



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/075777**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2014 007 040.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2014/079979**
(86) PCT-Anmeldetag: **12.11.2014**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **19.05.2016**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **10.08.2017**

(51) Int Cl.: **A61B 1/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:
Olympus Corporation, Hachioji-shi, Tokyo, JP

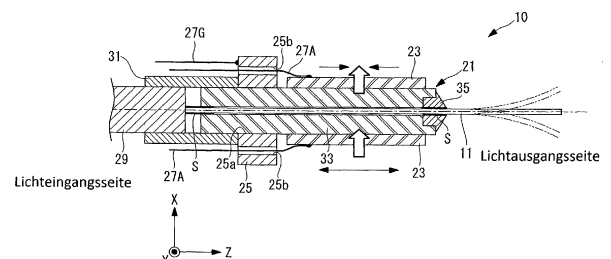
(72) Erfinder:
**Tsuruta, Hiroshi, Tokyo, JP; Kasai, Yasuaki,
Tokyo, JP; Yokota, Hirokazu, Tokyo, JP**

(74) Vertreter:
**Wuesthoff & Wuesthoff, Patentanwälte PartG
mbB, 81541 München, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Glasfaserabtaster, Beleuchtungsvorrichtung und Beobachtungsvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Es wird die Montageanpassung zum Ausrichten einer Glasfaser in Bezug auf ein optisches Beleuchtungssystem vereinfacht und die Präzision von diesem verbessert. Bereitgestellt wird ein Glasfaserabtaster (10) umfassend: eine Beleuchtungsglasfaser (11); einen Schwingungsübertragungskörper (21), der auf einer basalen Endseite der Beleuchtungsglasfaser (11) montiert ist; eine Vielzahl von piezoelektrischen Elementen (23), die am Schwingungsübertragungskörper (21) befestigt sind und die Beleuchtungsglasfaser (11) in Schwingung versetzen; und einen Befestigungsteil (25), an dem der Schwingungsübertragungskörper (21) an einer Position, die sich weiter auf einer basalen Endseite von den piezoelektrischen Elementen (23) entfernt befindet, montiert ist, und der die Beleuchtungsglasfaser (11) auf eine auslegerähnliche Weise über den Schwingungsübertragungskörper (21) stützen kann, wobei der Schwingungsübertragungskörper (21) einen säulenförmigen Teil (33), der aus einem elastischen Material besteht, an dem die Vielzahl von piezoelektrischen Elementen (23) befestigt sind, und der ein Durchgangsloch aufweist, durch das die Beleuchtungsglasfaser (11) eingeführt werden kann, und einen distalen Endteil (35), der an einem distalen Ende des säulenförmigen Teils (33) angeordnet ist, der die Beleuchtungsglasfaser (11) in einem montierten Zustand stützt und der eine Rotorform aufweist, in der eine Querschnittsfläche hiervon in einer radialen Richtung schrittweise zu einem distalen Ende der Beleuchtungsglasfaser (11) hin abnimmt, aufweist.



Beschreibung

{Technisches Gebiet}

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Glasfaserabtaster, eine Beleuchtungsvorrichtung und eine Beobachtungsvorrichtung.

{Bisheriger Stand der Technik}

[0002] Der bisherige Stand der Technik kennt Glasfaserabtaster, mit denen ein Bildgebungsgegenstand durch Ausstrahlung von Beleuchtungslicht mit Beleuchtungslicht abgetastet wird, während ein Abtasten mit dem distalen Ende einer Glasfaser in einer spiralförmigen Weise erfolgt, indem ein piezoelektrisches Element in Schwingung versetzt wird (siehe beispielsweise Patentschrift 1 und 2). Der in der Patentschrift 1 beschriebene Glasfaserabtaster weist einen Aufbau auf, bei der eine Glasfaser in eine im Wesentlichen zylindrische piezoelektrische Elementeneinheit eingeführt ist und ein Teil der Glasfaser, der sich weiter auf der Seite am basalen Ende vom distalen Ende hiervon befindet, am distalen Ende der piezoelektrischen Elementeneinheit mit einem Klebstoff fixiert ist. Zusätzlich weist der in der Patentschrift 2 beschriebene Glasfaserabtaster einen Aufbau auf, bei dem ein Teil der Glasfaser, der sich weiter auf der Seite am basalen Ende vom distalen Ende hiervon befindet, in einem montierten Zustand mit einem Stützelement wie einer dazwischen gesetzten ringförmigen Komponente, einem ringförmigen Stopfen, Klebstoffraupen o. Ä. fixiert ist.

