Ende des Linsenhalteabschnitts 52 vorgesehen. Der Kontaktabschnitt 52b steht auf der anderen Endseite des Linsenhalteabschnitts 52 zu dem Innenseitenabschnitt des Linsenhalteabschnitts 52 vor. Beispielsweise ist der Kontaktabschnitt 52b von der Höhenrichtung (Z-Richtung) der optischen Innenschichtkomponente 50 aus gesehen in einer Ringform gebildet. Die Innenschichtlinse 51 ist in dem Linsenhalteabschnitt 52 untergebracht und wird durch den Pressabschnitt 52a gegen den Kontaktabschnitt 52b gepresst. Als Folge wird die Innenschichtlinse 51 in dem Linsenhalteabschnitt 52 gehalten. Der Kontaktabschnitt 52b kann an dem Linsenhalteabschnitt 52 angebracht und von demselben gelöst werden. Beispielsweise kann der Kontaktabschnitt 52b eine Ringform haben und kann durch eine Schraubenstruktur an dem Linsenhalteabschnitt 52 angebracht sein.

**[0088]** Der Innenschichtflansch 53 erstreckt sich zu einem Außenseitenabschnitt von einer Außenwand des Linsenhalteabschnitts 52. Genauer gesagt, der Innenschichtflansch 53 ist mit dem anderen Ende des Linsenhalteabschnitts 52 verbunden und erstreckt sich zu dem Fixierabschnitt 40. Der Innenschichtflansch 53 ist von der Höhenrichtung (Z-Richtung) des optischen Moduls 1 aus gesehen in einer ringförmigen Plattenform gebildet. Ein Außenumfang des Innenschichtflanschs 53 ist mit dem Fixierabschnitt 40 verbunden. Der Innenschichtflansch 53 ist an dem Innenseitenabschnitt des Schwingungsbauglieds 20 fixiert, in dem derselbe durch den Fixierabschnitt 40 getragen wird.

**[0089]** Fig. 3 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer funktionalen Konfiguration der optischen Vorrichtung 100 bei dem Ausführungsbeispiel 1 gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt. Wie es in Fig. 3 gezeigt ist, wird das piezoelektrische Element 30 durch eine Steuereinheit 3 gesteuert. Die Steuereinheit 3 legt ein Antriebssignal an zum Erzeugen der Schwingung an dem piezoelektrischen Element 30. Die Steuereinheit 30 ist beispielsweise mit einem Leistungsversorgungsleiter mit dem piezoelektrischen Element 30 verbunden, der dazwischen angeordnet ist. Das piezoelektrische Element 30 schwingt in der Höhenrichtung (Z-Richtung) des optischen Moduls 1 basierend auf dem Antriebssignal von der Steuereinheit 3. Das piezoelektrische Element 30 wird in

Schwingung versetzt, um das Schwingungsbauglied 20 zu schwingen, und die Schwingung des Schwingungsbauglieds 20 wird zu dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 übertragen, um das lichtdurchlässige Bauglied 10 zu schwingen. Als Folge werden Fremdstoffe, wie z. B. Regentropfen, die an einem lichtdurchlässigen Bauglied 10 haften, entfernt.

**[0090]** Die Steuereinheit 3 kann beispielsweise durch ein Halbleiterelement oder dergleichen realisiert werden. Beispielsweise kann die Steuereinheit 3 konfiguriert sein durch einen Mikrocomputer, eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU), eine Mikroverarbeitungseinheit (MPU), eine Graphikverarbeitungseinheit (GPU), einen Digitalsignalprozessor (DSP), ein feldprogrammierbares Gatterarray (FPGA) oder eine anwendungsspezifisch integrierte Schaltung (ASIC). Die Funktion der Steuereinheit 3 kann nur durch Hardware oder durch eine Kombination aus Hardware und Software realisiert werden.

**[0091]** Beispielsweise realisiert die Steuereinheit 3 eine vorbestimmte Funktion durch Lesen von Daten oder eines Programms, das in einer Speichereinheit gespeichert ist, und Durchführen von verschiedenen Arten arithmetischer Verarbeitung.

**[0092]** Die Steuereinheit 3 kann in der optischen Vorrichtung 100 vorgesehen sein oder kann in einer Steuervorrichtung vorgesehen sein, die sich von der optischen Vorrichtung 100 unterscheidet. In einem Fall, wo die optische Vorrichtung 100 die Steuereinheit 3 nicht umfasst, kann die optische Vorrichtung 100 beispielsweise durch eine Steuervorrichtung gesteuert werden, die die Steuereinheit 3 umfasst. Alternativ kann das optische Modul 1 die Steuereinheit 3 umfassen.

#### Zwischenraum

**[0093]** Als Nächstes wird ein Zwischenraum beschrieben, der zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 und der Innenschichtlinse 51 in dem optischen Modul 1 gebildet ist.

**[0094]** Mit erneuter Bezugnahme auf **Fig. 2** ist ein Zwischenraum G0 zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 und der Innenschichtlinse 51 gebildet.

**[0095]** **Fig. 4** ist eine schematische Ansicht zum Beschreiben des Zwischenraums G0 zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 und der Innenschichtlinse 51. **Fig. 4(a)** zeigt eine schematische Ansicht des lichtdurchlässigen Bauglieds 10, von der Seite der ersten Hauptoberfläche PS1 aus gesehen. **Fig. 4(b)** zeigt eine schematische Querschnittsansicht der Umgebung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10. In **Fig. 4** bezeichnet das Bezugszeichen D11 einen Außendurchmesser des lichtdurchlässigen Bauglieds 10, das Bezugszeichen D12 bezeich-

net einen Außendurchmesser der zweiten Ausnehmung 11 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10, das Bezugszeichen D21 bezeichnet einen Außendurchmesser der ersten Ausnehmung 51a der Innenschichtlinse 51 und das Bezugszeichen D22 bezeichnet einen Außendurchmesser der Innenschichtlinse 51. Das Bezugszeichen A1 bezeichnet eine Schwingungsrichtung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10. Der Außendurchmesser D12 der zweiten Ausnehmung 11 bedeutet einen Durchmesser, der die zweite Ausnehmung 11 an der zweiten Hauptoberfläche PS2 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 definiert. Der Außendurchmesser D22 der ersten Ausnehmung 51a bedeutet auch einen Durchmesser eines äußeren Rands, der die erste Ausnehmung 51a an der Oberfläche der Innenschichtlinse 51 definiert, die dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zugewandt ist. Die Bezugszeichen D11, D12, D21 und D22 sind Abmessungen von der Höhenrichtung (Z-Richtung) des optischen Moduls 1 aus gesehen.

**[0096]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel, von der Höhenrichtung (Z1-Richtung) des optischen Moduls 1 aus gesehen, ist der Außendurchmesser D12 der Ausnehmung 11 größer als der Außendurchmesser D11 des ersten Abschnitts 51a der Innenschichtlinse 51. Der Außendurchmesser D22 der Innenschichtlinse 51 ist größer als der Außendurchmesser D12 der Ausnehmung 11. Als Folge ist es möglich, die optischen Charakteristika zu verbessern. Indem der Außendurchmesser D22 der Innenschichtlinse 51 größer gemacht wird als der Außendurchmesser D12 der Ausnehmung 11, fällt Licht, das von dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 einfällt, ohne weiteres durch die Innenschichtlinse 51 auf das optische Element 2 ein. Als Folge ist es möglich, die optischen Charakteristika zu verbessern.

**[0097]** Außerdem ist die Krümmung der ersten Ausnehmung 51a der Innenschichtlinse 51 größer als die Krümmung der zweiten Ausnehmung 11 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10. Als Folge ist es leicht, einen optischen Weg zu sichern, der durch die Innenschichtlinse 51 von dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 verläuft.

**[0098]** Wie es in **Fig. 4** gezeigt ist, ist der Zwischenraum G0 zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 und der Innenschichtlinse 51 gebildet. Genauer gesagt, der Zwischenraum G0 ist zwischen der zweiten Hauptoberfläche PS2 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 und der Oberfläche der Innenschichtlinse 51 gebildet, die der zweiten Hauptoberfläche PS2 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zugewandt ist.

**[0099]** Die erste Ausnehmung 51a ist an einer Position gebildet, die von der Dickenrichtung (Z-Richtung) des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aus gesehen mit dem mittleren Abschnitt des

lichtdurchlässigen Bauglieds 10 überlappt. Der mittlere Abschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 meint einen mittleren Abschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 von der Seite der ersten Hauptoberfläche PS1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aus gesehen. Beispielsweise ist der mittlere Abschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 eine kreisförmige Region, die auf eine Mitte C1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zentriert ist, von der Seite der ersten Hauptoberfläche PS1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aus gesehen. Beispielsweise ist der Durchmesser des mittleren Abschnitts des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 2/3-mal oder weniger der Außendurchmesser D1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 von der Seite der ersten Hauptoberfläche PS1 aus gesehen. Vorzugsweise kann der Durchmesser des mittleren Abschnitts 1/2-mal oder weniger der Außendurchmesser D1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 sein. Der Durchmesser des mittleren Abschnitts kann 1/3-mal oder mehr der Außendurchmesser D1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 sein.

**[0100]** Die Mitte C2 der ersten Ausnehmung (51a) fällt von der Dickenrichtung (Z-Richtung) des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aus gesehen im Wesentlichen zusammen mit der Mitte C1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10. Bei der vorliegenden Beschreibung kann „fällt im Wesentlichen zusammen“ einen Fehler von  $\pm 5\%$  oder weniger umfassen. Anders ausgedrückt, eine Mittellinie des lichtdurchlässigen Bauglieds 10, die sich entlang der Höhenrichtung (Z-Richtung) des optischen Moduls 1 erstreckt, verläuft durch die Mitte C1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 und die Mitte C2 der Innenschichtlinse 51.

**[0101]** Von der Dickenrichtung (Z-Richtung) der Innenschichtlinse 51 aus gesehen ist die Tiefe der ersten Ausnehmung 51a von der Mitte C2 der Innenschichtlinse 51 zu dem Außenseitenabschnitt reduziert. Von der Dickenrichtung (Z-Richtung) des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aus gesehen ist die Tiefe der zweiten Ausnehmung 11 zu dem Außenseitenabschnitt von der Mitte C1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 reduziert. Die Tiefe der ersten Ausnehmung 51a meint eine Abmessung der Innenschichtlinse 51 in der Dickenrichtung (Z-Richtung) und die Tiefe der zweiten Ausnehmung 11 meint eine Abmessung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 in der Dickenrichtung (Z-Richtung).

**[0102]** Der Zwischenraum G0 ist von der Mitte C1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 und der Mitte C2 der Innenschichtlinse 51 zu dem Außenseitenabschnitt reduziert. Genauer gesagt, die Abmessung des Zwischenraums G0 in der Höhenrichtung (Z-Richtung) des optischen Moduls 1 ist von der Mitte C1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 und der

Mitte C2 der Innenschichtlinse 51 zu dem Außenseitenabschnitt reduziert.

**[0103]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel, von der Dickenrichtung (Z-Richtung) des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aus gesehen, fällt die Mitte C2 der ersten Ausnehmung 51a im Wesentlichen zusammen mit der Mitte C1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10. Daher ist in dem Zwischenraum G0 eine Abmessung zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 und der ersten Ausnehmung 51a auf einer geraden Linie, die durch die Mitte C1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 und die Mitte C2 der ersten Ausnehmung 51a läuft, von der Dickenrichtung (Z-Richtung) des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aus gesehen die größte. Bei der vorliegenden Beschreibung wird die Abmessung, in der der Zwischenraum G0 in der Höhenrichtung (Z-Richtung) des optischen Moduls 1 der größte ist, als „maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0“ bezeichnet. Die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0 beträgt vorzugsweise 0,5 mm oder mehr.

**[0104]** Wie oben beschrieben, durch Bilden der ersten Ausnehmung 51a an der Oberfläche der Innenschichtlinse 51, die dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zugewandt ist, ist es möglich, den Schalldruck zu dispergieren, der in dem Zwischenraum G0 erzeugt wird. Genauer gesagt, die Schallwelle, die in dem Zwischenraum G0 durch die Schwingung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 erzeugt wird, wird durch die erste Ausnehmung 51a reflektiert. Da die erste Ausnehmung 51a eine Krümmung aufweist, das heißt eine gekrümmte Form, wird die Schallwelle in verschiedenen Richtungen reflektiert, wenn die Schallwelle auf die erste Ausnehmung 51a stößt. Wie oben beschrieben wird die Schallwelle, die durch die erste Ausnehmung 51a reflektiert wird, dispergiert, und somit ist es möglich, die Konzentration der Schallwelle in dem Zwischenraum G0 zu unterdrücken. Als Folge ist es möglich, ein Auftreten der Schwingungsdämpfung zu unterdrücken.

Beziehung zwischen Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds und Schalldruck

**[0105]** Um eine Beziehung zwischen dem Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 und dem Schalldruck zu untersuchen, wurden Simulationen durchgeführt, unter Verwendung von Analysemodellen des Vergleichsbeispiels 1 und Beispiels 1. Die Analysemodelle und die Simulationsergebnisse des Vergleichsbeispiels 1 und Beispiels 1 werden mit Bezugnahme auf **Fig. 5 bis 7** beschrieben. Die piezoelektrische/Schallwellenanalyse (Harmonischenanalyse, starke Kopplung) wurde durchgeführt durch Simulation unter Verwendung von Femtet, hergestellt von Murata Software Co., Ltd. In den Analysemodellen war ein Material des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 Borosilikatglas, ein Material zum Bilden

des Schwingungsbauglieds 20 war Edelstahl und das piezoelektrische Element 30 war PZT. Das lichtdurchlässige Bauglied 10 und das Schwingungsbauglied 20 waren durch Epoxidharz miteinander verbunden. Die Resonanzfrequenz des Schwingungsbauglieds 20 war auf 27 kHz eingestellt.

**[0106]** Fig. 5 ist eine schematische Ansicht zum Beschreiben des Vergleichsbeispiels 1 und des Beispiels 1. Wie es in Fig. 5 gezeigt ist, wird in dem Vergleichsbeispiel 1 ein Analysemodell verwendet, das eine Innenschichtlinse aufweist, bei der die Gesamtheit einer Oberfläche, die dem lichtdurchlässigen Bauglied zugewandt ist, eine flache Oberfläche ist. Beim Vergleichsbeispiel 1 ist die erste Ausnehmung nicht an der Innenschichtlinse gebildet. Bei dem Beispiel 1 wird ein Analysemodell verwendet, das die Konfiguration des optischen Moduls 1 aufweist, das bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel beschrieben ist. Beispiel 1 unterscheidet sich vom Vergleichsbeispiel 1 nur darin, dass die erste Ausnehmung 51a an der Innenschichtlinse 51 vorgesehen ist und die anderen Konfigurationen sind gleich.

**[0107]** Fig. 6 ist ein Graph, der ein Beispiel eines Simulationsergebnisses des Verschiebungsbetrags des lichtdurchlässigen Bauglieds und des Schalldrucks bei dem Vergleichsbeispiel 1 und Beispiel 1 zeigt. Der in Fig. 6 gezeigte Schalldruck zeigt den Schalldruck in dem Zwischenraum G0 an und der Verschiebungsbetrag zeigt den Verschiebungsbetrag des mittleren Abschnitts des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 an.

**[0108]** Wie es in Fig. 6 gezeigt ist, ist bei dem Beispiel 1 der Schalldruck in dem Zwischenraum G0 gering und der Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 ist groß im Vergleich zu dem Vergleichsbeispiel 1. Da die erste Ausnehmung 51a an der Oberfläche der Innenschichtlinse 51 vorgesehen ist, die dem lichtdurchlässigen Bauglied zugewandt ist, wenn die Schallwelle, die durch die Schwingung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 erzeugt wird, durch die erste Ausnehmung 51a in dem Zwischenraum G0 reflektiert wird, ist es bei dem Beispiel 1 wahrscheinlich, dass die Schallwelle dispergiert wird, im Vergleich zu dem Vergleichsbeispiel 1. Daher ist es bei dem Beispiel 1 möglich, die Konzentration der Schallwelle in der Mitte des Zwischenraums G0 zu unterdrücken. Als Folge ist es bei dem Beispiel 1 im Vergleich zum Vergleichsbeispiel 1 möglich, den Schalldruck in dem Zwischenraum G0 zu verringern und die Schwingungsdämpfung zu unterdrücken.

**[0109]** Andererseits, bei dem Vergleichsbeispiel 1, da die erste Ausnehmung nicht an der Oberfläche der Innenschichtlinse gebildet ist, die dem lichtdurch-

lässigen Bauglied zugewandt ist und die gesamte Oberfläche flach gebildet ist, ist es weniger wahrscheinlich, dass die Schallwelle, die durch die Innenschichtlinse reflektiert wird, dispergiert wird. Daher ist es bei dem Vergleichsbeispiel 1 im Vergleich zu dem Beispiel 1 wahrscheinlich, dass die Zwischenraum-G0-Schallwelle konzentriert ist, und der Schalldruck sich wahrscheinlich erhöht. Daher ist es bei dem Vergleichsbeispiel 1 im Vergleich zu dem Beispiel 1 nicht möglich, die Schwingungsdämpfung zu unterdrücken, und der Verschiebungsbetrag ist gering.

**[0110]** Wie oben beschrieben, bei dem Beispiel 1, im Vergleich zu dem Vergleichsbeispiel 1 wurde die Konfiguration hergestellt, bei der die Schallwelle in dem Zwischenraum G0 wahrscheinlich dispergiert wird, und somit ist es möglich, den Schalldruck in dem Zwischenraum G0 zu reduzieren. Als Folge ist es bei dem Beispiel 1 im Vergleich zu dem Vergleichsbeispiel 1 möglich, die Schwingungsdämpfung zu unterdrücken und den Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu erhöhen.

**[0111]** Fig. 7 ist eine Ansicht, die ein Beispiel einer Verschiebungsverteilung und einer Schaltungsverteilung bei dem Vergleichsbeispiel 1 und Beispiel 1 zeigt. Wie es in Fig. 7 gezeigt ist, beträgt der maximale Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 etwa 6  $\mu\text{m}$  beim Vergleichsbeispiel 1 und der maximale Verschiebungsbetrag beträgt etwa 8,0  $\mu\text{m}$  bei dem Beispiel 1.

**[0112]** Andererseits ist es bei einer Konzentration auf die Schalldruckverteilung zu sehen, dass der Schalldruck in dem Zwischenraum G0 bei dem Beispiel 1 reduziert ist im Vergleich zu dem Vergleichsbeispiel 1. Insbesondere ist ersichtlich, dass bei dem Beispiel 1 der Schalldruck in der Umgebung der Mitte des Zwischenraums G0, das heißt in dem Abschnitt, an dem der Zwischenraum G0 am größten ist, im Vergleich zu dem Vergleichsbeispiel 1 reduziert ist. Daher ist zu sehen, dass bei dem Beispiel 1 im Vergleich zu dem Vergleichsbeispiel 1 die Schallwelle in dem Zwischenraum G0 dispergiert ist und die Konzentration der Schallwelle unterdrückt ist.

#### Maximale Abmessung des Zwischenraums

**[0113]** Fig. 8 ist ein Graph, der ein Beispiel einer Beziehung zwischen der maximalen Abmessung des Zwischenraums und dem Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds zeigt. Wie es in Fig. 8 gezeigt ist, wenn sich die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0 erhöht, erhöht sich der Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds 10. Die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0 muss nur 0,5 mm oder mehr betragen. Vorzugsweise beträgt die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0 1,5 mm oder mehr.

Noch bevorzugter beträgt die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0 2,25 mm oder mehr.

**[0114]** Wenn der Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 weniger als  $0,2 \mu\text{m/V}$  beträgt, ist es schwierig, Fremdstoffe, wie z. B. Flüssigkeitströpfchen, die an der ersten Hauptoberfläche PS1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 haften, zu entfernen. In einem Fall, wo die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0 0,5 mm oder mehr beträgt, beträgt der Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds 10  $0,2 \mu\text{m/V}$  oder mehr und die Fremdstoffe, die an der ersten Hauptoberfläche PS1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 haften, werden wahrscheinlich entfernt. In einem Fall, wo die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0 1,5 mm oder mehr beträgt, beträgt der Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds 10  $0,35 \mu\text{m/V}$  oder mehr und die Fremdstoffe, die an der ersten Hauptoberfläche PS1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 haften, werden wahrscheinlich entfernt. Ferner beträgt in einem Fall, wo die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0 2,25 mm oder mehr beträgt, der Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds 10  $0,4 \mu\text{m/V}$  oder mehr und die Fremdstoffe, die an der ersten Hauptoberfläche PS1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 haften, werden noch wahrscheinlicher entfernt.

**[0115]** Andererseits, wenn die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0 zu groß ist, besteht eine Möglichkeit, dass eine Stehwelle erzeugt wird, in der eine Schallwelle von dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zu der Innenschichtlinse 51 in dem Zwischenraum G0 und eine Schallwelle, die durch die Innenschichtlinse 51 reflektiert wird und dann zu dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 gerichtet wird, einander überlappen.

**[0116]** Fig. 9 ist eine schematische Ansicht zum Beschreiben einer Stehwelle. Für die Erleichterung der Beschreibung wird in Fig. 9 ein Beispiel eines optischen Moduls 4 beschrieben, bei dem die Oberfläche einer Innenschichtlinse 51a, die dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zugewandt ist, als eine flache Oberfläche konfiguriert ist.

**[0117]** Wie es in Fig. 9 gezeigt ist, wenn das lichtdurchlässige Bauglied 10 in der Schwingungsrichtung A1 schwingt, wird von dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 in einem Zwischenraum G10 eine Schallwelle erzeugt. Die Schallwelle, die von dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 erzeugt wird, bewegt sich zu der Innenschichtlinse 51A einer optischen Innenschichtkomponente 50A und wird an der Oberfläche der Innenschichtlinse 51A reflektiert. Als Folge überlappen die Schallwelle, die sich von dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zu der Innenschichtlinse 51A bewegt und die Schallwelle, die an der Oberfläche der Innenschichtlinse 51A reflektiert wird, einan-

der, und somit wird eine Stehwelle Ws erzeugt, die einen Schwingungsbauch und einen Schwingungsknoten umfasst.