{Liste der Anführungen}

{Patentliteratur}

[0003]

{PTL 1} Japanische ungeprüfte Patentanmeldung, Veröffentlichung Nr. 2011-217835

{PTL 2} Japanische Übersetzung der internationalen PCT-Anmeldung, Veröffentlichung Nr. 2010-523198

{Zusammenfassung der Erfindung}

{Technische Aufgabe}

[0004] Da aber die Form eines Klebstoffs dazu neigt, ungleichmäßig zu sein, besteht bei einer Konfiguration, bei der eine Glasfaser in Bezug auf eine piezoelektrische Elementeneinheit mit einem Klebstoff fixiert ist wie beim in der Patentschrift 1 beschriebenen Glasfaserabtaster das Problem, dass es höchstwahrscheinlich ist, dass Biegeschwingungen, die in zwei gegenseitig orthogonalen Richtungen erfolgen und als die Quellen für die in einem elastischen Teil erzeugten spiralförmigen Abtastbewegungen dienen, instabil werden. Das gleiche Problem tritt beim in der

Patentschrift 2 beschriebenen Glasfaserabtaster auf, bei dem die Glasfaser mit Klebstoffraupen fixiert ist.

[0005] Zusätzlich besteht beim in der Patentschrift 2 beschriebenen Glasfaserabtaster, bei dem die Glasfaser mit einem ringförmigen Stützelement wie einer dazwischen gesetzten Komponente oder einem ringförmigen Stopfen fixiert ist, die Gefahr eines Brechens der Glasfaser durch abrupte Laständerungen, da sich Querschnittsflächen zwischen einem Teil, in dem die Glasfaser durch solch ein ringförmiges Stützelement fixiert ist, und einem Teil, in dem die Glasfaser freiliegt, erheblich ändern.

[0006] Die vorliegende Erfindung wurde vor diesem Hintergrund entwickelt und eine Aufgabe hiervon besteht im Bereitstellen eines Glasfaserabtasters, einer Beleuchtungsvorrichtung und einer Beobachtungsvorrichtung, mit denen stabile Biegeschwingungen in einer Glasfaser bewirkt werden können.

{Technische Lösung}

[0007] Zum Erfüllen der zuvor beschriebenen Aufgabe stellt die vorliegende Erfindung die folgenden Lösungen bereit.

[0008] Ein erster Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Glasfaserabtaster umfassend: eine Glasfaser, die zum Ausstrahlen von Licht von einem distalen Ende hiervon Licht leitet; einen Schwingungsübertragungskörper, der an einem Teil weiter auf der basalen Endseite des distalen Endes der Glasfaser montiert ist und der Schwingungen auf die Glasfaser übertragen kann; eine Vielzahl von piezoelektrischen Elementen, die am Schwingungsübertragungskörper befestigt sind, die in radialen Richtungen der Glasfaser polarisiert sind und welche die Glasfaser über den Schwingungsübertragungskörper in Schwingung versetzen, wenn Wechselspannungen an diesen in den Polarisationsrichtungen angelegt werden; und einen Stützteil, der ein Montageloch aufweist, an dem der Schwingungsübertragungskörper an einer Position, die sich weiter auf einer basalen Endseite von den piezoelektrischen Elementen entfernt befindet, montiert ist, und der die Glasfaser auf eine auslegerähnliche Weise über den am Montageloch montierten Schwingungsübertragungskörper stützen kann, wobei der Schwingungsübertragungskörper einen hohlen säulenförmigen Teil, der aus einem elastischen Material besteht, an dem die Vielzahl von piezoelektrischen Elementen an Seitenflächen hiervon befestigt sind, und der ein Durchgangsloch aufweist, durch das die Glasfaser eingeführt werden kann, und einen distalen Endteil, der an einem distalen Ende des säulenförmigen Teils angeordnet ist, der die Glasfaser in einem montierten Zustand stützt und der eine Rotorform aufweist, in der eine Querschnittsfläche hiervon in einer radialen Richtung schrittweise zu einem distalen Ende der Glasfaser hin abnimmt, aufweist.

[0009] Mit diesem Aspekt dehnen sich die piezoelektrischen Elemente in Richtungen, die orthogonal zu den Polarisationsrichtungen sind, das heißt in der Längsrichtung der Glasfaser, und ziehen sich in diesen zusammen, wenn Wechselfspannungen an den piezoelektrischen Elementen in den Polarisationsrichtungen hiervon angelegt werden, wodurch Schwingungen erzeugt werden, und die Schwingungen in den piezoelektrischen Elementen werden über den Schwingungsübertragungskörper auf die Glasfaser übertragen. Zusätzlich werden durch Stützen der Glasfaser auf eine auslegerähnliche Weise mit dem Stützteil über den Schwingungsübertragungskörper die in den piezoelektrischen Elementen erzeugten Schwingungen, die zum basalen Ende der Glasfaser hin austreten, unterdrückt. Hierdurch kann das distale Ende der Glasfaser stabil in Schwingung versetzt werden und es kann somit mit dem vom distalen Ende der Glasfaser ausgestrahlten Licht entsprechend den Schwingungen der Glasfaser eine präzise Abtastung erfolgen.

[0010] In diesem Fall nehmen, da der distale Endteil, der die Glasfaser im Schwingungsübertragungskörper im montierten Zustand stützt, eine Rotorform aufweist, in welcher die Querschnittsfläche in der radialen Richtung schrittweise vom säulenförmigen Teil zum distalen Ende der Glasfaser hin abnimmt, Änderungen in der Querschnittsfläche schrittweise vom Teil, in dem die Glasfaser am distalen Endteil montiert ist, zum Teil, in dem das distale Ende der Glasfaser freiliegt, ab. Dadurch kann verhindert werden, dass sich durch die vom Schwingungsübertragungskörper auf die Glasfaser übertragene Lasten an einem Punkt in der Nähe des distalen Endes der Glasfaser konzentrieren, und somit kann ein Brechen der Glasfaser aufgrund abrupter Laständerungen verhindert werden. Somit können die in den piezoelektrischen Elementen erzeugten Schwingungen mit dem Schwingungsübertragungskörper stoßfrei auf die Glasfaser übertragen werden und die Glasfaser kann stabil in Schwingung versetzt werden.

[0011] Im zuvor beschriebenen Aspekt kann der distale Endteil im säulenförmigen Teil als ein separater Teil ausgebildet sein.

[0012] Durch Anwenden solch einer Konfiguration kann der distale Endteil und der säulenförmige Teil, die den Schwingungsübertragungskörper darstellen, durch Verwenden verschiedener Materialien gebildet und die Größen der Durchgangslöcher, in welche die Glasfaser eingeführt ist, zwischen dem distalen Endteil und dem säulenförmigen Teil unterschiedlich gestaltet werden.

[0013] Im zuvor beschriebenen Aspekt können der distale Endteil und der säulenförmige Teil als ein einziges Teil geformt sein.

[0014] Durch Anwenden solch einer Konfiguration tritt Spiel o. Ä. aufgrund der Variabilität in der Verarbeitungsgenauigkeit zwischen dem distalen Endteil und dem säulenförmigen Teil im Schwingungsübertragungskörper nicht auf. Daher können die Schwingungen in den piezoelektrischen Elementen stoßfrei auf die Glasfaser übertragen werden.

[0015] Ein zweiter Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Beleuchtungsvorrichtung umfassend: einen der zuvor beschriebenen Glasfaserabtaster; eine Lichtquelle, die das von der Glasfaser zu leitende Licht erzeugt; eine Fokussierlinse, die das von der Glasfaser ausgestrahlte Licht fokussiert; und ein Außenrohr, das die Fokussierlinse und den Glasfaserabtaster hält.

[0016] Mit diesem Aspekt kann eine gewünschte Position im Bildgebungsgegenstand durch Verwenden des Glasfaserabtasters, der stabile Biegeschwingungen in der Glasfaser bewirken kann, präzise beleuchtet werden.

[0017] Ein dritter Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Beobachtungsvorrichtung umfassend: die zuvor beschriebene Beleuchtungsvorrichtung; und einen Lichteinfassungsteil, der von einem Bildgebungsgegenstand zurückgegebenes und durch Ausstrahlen von Licht auf den Bildgebungsgegenstand mit der Beleuchtungsvorrichtung erzeugtes Rückgabellicht erfasst.

[0018] Mit diesem Aspekt tastet die Beleuchtungsvorrichtung den Bildgebungsgegenstand an einer gewünschten Position präzise mit Licht ab und somit wird das vom Bildgebungsgegenstand zurückgegebene Rückgabellicht vom Lichteinfassungsteil erfasst. Daher kann eine genaue Beobachtung auf der Basis von Bildinformationen eines gewünschten Beobachtungsbereichs im Bildgebungsgegenstand durchgeführt werden, die auf der Basis von vom Lichteinfassungsteil erfassten Rückgabellichtstärkesignalen erhalten werden.

{Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung}

[0019] Die vorliegende Erfindung bietet einen Vorteil, indem stabile Biegeschwingungen in einer Glasfaser bewirkt werden können.