**[0118]** In der Stehwelle Ws ist der Schalldruck in einer Region Z10, die der Schwingungsbauch der Schallwelle ist, erhöht im Vergleich zu dem Schalldruck in anderen Regionen und die Luft ist komprimiert. Daher wirkt die komprimierte Luft in der Region Z10, die der Schwingungsbauch der Schallwelle ist, als ein Dämpfer, und die Schwingungsdämpfung (Dämpfung) tritt wahrscheinlich auf. Wenn sich das lichtdurchlässige Bauglied 10 in der Region Z10 befindet, die der Schwingungsbauch der Schallwelle ist, ist somit die Schwingung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 gedämpft.

**[0119]** Wenn die Wellenlänge der Schallwelle durch „ $\lambda$ “ bezeichnet ist, wird hier der Schwingungsbauch der Schallwelle an einer Position erzeugt, die  $\lambda/2$  entspricht. Ein Rechenausdruck der Wellenlänge  $\lambda$  wird berechnet durch  $[\text{Wellenlänge (mm)}] = [\text{Schallgeschwindigkeit (m/s)/Frequenz (Hz)}]$ .

**[0120]** In einem Fall, wo der Schalldruck der Region Z10, in der Schwingung erzeugt wird, aufgrund der Stehwelle Ws erhöht ist, ist der Luftdruck erhöht und somit ist die Elastizität der Luft erhöht. Die Elastizität der Luft hat eine proportionale Beziehung zu dem Luftdruck und ist invers proportional zu dem Volumen. Dies wird deutlich von dem Ausdruck  $[\text{Luftfederkonstante } K] = 10 \times \gamma(P + 0,1)A/V$  der Federkonstante der Luftfeder vom Balgtyp. P zeigt den Innendruck an, A zeigt den effektiven Luftfederaufnahmebereich an und V zeigt das Luftfedervolumen an.

**[0121]** In einem Fall, wo die Dämpfung bei der Schwingung der freien Schwingung betrachtet wird, wird die kritische Dämpfungsrate berechnet durch  $C_c = 2\sqrt{mk}$ . m zeigt die Masse an und k zeigt die Federkonstante an. Je größer die kritische Dämpfungsrate  $C_c$ , umso leichter wird die Schwingung gedämpft. Daher wird in Betracht gezogen, dass ein Anstieg der Federkonstante von Luft zu einer Schwingungsdämpfung führt. Anhand der obigen Beschreibung kann gesagt werden, dass die Schwingungsdämpfung durch den Anstieg bei dem Schalldruck in der Region Z10 auftritt, die der Schwingungsbauch der Stehwelle Ws ist.

**[0122]** Fig. 10 ist ein Graph, der ein Beispiel eines Analyseergebnisses einer Beziehung zwischen der Verschiebung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 und dem Schalldruck zeigt. Fig. 11 ist ein vergrößerter Graph des Graphen in Fig. 10. Die Graphen, die in Fig. 10 und 11 gezeigt sind, wurden erhalten durch Durchführen piezoelektrischer/Schallwellenanalyse (Harmonischenanalyse, starke Kopplung) unter Verwendung von Femtet, hergestellt von einer Murata-

Software Co., Ltd. In der Analyse wurde ein Modell verwendet, bei dem eine Glasplatte an der oberen Oberfläche des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 in der Z-Richtung angeordnet war, und ein Abstand zwischen der Glasplatte und der oberen Oberfläche des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 wurde geändert. Eine Luftschicht wurde in einen Zwischenraum zwischen der Glasplatte und der oberen Oberfläche des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 eingefügt. Bezüglich eines Materials des Modells war ein Material zum Bilden der Glasplatte Borosilikatglas, ein Material zum Bilden des Schwingungsbauglieds 20 war Edelstahl und das piezoelektrische Element 30 war PZT. Das lichtdurchlässige Bauglied 10 und das Schwingungsbauglied 20 wurden mit Epoxidharz miteinander verbunden. Die Resonanzfrequenz des Schwingungsbauglieds 20, das für die Analyse verwendet wurde, war 27 kHz, und eine Wellenlänge  $\lambda$  der Schallwelle wurde von der Schallgeschwindigkeit der Luft auf 9,2 mm eingestellt.

**[0123]** Wie es in Fig. 10 und 11 gezeigt ist, wenn der Abstand in dem Zwischenraum zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 und der Glasplatte in der Z-Richtung geändert wird, ist in den Regionen P1 und P2, die dem ganzzahligen Mehrfachen der Halbwellenlänge  $\lambda/2$  der Stehwelle Ws entsprechen, der Schalldruck erhöht und die Schwingungsdämpfung tritt auf, wodurch der Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 reduziert wird. Genauer gesagt, in einer Region, in der der Abstand in dem Zwischenraum zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 und der Glasplatte in der Z-Richtung in der Nähe von 4,6 mm und 9,2 mm liegt, ist der Schalldruck erhöht und der Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 ist reduziert. Der Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 ist auch in einer Region P0 reduziert, in der der Zwischenraum zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 und der Glasplatte in der Nähe von 0 mm liegt.

**[0124]** Von der obigen Beschreibung wird angenommen, dass es möglich ist, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu unterdrücken durch Anordnen des lichtdurchlässigen Bauglieds 10, so dass die Region P0, bei der der Zwischenraum in der Nähe von 0 mm liegt, und die Regionen P1 und P2, die der Halblängenwelle der Stehwelle Ws entsprechen, vermieden werden.

**[0125]** Als ein Beispiel ist ein Wert, bei dem ein Reduktionsbetrag von dem maximalen Verschiebungsbetrag S0 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 auf 60 % eingestellt ist, als ein unterer Grenzwert S1 des Verschiebungsbetrags des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 eingestellt. Der untere Grenzwert S1 kann in einem Bereich eingestellt sein, in dem Flüssigkeitströpfchen, die an dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 haften, entfernt werden können. In

**Fig. 8**, da der maximale Verschiebungsbetrag S0 7,4  $\mu\text{m}$  beträgt, beträgt der untere Grenzwert S1 4,7  $\mu\text{m}$ . In diesem Fall beträgt in einer Region Pz des lichtdurchlässigen Bauglieds 10, in der die Schwingungsdämpfung unterdrückt ist, der Abstand des Zwischenraums in der Z-Richtung 0,1 mm oder mehr und 4,5 mm oder weniger. Im Fall dieses Zahlenbereichs ist es möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aufgrund der Erzeugung der Stehwelle Ws zu unterdrücken.

**[0126]** Hier tritt die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 für jedes ganzzahlige Mehrfache der Halbwellenlänge  $\lambda/2$  der Stehwelle Ws auf. Daher ist in dem optischen Modul 4 die Abmessung des Zwischenraums G10 zum Unterdrücken der Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 in einem Bereich von  $[(n \times \lambda/2) + 0,1 \text{ mm}]$  oder mehr und  $[(n + 1) \times \lambda/2] - 0,1 \text{ mm}]$  oder weniger eingestellt. „n“ ist eine Ganzzahl von 0 oder mehr und  $\lambda$  ist eine Wellenlänge einer Schallwelle, die durch die Schwingung erzeugt wird.

**[0127]** Von der obigen Beschreibung ist in dem optischen Modul 1 gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0 zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 und der Innenschichtlinse 51 0,5 mm oder mehr und ist in einem Bereich von  $[(n \times \lambda/2) + 0,1 \text{ mm}]$  oder mehr und  $[(n + 1) \times \lambda/2] - 0,1 \text{ mm}]$  oder weniger eingestellt. Anders ausgedrückt, es wird in Betracht gezogen, dass in einem Fall, wo eine Beziehung von  $0,5 \text{ mm} \leq L1$  und  $[(n \times \lambda/2) + 0,1 \text{ mm}] \leq L1 \leq [(n + 1) \times \lambda/2] - 0,1 \text{ mm}]$  in der maximalen Abmessung L1 des Zwischenraums hergestellt ist, es möglich ist, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aufgrund der Stehwelle Ws zu unterdrücken.

**[0128]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0 eine Abmessung in dem mittleren Abschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 und der Innenschichtlinse 51 und es ist möglich, die Schwingungsdämpfung aufgrund der Stehwelle Ws in dem mittleren Abschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu unterdrücken. Als Folge ist es möglich, den Verschiebungsbetrag des mittleren Abschnitts des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu erhöhen.

**[0129]** Vorzugsweise beträgt die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0  $0,5 \text{ mm} \leq L1 \leq (\lambda/2 - 0,1) \text{ mm}$  (in dem Fall von  $n = 0$ ). Als Ergebnis ist es möglich, einen Anstieg bei dem Schalldruck in dem Zwischenraum G0 zu unterdrücken und die Schwingungsdämpfung zu unterdrücken, während die Größe des optischen Moduls 1 reduziert wird.

## Wirkungen

**[0130]** Gemäß dem optischen Modul 1 und der optischen Vorrichtung 100 gemäß dem Ausführungsbeispiel 1 ist es möglich, die folgenden Wirkungen zu erzielen.

**[0131]** Das optische Modul 1 umfasst das lichtdurchlässige Bauglied 10, das Schwingungsbauglied 20, das piezoelektrische Element 30 und die optische Innenschichtkomponente 50. Das Schwingungsbauglied 20 ist einer Röhrenform gebildet und trägt das lichtdurchlässige Bauglied 10. Das piezoelektrische Element 30 ist an dem Schwingungsbauglied 20 angeordnet und versetzt das Schwingungsbauglied 20 in Schwingung. Die optische Innenschichtkomponente 50 umfasst die Innenschichtlinse 51, die dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zugewandt ist. Die erste Ausnehmung 51a, die in der Dickenrichtung (Z-Richtung) der Innenschichtlinse 51 ausgenommen ist und eine Krümmung aufweist, ist an der Oberfläche der Innenschichtlinse 51 gebildet, die dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zugewandt ist. Der Zwischenraum G0 ist zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 und der ersten Ausnehmung 51a der Innenschichtlinse 51 gebildet.

**[0132]** Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Schwingungsdämpfung zu unterdrücken. Gemäß dem optischen Modul 1 ist es möglich, die Konzentration des Schalldrucks in dem Zwischenraum G0 zu unterdrücken, der zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 und der Innenschichtlinse 51 gebildet ist. Genauer gesagt, durch Bilden der ersten Ausnehmung 51a an der Oberfläche der Innenschichtlinse 51, die dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zugewandt ist, ist es wahrscheinlich, dass die Schallwelle, die durch die Innenschichtlinse 51 in den Zwischenraum G0 reflektiert wird, dispergiert wird. Als Folge ist es möglich, den Schalldruck des Zwischenraums G0 zu reduzieren und die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu unterdrücken. Als Folge ist es möglich, den Verschiebungsbetrag des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu erhöhen und die Entfernungseffizienz von Flüssigkeitströpfchen zu verbessern, die an dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 haften.

**[0133]** Die erste Ausnehmung 51a ist an der Position gebildet, die den mittleren Abschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 überlappt, von der Dickenrichtung (Z-Richtung) des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aus gesehen. Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Konzentration der Schallwelle in der Nähe des mittleren Abschnitts des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu unterdrücken und die Schwingungsdämpfung in dem mittleren Abschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu unterdrücken.