{Kurze Beschreibung der Zeichnungen}

[0020] Fig. 1 zeigt eine Querschnittsansicht einer Endoskopvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entlang einer radialen Richtung einer Beleuchtungsglasfaser.

[0021] Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht des Glasfaserabtasters in Fig. 1.

[0022] Fig. 3 zeigt eine Querschnittsansicht des Schwingungsübertragungskörpers und des Befestigungsteils in Fig. 2 entlang der radialen Richtung der Beleuchtungsglasfaser.

[0023] Fig. 4A zeigt eine Seitenansicht eines säulenförmigen Teils des Schwingungsübertragungskörpers in Fig. 2.

[0024] Fig. 4B zeigt eine Querschnittsansicht des säulenförmigen Teils des Schwingungsübertragungskörpers in Fig. 2 entlang der Mittelachse.

[0025] Fig. 4C zeigt eine Draufsicht des säulenförmigen Teils des Schwingungsübertragungskörpers in Fig. 2 in der Richtung entlang der Mittelachse gesehen.

[0026] Fig. 5A zeigt eine Querschnittsansicht eines distalen Endteils des Schwingungsübertragungskörpers in Fig. 2 entlang der Mittelachse.

[0027] Fig. 5B zeigt eine Draufsicht des distalen Endteils des Schwingungsübertragungskörpers in Fig. 2 in der Richtung entlang der Mittelachse gesehen.

[0028] Fig. 6 zeigt ein Konfigurationsdiagramm eines Glasfaserabtasters gemäß einer ersten Modifizierung der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entlang der radialen Richtung einer Beleuchtungsglasfaser.

[0029] Fig. 7A zeigt eine Seitenansicht eines säulenförmigen Teils des Schwingungsübertragungskörpers in Fig. 6.

[0030] Fig. 7B zeigt eine Querschnittsansicht des säulenförmigen Teils des Schwingungsübertragungskörpers in Fig. 6 entlang der Mittelachse.

[0031] Fig. 7C zeigt eine Draufsicht des säulenförmigen Teils des Schwingungsübertragungskörpers in Fig. 6 in der Richtung entlang der Mittelachse gesehen.

[0032] Fig. 8 zeigt ein Konfigurationsdiagramm eines Glasfaserabtasters gemäß einer zweiten Modifizierung der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entlang der radialen Richtung einer Beleuchtungsglasfaser.

[0033] Fig. 9 zeigt ein Konfigurationsdiagramm eines Glasfaserabtasters gemäß einer dritten Modifizierung der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entlang der radialen Richtung einer Beleuchtungsglasfaser.

{Beschreibung der Ausführungsform}

[0034] Nachfolgend sind ein Glasfaserabtaster, eine Beleuchtungsvorrichtung und eine Beobachtungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in Bezug auf die Zeichnungen beschrieben.

[0035] Wie in Fig. 1 dargestellt wird eine Endoskopvorrichtung (Beobachtungsvorrichtung) **100** gemäß dieser Ausführungsform bereitgestellt mit: einer Lichtquelle **1**, die Beleuchtungslicht erzeugt; einer Beleuchtungsvorrichtung **3**, die das Beleuchtungslicht auf einen Bildgebungsgegenstand (nicht dargestellt) ausstrahlt; einem Fotodetektor (Lichterfassungsteil) **5**, wie eine Fotodiode, der Rückgabelicht wie Reflexlicht, Fluoreszenz o. Ä., das vom Bildgebungsgegenstand aufgrund der Bestrahlung mit dem Beleuchtungslicht zurückgegeben wird, erfasst; und einer Steuerung **7**, welche die Steuerung o. Ä. der Beleuchtungsvorrichtung **3** und des Fotodetektors **5** durchführt. Nachfolgend wird angenommen, dass die Längsrichtung der Endoskopvorrichtung **100** eine Z-Achsenrichtung ist, und es wird angenommen, dass zwei Richtungen, die orthogonal zur Längsrichtung der Endoskopvorrichtung **100** und die orthogonal zueinander sind, jeweils eine X-Achsenrichtung und eine Y-Achsenrichtung sind.

[0036] Die Beleuchtungsvorrichtung **3** ist ausgestattet mit: einem Glasfaserabtaster **10**, der eine Beleuchtungsglasfaser **11** aufweist, die das von der Lichtquelle **1** ausgestrahlte Beleuchtungslicht leitet und die das Beleuchtungslicht vom distalen Ende hiervon ausstrahlt; einer Fokussierlinse **13**, die das von der Beleuchtungsglasfaser **11** ausgestrahlte Beleuchtungslicht fokussiert; einem langen, dünnen zylindrischen Außenrohr **15**, das den Glasfaserabtaster **10** und die Fokussierlinse **13** aufnimmt; einem Abdeckteil **17**, der eine äußere Umfangsfläche eines Außenrohrs **15** abdeckt; und einer Vielzahl von Erfassungsglasfasern **19**, die zwischen dem Außenrohr **15** und dem Abdeckteil **17** angeordnet sind und die das vom Bildgebungsgegenstand kommende Rückgabelicht zum Fotodetektor **5** leiten.

[0037] Die Lichtquelle **1** und der Fotodetektor **5** sind auf der basalen Endseite des Glasfaserabtasters **10** angeordnet.

[0038] Die Steuerung **7** ist mit einer CPU (nicht dargestellt), welche die Beleuchtungsvorrichtung **3** und den Fotodetektor **5** steuert, und einem Speicher, der ein Programm zum Betreiben der CPU, verschiedene Signale zur Eingabe für die CPU usw. speichert, ausgestattet.

[0039] Wie in Fig. 2 und Fig. 3 dargestellt ist der Glasfaserabtaster **10** ausgestattet mit einer Beleuchtungsglasfaser (Glasfaser) **11** wie einer Mehrmo-

denfaser oder einer Einmodenfaser; einem Schwingungsübertragungskörper **21**, der Schwingungen auf die Beleuchtungsglasfaser **11** übertragen kann, indem er an einem Teil der Beleuchtungsglasfaser **11** weiter auf der basalen Endseite vom distalen Ende hiervon montiert ist; vier am Schwingungsübertragungskörper **21** befestigten piezoelektrischen Elementen **23**; einem Befestigungsteil (Stützteil) **25**, der die Beleuchtungsglasfaser **11** über den Schwingungsübertragungskörper **21** stützt; einer Antriebsleitung (GND) **27G**; und vier Leitungen **27A** und **27B**.

[0040] Zusätzlich ist der Glasfaserabtaster **10** mit einem Überzug **29**, der einen Teil der Beleuchtungsglasfaser **11** abdeckt, der sich weiter auf der Seite am basalen Ende als der Schwingungsübertragungskörper **21** befindet, und einem Knickschutzrohr **31**, welches das basale Ende der Beleuchtungsglasfaser **11** schützt, ausgestattet.

[0041] Die Beleuchtungsglasfaser **11** besteht aus einem Mittelmaterial, als Kern bezeichnet, und einem Hüllenmaterial, als Mantel bezeichnet, das die Außenseite des Mittelmaterials abdeckt. Kern und Mantel weisen unterschiedliche Brechungszahlen auf und bestehen jeweils aus Quarz oder einem Kunststoff. Zusätzlich wie in **Fig. 1** dargestellt ist die Beleuchtungsglasfaser **11** entlang der Längsrichtung des Außenrohrs **15** angeordnet; ein Ende hiervon erstreckt sich zum Äußeren am basalen Ende des Außenrohrs **15** und ist mit der Lichtquelle **1** verbunden und das andere Ende hiervon ist in der Nähe des Brennpunkts der Fokussierlinse **13** im Außenrohr **15** angeordnet.

[0042] Wie in **Fig. 2** dargestellt weist der Schwingungsübertragungskörper **21** einen hohlen säulenförmigen Teil **33**, der aus einem elastischen Material besteht und in dem die piezoelektrischen Elemente **23** an Seitenflächen hiervon befestigt sind, und einen distalen Endteil **35**, der am distalen Ende des säulenförmigen Teils **33** befestigt ist und der die Beleuchtungsglasfaser **11** in einem montierten Zustand stützt, auf. Sowohl der säulenförmige Teil **33** als auch der distale Endteil **35** bestehen aus einem Nickel- oder Kupfermaterial.

[0043] Wie in **Fig. 4A**, **Fig. 4B** und **Fig. 4C** dargestellt weist der säulenförmige Teil **33** ein Durchgangsloch **33a** auf, in das die Beleuchtungsfaser **11** eingeführt ist. Wie in **Fig. 2** dargestellt ist ein basaler Endteil des Durchgangslochs **33a** so ausgebildet, dass die eingeführte Beleuchtungsglasfaser **11** daran mit einem epoxidbasierten Klebstoff **S** befestigt ist, der auf einer äußeren Umfangsfläche der Beleuchtungsglasfaser **11** aufgebracht ist.