**[0134]** Die Mitte C2 der ersten Ausnehmung 51a fällt von der Dickenrichtung (Z-Richtung) des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 gesehen im Wesentlichen zusammen mit der Mitte C1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10. Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Konzentration der Schallwelle in dem mittleren Abschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu unterdrücken und die Schwingungsdämpfung in dem mittleren Abschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu unterdrücken, während die optischen Charakteristika verbessert werden.

**[0135]** Die Tiefe der ersten Ausnehmung 51a ist von der Dickenrichtung (Z-Richtung) der Innenschichtlinse 51 gesehen von der Mitte C2 der Innenschichtlinse 51 aus zu dem Außenseitenabschnitt hin reduziert. Mit solch einer Konfiguration ist es wahrscheinlich, dass die Schallwelle, die durch die erste Ausnehmung 51a reflektiert wird, dispergiert wird, und es ist möglich, die Konzentration der Schallwelle in dem Zwischenraum G0 zu unterdrücken. Als Folge ist es möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu unterdrücken.

**[0136]** Die erste Ausnehmung 51a ist in einer sphärischen Form oder einer asphärischen Form gebildet. Mit solch einer Konfiguration ist es noch wahrscheinlicher, dass die Schallwelle, die durch die erste Ausnehmung 51a detektiert wird, dispergiert wird, und es ist möglich, die Konzentration der Schallwelle in dem Zwischenraum G0 weiter zu unterdrücken. Als Folge ist es möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 weiter zu unterdrücken.

**[0137]** Die zweite Ausnehmung 11, die in der Dickenrichtung (Z-Richtung) des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 ausgenommen ist und eine Krümmung aufweist, ist an der Oberfläche PS2 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 gebildet, die der Innenschichtlinse 51 zugewandt ist. Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Schallwelle in der zweiten Ausnehmung 11 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu dispergieren und die Konzentration der Schallwelle in dem Zwischenraum G0 weiter zu unterdrücken. Als Folge ist es möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 weiter zu unterdrücken.

**[0138]** Die zweite Ausnehmung 11 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 hat eine Form, die in einer Halbkugelform ausgenommen ist. Mit solch einer Konfiguration ist es wahrscheinlich, dass die Schallwelle in der zweiten Ausnehmung 11 dispergiert wird, und es ist möglich, die Konzentration der Schallwelle in dem Zwischenraum G0 zu unterdrücken. Als Folge ist es möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu unterdrücken.

**[0139]** Von der Dickenrichtung (Z-Richtung) des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aus gesehen ist der Außendurchmesser D22 der Innenschichtlinse 51 größer als der Außendurchmesser D12 der zweiten Ausnehmung 11 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10. Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu unterdrücken, während die optischen Charakteristika verbessert werden.

**[0140]** Die Krümmung der ersten Ausnehmung 51a der Innenschichtlinse 51 ist größer als die Krümmung der zweiten Ausnehmung 11 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10. Mit solch einer Konfiguration ist es leicht, einen optischen Weg zu sichern, der von dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 durch die Innenschichtlinse 51 verläuft.

**[0141]** Die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0 beträgt 0,5 mm oder mehr. Mit solch einer Konfiguration ist es wahrscheinlich, dass ein Anstieg bei dem Schalldruck in dem Zwischenraum G0 unterdrückt wird und die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 unterdrückt wird.

**[0142]** Die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0 ist in einem Bereich von  $[(n \times \lambda/2) + 0,1 \text{ mm}]$  oder mehr und  $\{[(n + 1) \times \lambda/2] - 0,1 \text{ mm}\}$  oder weniger eingestellt. n zeigt eine Ganzzahl von 0 oder mehr an und  $\lambda$  zeigt die Wellenlänge der Schallwelle an, die durch die Schwingung erzeugt wird. Vorzugsweise ist die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0  $0,5 \text{ mm} \leq L1 \leq (\lambda/2 - 1) \text{ mm}$  (in dem Fall von  $n = 0$ ). Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, in einem Fall, wo die Stehwelle Ws erzeugt wird, den Schwingungsbauch der Schallwelle zu vermeiden und die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aufgrund des Anstiegs bei dem Schalldruck zu unterdrücken.

**[0143]** Die maximale Abmessung L1 des Zwischenraums G0 ist eine Abmessung zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 und der ersten Ausnehmung 51a auf einer geraden Linie, die von der Dickenrichtung (Z-Richtung) des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 aus gesehen durch die Mitte C1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 und die Mitte C2 der ersten Ausnehmung 51a läuft. Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Konzentration der Schallwelle auf der geraden Linie zu unterdrücken, die durch die Mitte C1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 und die Mitte C2 der ersten Ausnehmung 51a dem Zwischenraum G0 verläuft. Als Folge ist es möglich, die Schwingungsdämpfung in der Nähe der Mitte C1 des lichtdurchlässigen Bauglieds 10 zu unterdrücken.

**[0144]** Die Innenschichtlinse 51 umfasst die flache Oberfläche FS1 senkrecht zu der Dickenrichtung (Z-Richtung) der Innenschichtlinse 51 an der Ober-

fläche, die dem lichtdurchlässigen Bauglied 10 zugewandt ist. Die optische Innenschichtkomponente 50 umfasst den röhrenförmigen Linsenhalteabschnitt 52, der die Innenschichtlinse 51 aufnimmt. Der Linsenhalteabschnitt 52 umfasst den Pressabschnitt 52a, der an dem Innenseitenabschnitt des Linsenhalteabschnitts 52 mit der flachen Oberfläche FS1 in Kontakt ist. Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, die Innenschichtlinse 51 durch den Pressabschnitt 52a des Linsenhalteabschnitts 52 stabil zu halten, während die Konzentration des Schalldrucks durch die erste Ausnehmung 51a unterdrückt wird. Als Folge ist es möglich, das Abfallen der Innenschichtlinse 51 zu unterdrücken und die Fehlausrichtung zu unterdrücken und somit es möglich, den optischen Weg beizubehalten.

**[0145]** Die optische Vorrichtung 100 umfasst das optische Modul 1 und das optische Element 2, das an dem optischen Modul 1 angeordnet ist. Mit solch einer Konfiguration ist es möglich, ähnliche Wirkungen zu erzielen wie die Wirkungen des oben beschriebenen optischen Moduls 1.

#### Modifikationsbeispiel 1

**[0146]** Fig. 12 ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine Hauptkonfiguration eines optischen Moduls 1A in dem Modifikationsbeispiel 1 zeigt. Wie es in Fig. 12 gezeigt ist, kann die gesamte zweite Hauptoberfläche PS2 eines lichtdurchlässigen Bauglieds 10A gebildet sein, um eine flache Oberfläche zu sein, ohne die zweite Ausnehmung 11 in dem lichtdurchlässigen Bauglied 10A bereitzustellen. Alternativ kann in dem lichtdurchlässigen Bauglied 10A ein Abschnitt der zweiten Hauptoberfläche PS2, die der Innenschichtlinse 51 zugewandt ist, gebildet sein, um eine flache Oberfläche zu sein.

**[0147]** Mit einer solchen Konfiguration ist es auch möglich, die Schallwelle in der ersten Ausnehmung 51a der Innenschichtlinse 51 zu dispergieren und die Konzentration der Schallwelle in dem Zwischenraum G0 zu unterdrücken. Als Folge ist es möglich, die Schwingungsdämpfung des lichtdurchlässigen Bauglieds 10A zu unterdrücken.

#### Modifikationsbeispiel 2

**[0148]** Fig. 13 ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine Hauptkonfiguration eines optischen Moduls 1B bei dem Modifikationsbeispiel 2 zeigt. Wie es in Fig. 13 gezeigt ist, ist in einem optischen Modul 1B der optischen Vorrichtung 100A ein gekrümmter Abschnitt R1 an dem Eckabschnitt eines Schwingungsbauglieds 20A vorgesehen. Der gekrümmte Abschnitt R1 ist in einem Abschnitt angeordnet, mit dem jede der Komponenten des Schwingungsbauglieds 20A verbunden ist. Der gekrümmte

Abschnitt R1 hat eine abgerundete und gekrümmte Form.	26	Verbindungsabschnitt
<b>[0149]</b> Durch Bereitstellen des gekrümmten Abschnitts R1 an dem Eckabschnitt des Schwingungsbauglieds 20A ist es möglich, die Spannung zum Zeitpunkt der Schwingung des Schwingungsbauglieds 20A zu streuen. Als Folge ist es möglich, die Spannung zu reduzieren, so dass es möglich ist, einen Ermüdungsbruch des Schwingungsbauglieds 20A zu unterdrücken und die Zuverlässigkeit zu verbessern.	30	Piezoelektrisches Element
	40	Fixierabschnitt
	50, 50 A	Optische Innenschichtkomponente
	51, 51A	Innenschichtlinse
	51a	Ausnehmung (erste Ausnehmung)
<b>[0150]</b> Die vorliegende Erfindung wurde in Bezug auf die bevorzugten Ausführungsbeispiele mit Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen ausreichend detailliert beschrieben, aber es ist für Fachleute auf diesem Gebiet klar, dass verschiedene Modifikationen und Änderungen durchgeführt werden können. Es sollte klar sein, dass eine solche Modifikation oder Änderung in der vorliegenden Erfindung enthalten ist, solange dieselbe nicht von dem Schutzbereich der vorliegenden Erfindung gemäß den beiliegenden Ansprüchen abweicht.	52	Linsenhalteabschnitt
	52a	Pressabschnitt
	52b	Kontaktabschnitt
	53	Innenschichtflansch
	100, 100a	Optische Vorrichtung
	A1	Schwingungsrichtung
	C1	Mitte
Industrielle Anwendbarkeit	D11, D12, D21, D22	Außendurchmesser
<b>[0151]</b> Die Schwingungsvorrichtung und ein Schwingungssteuerverfahren gemäß dem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung können bei einer fahrzeuginternen Kamera, einer Überwachungskamera, einem optischen Sensor wie zum Beispiel einem LiDAR oder dergleichen, die im Freien verwendet werden, angewendet werden.	FS1	Flache Oberfläche
	G0, G10	Zwischenraum
	PS1	Erste Hauptoberfläche
	PS2	Zweite Hauptoberfläche

#### Bezugszeichenliste

1, 1A, 1B	Optisches Modul
2	Optisches Element
3	Steuereinheit
4	Optisches Modul
10, 10a	Lichtdurchlässiges Bauglied
11, 11a	Ausnehmung (zweite Ausnehmung)
20, 20a	Schwingungsbauglied
21	Schwingungsflansch
22	Erstes Röhrenförmiges Bauglied
23	Federabschnitt
24	Zweites Röhrenförmiges Bauglied
25	Schwingungsplatte

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- JP 2017170303 [0003]

## Patentansprüche

1. Ein optisches Modul, das folgende Merkmale aufweist:

ein lichtdurchlässiges Bauglied;  
 ein Schwingungsbauglied, das in einer Röhrenform gebildet ist und das lichtdurchlässige Bauglied trägt;  
 ein piezoelektrisches Element, das an dem Schwingungsbauglied angeordnet ist und das Schwingungsbauglied in Schwingung versetzt; und  
 eine optische Innenschichtkomponente, die an einem Innenseitenabschnitt des Schwingungsbauglieds angeordnet ist,  
 wobei die optische Innenschichtkomponente eine Innenschichtlinse umfasst, die dem lichtdurchlässigen Bauglied zugewandt ist,  
 eine erste Ausnehmung, die in einer Dickenrichtung der Innenschichtlinse ausgenommen ist und eine Krümmung aufweist, auf einer Oberfläche der Innenschichtlinse gebildet ist, die dem lichtdurchlässigen Bauglied zugewandt ist, und  
 zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied und der ersten Ausnehmung der Innenschichtlinse ein Zwischenraum gebildet ist.