[0044] Zusätzlich weist der säulenförmige Teil **33** an einem Ende hiervon in der Längsrichtung eine Öffnung **33b** auf, in der die Form hiervon einen Höhenunterschied aufweist, in dem die Öffnungsfläche des

Durchgangslochs **33a** radial nach außen zunimmt. Diese Öffnung **33b** ist so ausgebildet, dass der distale Endteil **35** im montierten Zustand gehalten werden kann. Zusätzlich weist der säulenförmige Teil **33** wie in **Fig. 3** dargestellt eine im Wesentlichen quadratische säulenförmige äußere Form auf und die piezoelektrischen Elemente **23** sind an den jeweils vier Seitenflächen mit dem epoxidbasierten Klebstoff befestigt.

[0045] Wie in **Fig. 5A** und **Fig. 5B** dargestellt besteht der distale Endteil **35** aus einem zylindrischen Befestigungsteil **35a**, der an der Öffnung **33b** des säulenförmigen Teils **33** in einem montierten Zustand befestigt ist, und einem Vorsprung **35b**, der in der Längsrichtung des säulenförmigen Teils **33** in einem Zustand hervorsteht, in dem der Befestigungsteil **35a** am säulenförmigen Teil **33** befestigt ist. Der Vorsprung **35b** weist eine Rotorform auf, die sich radial nach außen vom Befestigungsteil **35a** ausbreitet und in der die Querschnittsfläche hiervon in der radialen Richtung schrittweise zunimmt, um eine konische Form weg vom Befestigungsteil **35a** zu bilden.

[0046] Zusätzlich weist der distale Endteil **35** ein Montageloch **35c** auf, durch das die Beleuchtungsglasfaser **11** durch Führen durch den Befestigungsteil **35a** und den Vorsprung **35b** montiert wird. Wie in **Fig. 2** dargestellt ist die montierte Beleuchtungsglasfaser **11** am Montageloch **35c** mit dem auf der äußeren Umfangsfläche der Beleuchtungsglasfaser **11** aufgetragenen epoxidbasierten Klebstoff **S** befestigt.

[0047] Wie in **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellt besteht der Befestigungsteil **25** aus einem Metallmaterial wie Edelstahl o. Ä. und ist in einer Ringform ausgebildet. Eine äußere Umfangsfläche des Befestigungsteils **25** ist an einer Innenwand des Außenrohrs **15** mit dem epoxidbasierten Klebstoff befestigt. Zusätzlich weist der Befestigungsteil **25** ein Montageloch **25a** auf, in dem der säulenförmige Teil **33** des Schwingungsübertragungskörpers **21** montiert ist, und der Schwingungsübertragungskörper **21** ist fest daran durch Füllen eines leitenden epoxidbasierten Klebstoffs in Teilen, in denen sich Spalte bilden, wenn der Schwingungsübertragungskörper **21** am Montageloch **25a** befestigt wird, befestigt.

[0048] Der Befestigungsteil **25** ist so ausgebildet, dass der Schwingungsübertragungskörper **21** daran mit dem Montageloch **25a** an einer Position befestigt ist, die sich weiter auf der basalen Endseite von den piezoelektrischen Elementen **23** weg befindet, wodurch die Beleuchtungsglasfaser **11** auf eine auslegerähnliche Weise gestützt wird. Dadurch ist der Befestigungsteil **25** so ausgebildet, dass an dieser Position der Beleuchtungsglasfaser **11** erzeugte Schwingungen in der radialen Richtung unterdrückt werden. Zusätzlich wird, selbst wenn Schwingungen von den piezoelektrischen Elementen **23** zum basalen Ende

der Beleuchtungsglasfaser **11** hin austreten, verhindert, dass diese Schwingungen durch Unterworfensein von Änderungen der Formen hiervon aufgrund der Einflüsse von einigen Faktoren am Zurückkehren gehindert werden. Daher kann mit dem Befestigungsteil **25** ein Destabilisieren der Schwingungsformen der piezoelektrischen Elemente **23** und Schwingungen in der Beleuchtungsglasfaser **11** verhindert werden.

[0049] Zusätzlich ist der Befestigungsteil **25** elektrisch mit Elektroden an den Rückseiten der vier piezoelektrischen Elemente **23** über den Schwingungsübertragungskörper **21** verbunden und ist so ausgebildet, dass er als eine gemeinsame Masse beim Antrieb der piezoelektrischen Elemente **23** dient. Zusätzlich weist der Befestigungsteil **25** vier Durchgangslöcher **25b** auf, durch welche die Leitungen **27A** und **27B** laufen. Es ist wünschenswert, dass die Durchgangslöcher **25b** einzeln so ausgebildet sind, dass sie parallel zur Mittelachse des Befestigungsteils **25** sind. Dadurch wird das Anordnen der Leitungen **25A** und **25B** in Bezug auf die piezoelektrischen Elemente **23** erleichtert und es können somit die piezoelektrischen Elemente **23** ohne unnötige Zunahme der Längen der Leitungen **25A** und **25B** verbunden werden.