2. Das optische Modul gemäß Anspruch 1, bei dem die erste Ausnehmung an einer Position gebildet ist, die von einer Dickenrichtung des lichtdurchlässigen Bauglieds aus gesehen mit einem mittleren Abschnitt des lichtdurchlässigen Bauglieds überlappt.

3. Das optische Modul gemäß Anspruch 2, bei dem von der Dickenrichtung des lichtdurchlässigen Bauglieds aus gesehen eine Mitte der ersten Ausnehmung im Wesentlichen mit einer Mitte des lichtdurchlässigen Bauglieds zusammenfällt.

4. Das optische Modul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem eine Tiefe der ersten Ausnehmung von der Dickenrichtung der Innenschichtlinse aus gesehen von einer Mitte der Innenschichtlinse aus zu einem Außenseitenabschnitt hin reduziert ist.

5. Das optische Modul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die erste Ausnehmung in einer sphärischen Form oder einer asphärischen Form gebildet ist.

6. Das optische Modul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem eine zweite Ausnehmung, die in einer Dickenrichtung des lichtdurchlässigen Bauglieds ausgenommen ist und eine Krümmung aufweist, auf einer Oberfläche des lichtdurchlässigen Bauglieds gebildet ist, die der Innenschichtlinse zugewandt ist.

7. Das optische Modul gemäß Anspruch 6, bei dem die zweite Ausnehmung des lichtdurchlässigen

Bauglieds eine Form aufweist, die in einer Halbkreisform ausgenommen ist.

8. Das optische Modul gemäß Anspruch 6 oder 7, bei dem von der Dickenrichtung des lichtdurchlässigen Bauglieds aus gesehen ein Außendurchmesser der Innenschichtlinse größer ist als ein Außendurchmesser der zweiten Ausnehmung des lichtdurchlässigen Bauglieds.

9. Das optische Modul gemäß einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem die Krümmung der ersten Ausnehmung der Innenschichtlinse größer ist als die Krümmung der zweiten Ausnehmung des lichtdurchlässigen Bauglieds.

10. Das optische Modul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem eine maximale Abmessung des Zwischenraums 0,5 mm oder mehr beträgt.

11. Das optische Modul gemäß Anspruch 10, bei dem die maximale Abmessung des Zwischenraums in einem Bereich von  $[(n \times \lambda/2) + 0,1 \text{ mm}]$  oder mehr und  $[(n + 1) \times \lambda/2] - 0,1 \text{ mm}]$  oder weniger eingestellt ist, und  $n$  eine Ganzzahl von 0 oder mehr anzeigt und  $\lambda$  eine Wellenlänge einer Schallwelle anzeigt, die durch Schwingung erzeugt wird.

12. Das optische Modul gemäß Anspruch 10 oder 11, bei dem die maximale Abmessung des Zwischenraums eine Abmessung zwischen dem lichtdurchlässigen Bauglied und der ersten Ausnehmung auf einer geraden Linie ist, die von einer Dickenrichtung des lichtdurchlässigen Bauglieds aus gesehen durch eine Mitte des lichtdurchlässigen Bauglieds und eine Mitte der ersten Ausnehmung verläuft.

13. Das optische Modul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem die Innenschichtlinse eine flache Oberfläche senkrecht zu der Dickenrichtung der Innenschichtlinse auf einer Oberfläche umfasst, die dem lichtdurchlässigen Bauglied zugewandt ist, die optische Innenschichtkomponente einen Linsenhalteabschnitt umfasst, der eine Röhrenform aufweist und die Innenschichtlinse aufnimmt, und der Linsenhalteabschnitt einen Pressabschnitt umfasst, der an einem Innenseitenabschnitt des Linsenhalteabschnitts mit der flachen Oberfläche in Kontakt ist.

14. Eine optische Vorrichtung, die folgende Merkmale aufweist:  
 das optische Modul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13; und

ein optisches Element, das an dem optischen Modul  
angeordnet ist.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