[0050] Wie in **Fig. 2** dargestellt deckt der Überzug **29** die Beleuchtungsglasfaser **11** so ab, dass sich ein Spalt in Bezug auf den Schwingungsübertragungskörper **21** bildet. Die Maße der äußeren Form des Überzugs **29** sind nahezu identisch mit den Maßen der äußeren Form des säulenförmigen Teils **33** des Schwingungsübertragungskörpers **21**.

[0051] Das Knickschutzrohr **31** weist eine Rohrform auf und ist angrenzend an den Befestigungsteil **25** entlang der Längsrichtung der Beleuchtungsglasfaser **11** angeordnet. Der rückseitige Endteil des Schwingungsübertragungskörpers **21**, der zum basalen Ende der Beleuchtungsglasfaser **11** vom Befestigungsteil **25** hervorsticht und der distale Endteil des Überzugs **29** sind mit dem Knickschutzrohr **31** miteinander montiert und die verbundenen Flächen sind mit einem Klebstoff befestigt. Mit dem Überzug **29** und dem Knickschutzrohr **31** kann ein Knicken des Teils der Beleuchtungsglasfaser **11** weiter auf der basalen Endseite als der Schwingungsübertragungskörper **21** verhindert werden.

[0052] Die piezoelektrischen Elemente **23** bestehen aus einem piezoelektrischen Keramikmaterial wie beispielsweise Bleizirconattitanat (PZT) o. Ä. und sind in einer langen, dünnen blechförmigen Form ausgebildet. Zusätzlich werden die piezoelektrischen Elemente **23** einer Pluspolbehandlung auf den Vorderflächen hiervon unterzogen, einer Minuspolbehandlung auf den Rückflächen hiervon unterzogen und werden in einer Richtung vom Pluspol zum Mi-

nuspol, das heißt in der Blechstärkenrichtung, polarisiert.

[0053] Wie in **Fig. 2** dargestellt sind auf den einzelnen Seitenflächen des säulenförmigen Teils **33** des Schwingungsübertragungskörpers **21** die vier piezoelektrischen Elemente **23** einzeln an den gleichen Positionen in der Längsrichtung der Beleuchtungsglasfaser **11** angeordnet. Es ist wünschenswert, dass die Spalte zwischen den piezoelektrischen Elementen **23** und dem Befestigungsteil **25** groß genug sind, damit das Dehnen/Zusammenziehen in wenigstens einer Richtung, die sich mit den Polarisationsrichtungen der piezoelektrischen Elemente **23** schneidet, nicht verhindert wird. Somit verhindert der Befestigungsteil **25** nicht das Dehnen/Zusammenziehen der Beleuchtungsglasfaser **11** in der Längsrichtung, das durch die piezoelektrischen Elemente **23** bewirkt wird.

[0054] Zusätzlich sind wie in **Fig. 3** mit Pfeilen, welche die Polarisationsrichtungen zeigen, dargestellt die jeweiligen Paare von piezoelektrischen Elementen **23**, die zueinander in der radialen Richtung der Beleuchtungsglasfaser **11** zeigen, so angeordnet, dass die Polarisationsrichtungen hiervon in den gleichen Richtungen ausgerichtet sind. Zusätzlich sind die Leitungen **27A**, welche die A-Phase bilden, durch den leitenden epoxidbasierten Klebstoff mit den Elektrodenoberflächen des ersten Paares von piezoelektrischen Elementen **23** verbunden und die Leitungen **27B**, welche die B-Phase bilden, sind mit den Elektrodenoberflächen des zweiten Paares der piezoelektrischen Elemente **23** verbunden.

[0055] Die piezoelektrischen Elemente **23** sind so ausgebildet, dass Schwingungen (seitliche Einwirkungen), die ein Dehnen/Zusammenziehen in Richtungen orthogonal zu den Polarisationsrichtungen hiervon bewirken, erzeugt werden, wenn Wechselspannungen darauf in den Polarisationsrichtungen durch die Leitungen **27A** und **27B** angelegt werden. Zusätzlich dehnt sich, wenn sich eines der piezoelektrischen Elemente **23** in einem Paar zusammenzieht, das andere piezoelektrische Element **23**. Dadurch übertragen die jeweiligen Paare von piezoelektrischen Elementen **23** diese Schwingungen auf die Beleuchtungsglasfaser **11** über den Schwingungsübertragungskörper **21** und somit kann das distale Ende der Beleuchtungsglasfaser **11** in Richtungen in Schwingung versetzt werden, die sich mit der Längsrichtung schneiden.