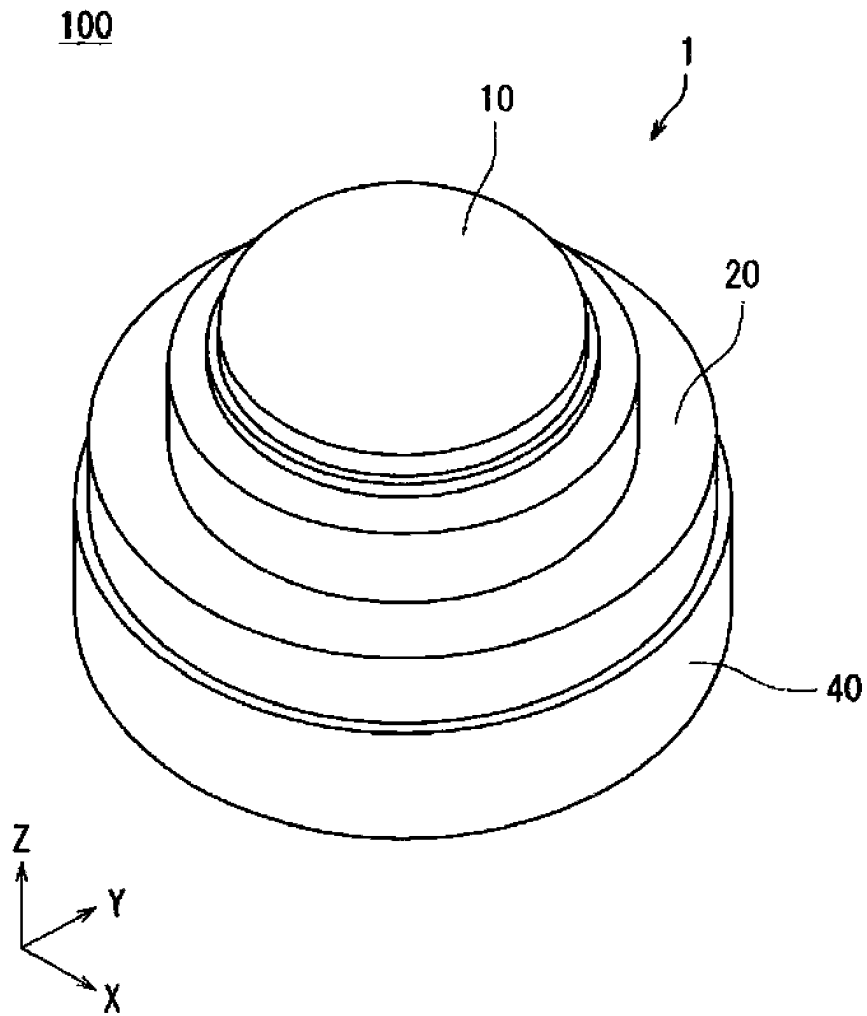


Fig. 1

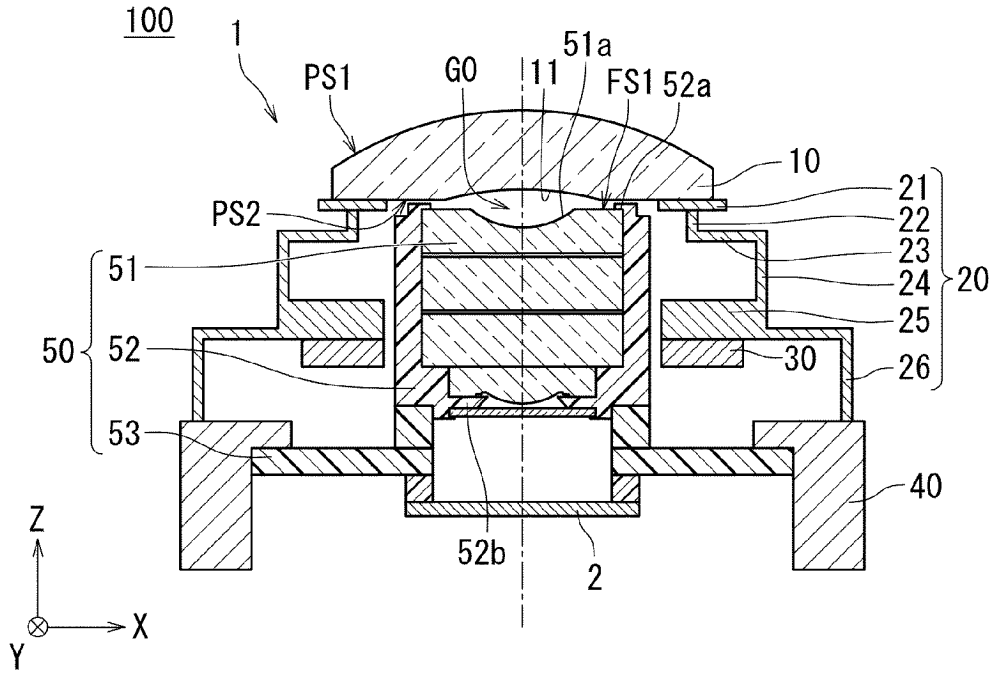


Fig. 2

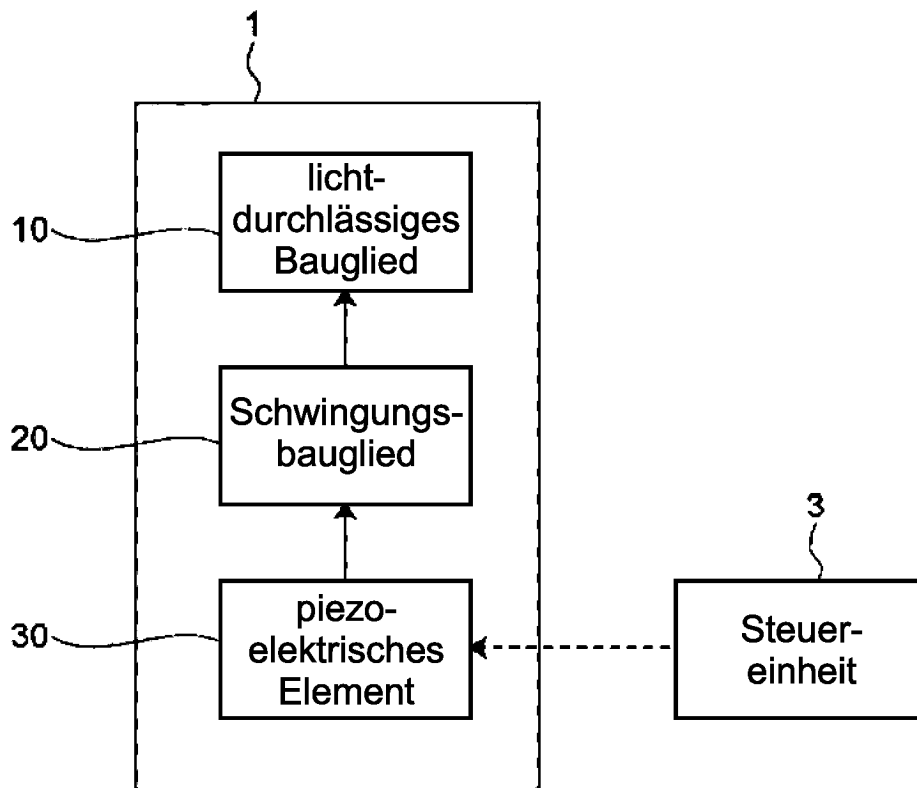


Fig. 3

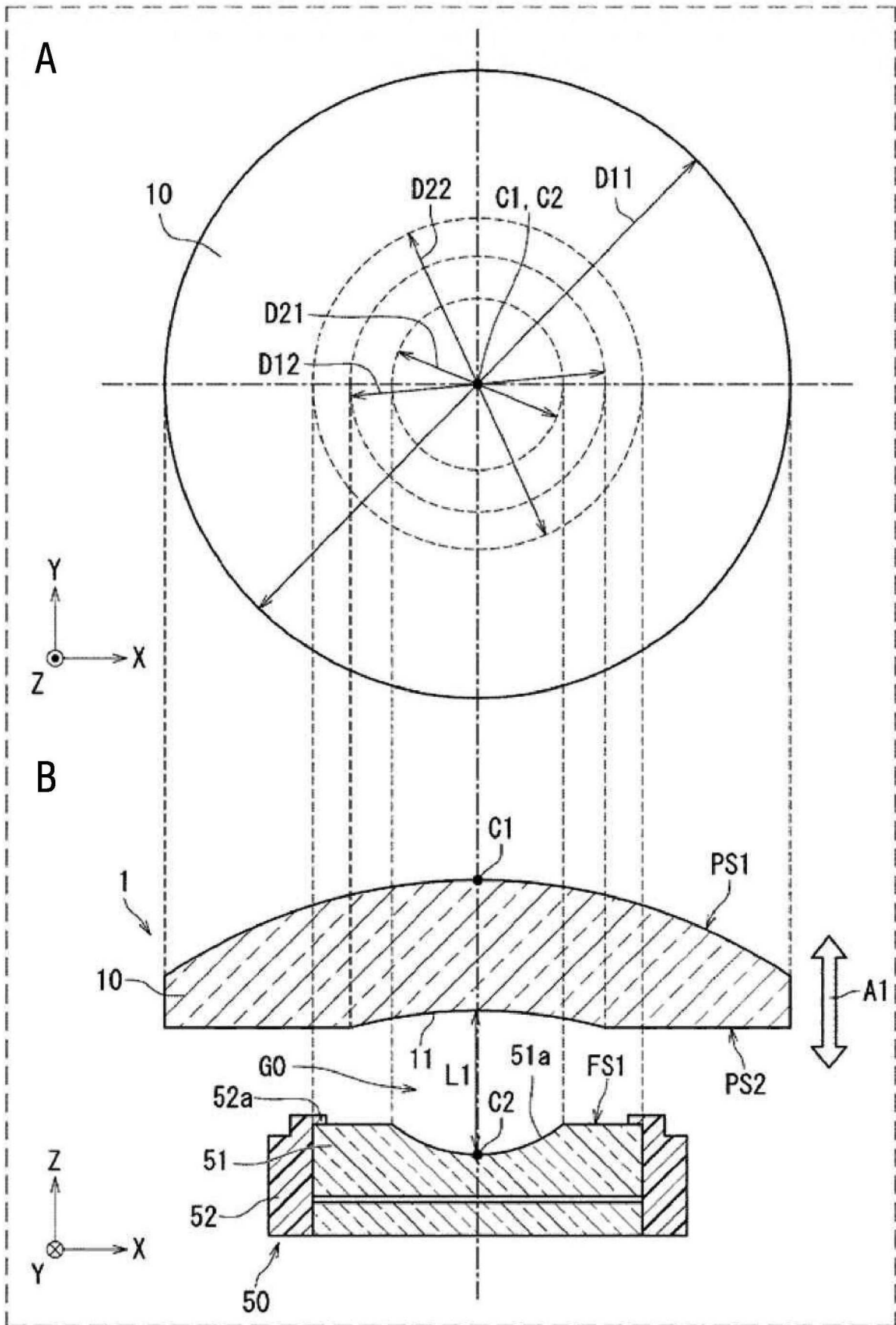


Fig. 4

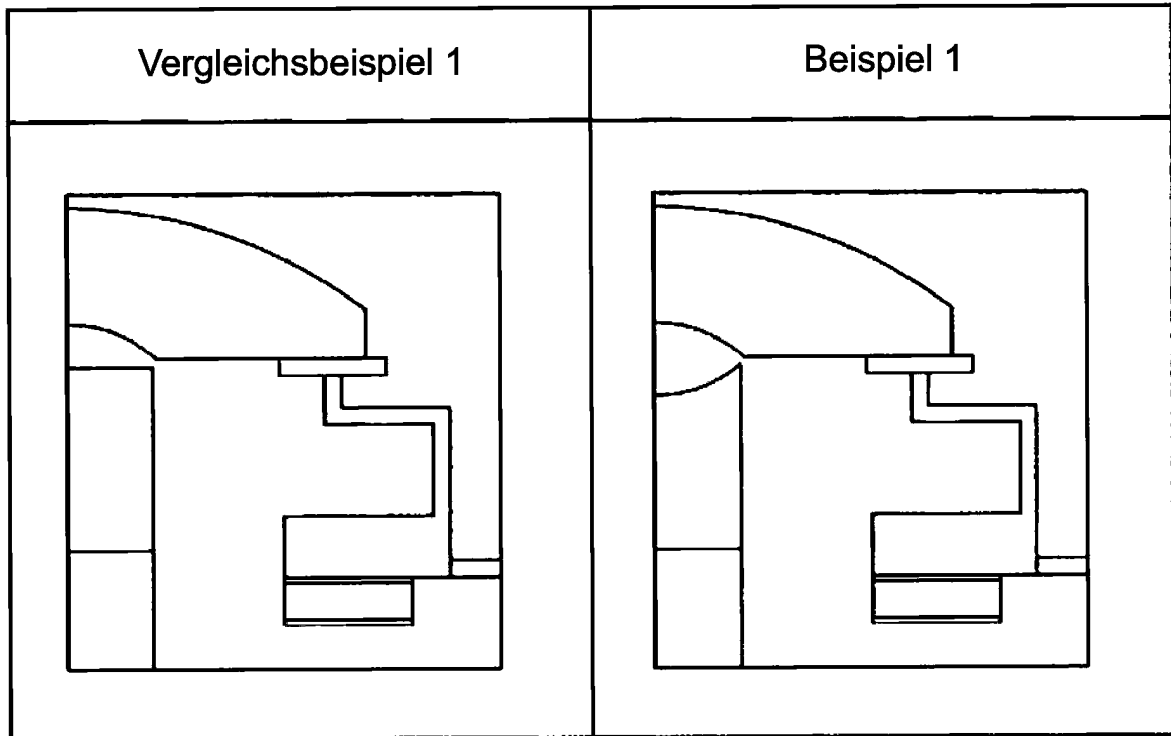


Fig. 5

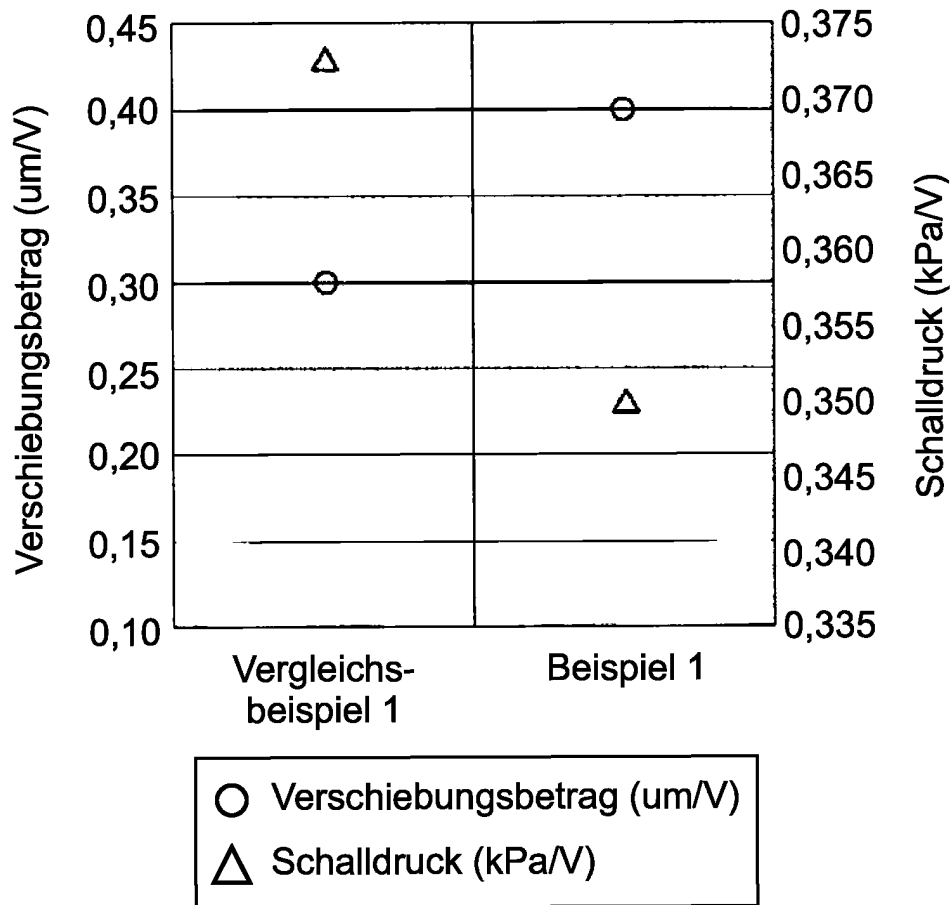


Fig. 6

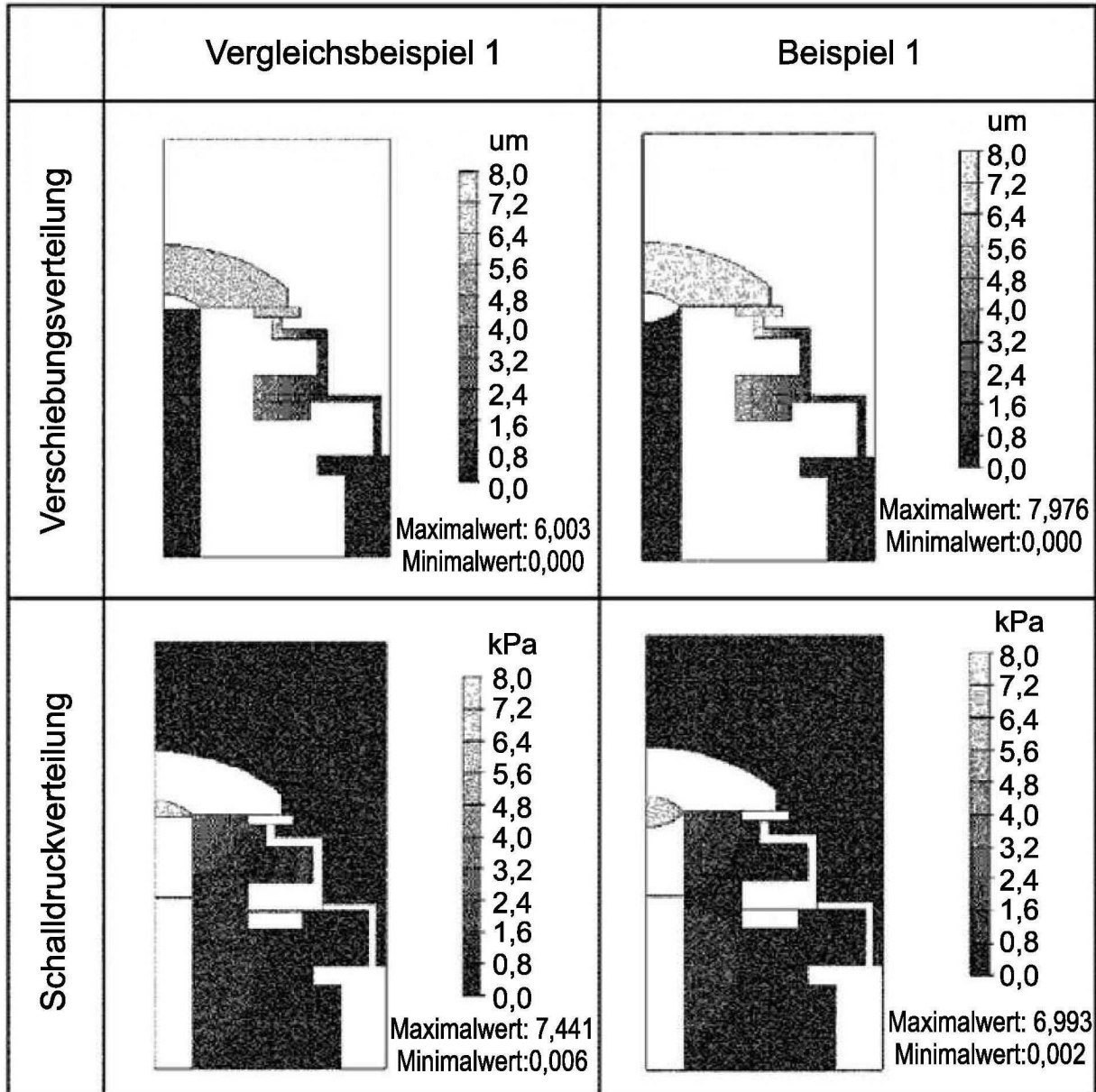


Fig. 7

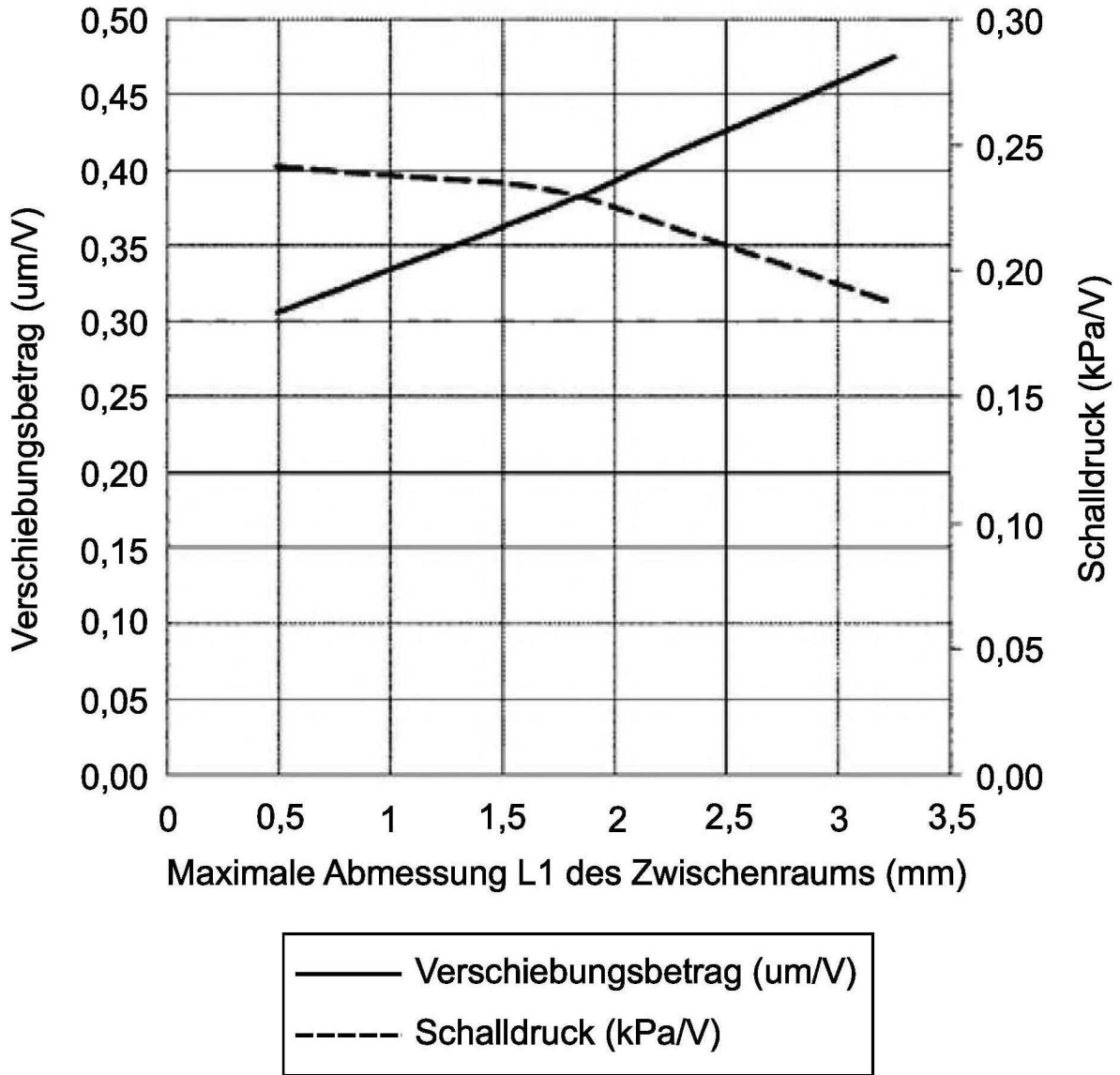


Fig. 8

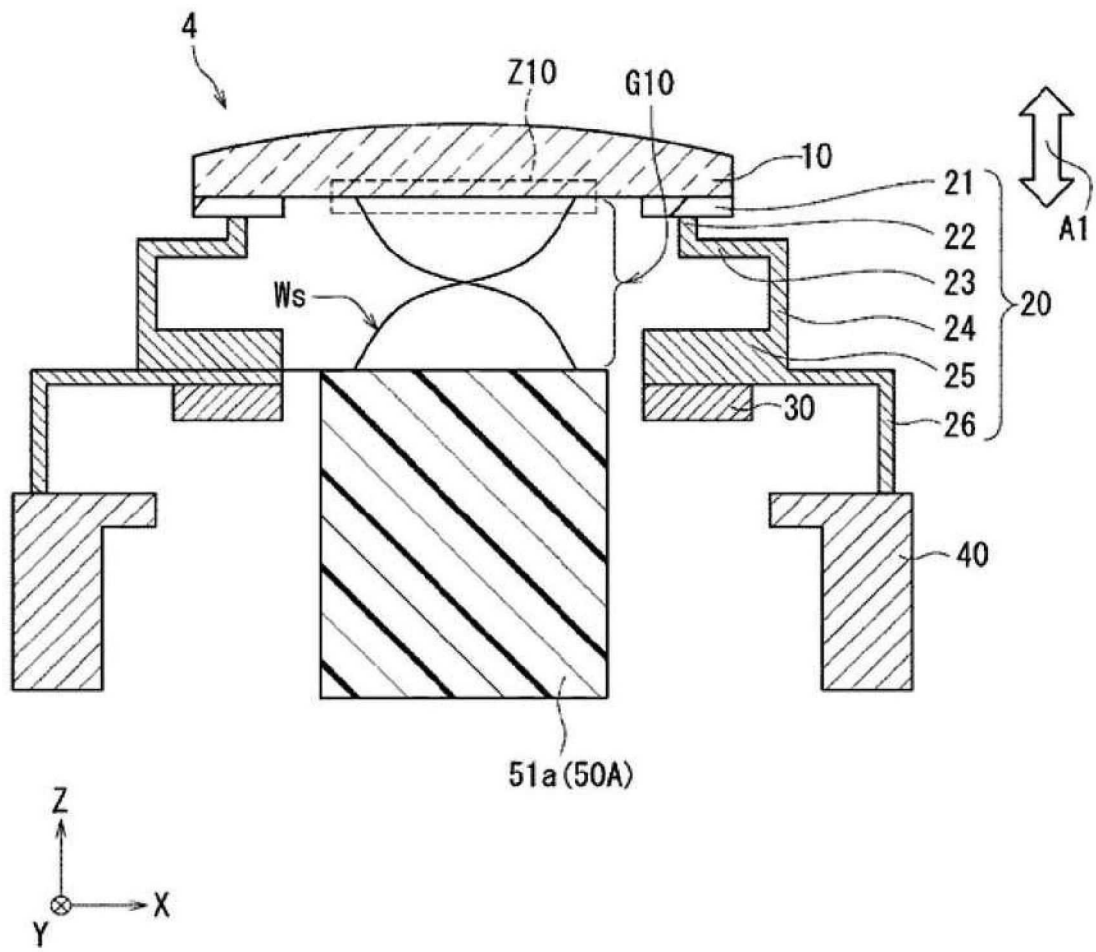


Fig. 9

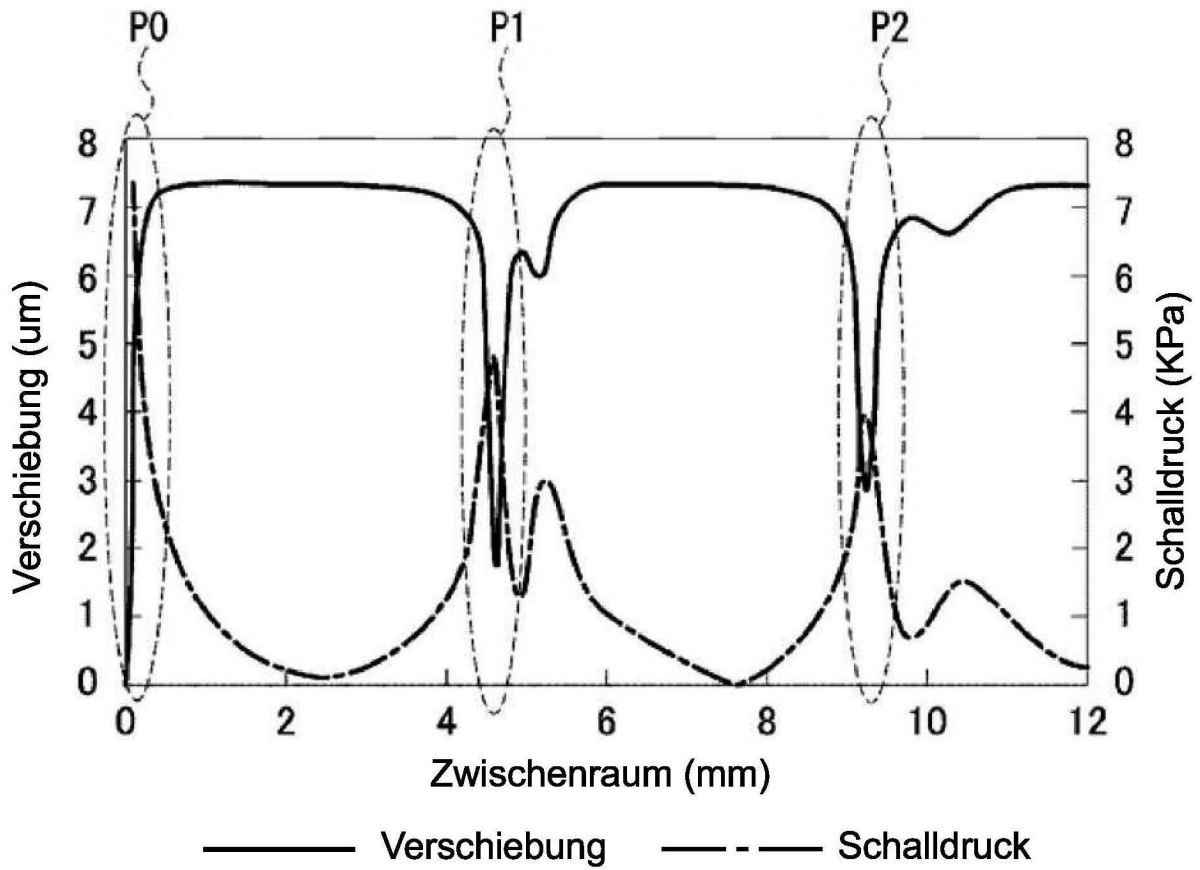


Fig. 10

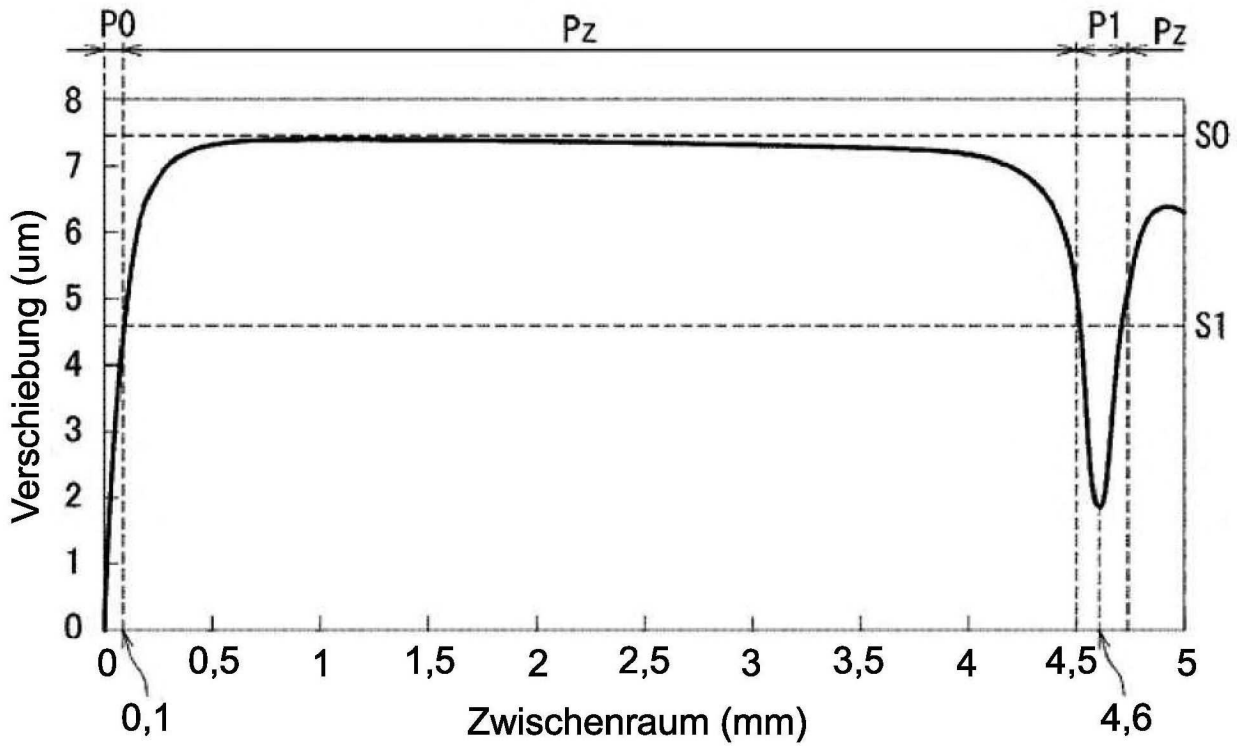


Fig. 11

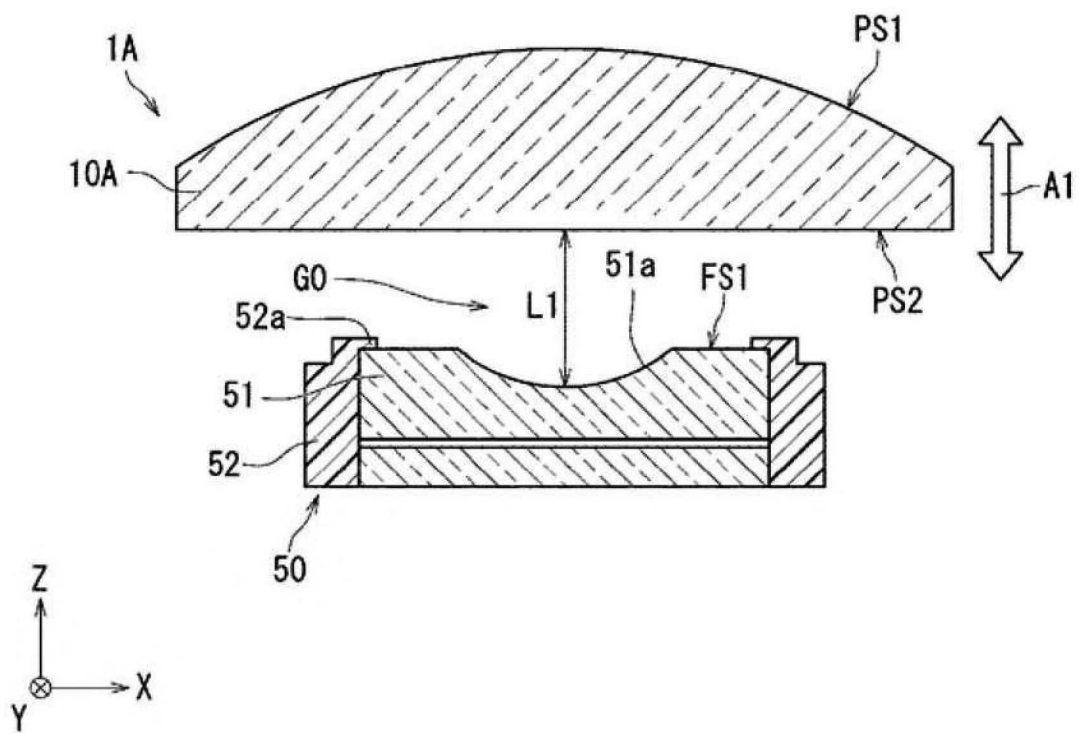


Fig. 12

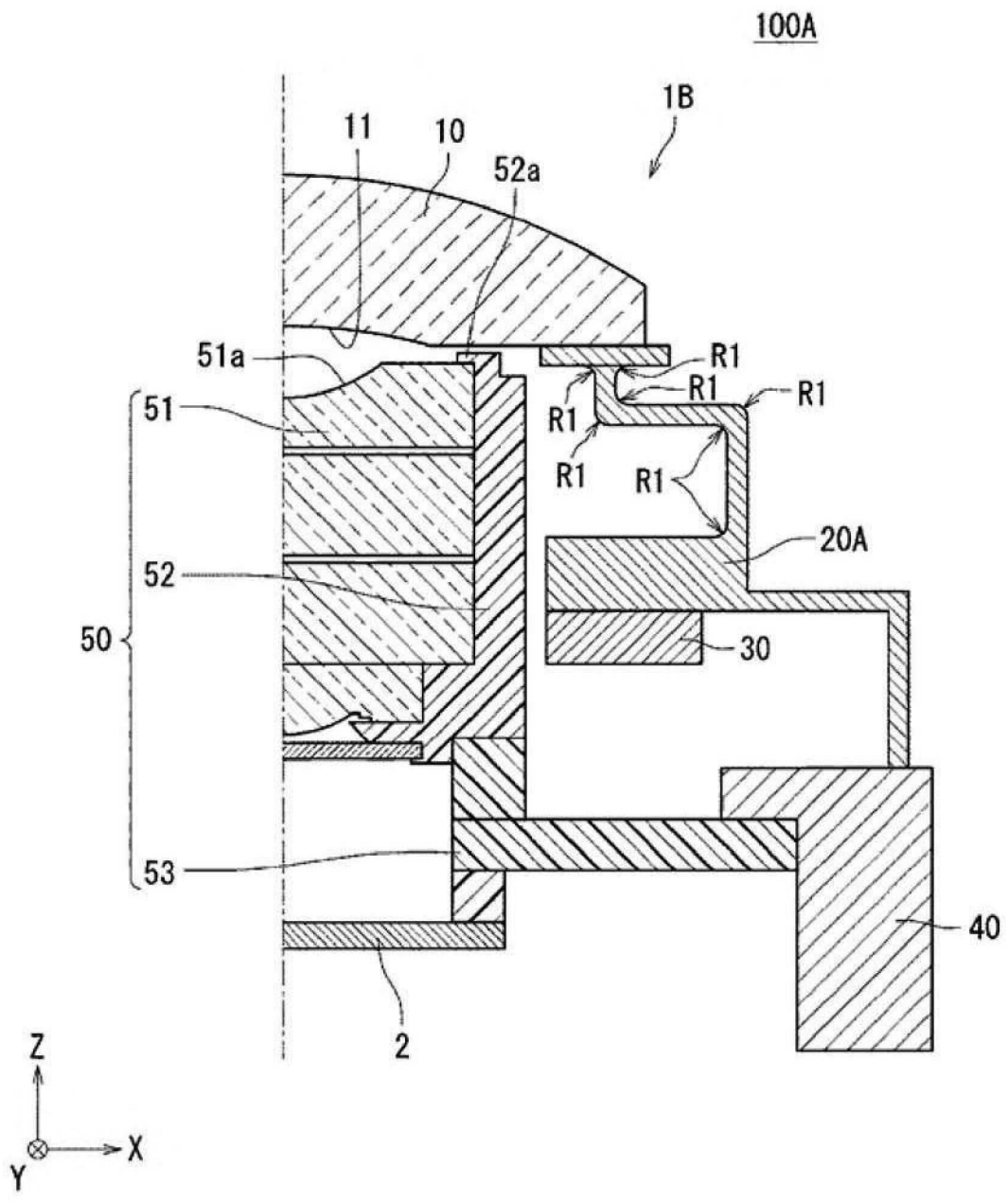


Fig. 13