[0056] Wie in **Fig. 2** dargestellt ist ein Ende der Leitung **27G** mit dem Befestigungsteil **25** durch einen leitenden epoxidbasierten Klebstoff verbunden. Die Leitungen **27A** und **27B** werden nach dem Führen durch die Durchgangslöcher **25b** des Befestigungsteils **25** mit den piezoelektrischen Elementen **23** verbunden und werden an den Durchgangslöchern **25b** mit dem epoxidbasierten Klebstoff befestigt.

[0057] Wie in **Fig. 1** dargestellt bestehen die Erfassungsglasfasern **19** aus langen, dünnen Glasmaterialien und sind an der äußeren Umfangsfläche des Außenrohrs **15** entlang der Längsrichtung angeordnet. Die Erfassungsglasfasern **19** sind in der Umfangsrichtung des Außenrohrs **15** mit Abständen zueinander angeordnet. Zusätzlich sind die einen Enden der Erfassungsglasfasern **19** am distalen Ende des Außenrohrs **15** angeordnet und die anderen Enden hiervon sind mit dem Fotodetektor **5** verbunden.

[0058] Zusätzlich zum Steuern der Beleuchtungsvorrichtung **3** und des Fotodetektors **5** ist die Steuerung **7** so ausgebildet, dass Bildinformationen durch Verknüpfen von vom Fotodetektor **5** erfassten Rückgabelichtstärkesignalen und Informationen zu vom Glasfaserabtaster **10** mit dem Beleuchtungslicht abgetasteten Positionen (Abtastpositionsinformationen) erzeugt werden können.

[0059] Nachfolgend ist die Bedienung des so ausgebildeten Glasfaserabtasters **10**, der Beleuchtungsvorrichtung **3** und der Endoskopvorrichtung **100** beschrieben.

[0060] Zum Beobachten eines Bildgebungsgegenstands mit dem Glasfaserabtaster **10**, der Beleuchtungsvorrichtung **3** und der Endoskopvorrichtung **100** gemäß dieser Ausführungsform wird zunächst das distale Ende des Außenrohrs **15** so angeordnet, dass es zum Bildgebungsgegenstand zeigt, und von der Lichtquelle **1** wird das Beleuchtungslicht erzeugt. Das von der Lichtquelle **1** ausgestrahlte Beleuchtungslicht wird von der Beleuchtungsglasfaser **11** geleitet und vom distalen Ende hiervon ausgestrahlt und die Fokussierlinse **13** strahlt das Beleuchtungslicht auf den Bildgebungsgegenstand.

[0061] Wenn Rückgabelicht wie Reflexlicht, Fluoreszenz o. Ä. am Bildgebungsgegenstand aufgrund der Bestrahlung mit dem Beleuchtungslicht erzeugt wird, wird dieses Rückgabelicht von den Erfassungsglasfasern **19** geleitet und vom Fotodetektor **5** erfasst. Anschließend verknüpft die Steuerung **7** die vom Fotodetektor **5** ausgegebenen Rückgabelichtstärkesignale mit den Abtastpositionsinformationen des Glasfaserabtasters **10**, wodurch die Signale in Bildinformationen umgewandelt werden. Somit kann ein Bild des mit dem Beleuchtungslicht bestrahlten Bildgebungsgegenstands erzeugt werden.

[0062] Nachfolgend ist das Abtasten mit dem Beleuchtungslicht durch den Glasfaserabtaster **10** beschrieben.

[0063] Zum Abtasten mit dem Beleuchtungslicht durch den Glasfaserabtaster **10** wird zunächst eine Biegeresonanzfrequenz der Beleuchtungsglasfaser **11**, bei der ein Knoten in der Nähe der Mitte des Befestigungsteils **25** in der axialen Richtung auftritt

und ein Bauch im distalen Endteil der Beleuchtungsglasfaser **11** auftritt, erregt.

[0064] Wenn eine Wechsellspannung entsprechend der Biegeresonanzfrequenz am ersten Paar von piezoelektrischen Elementen (**23**) (nachfolgend als piezoelektrische Elemente der A-Phase **23** bezeichnet) angelegt wird, werden Schwingungen in diesen piezoelektrischen Elementen der A-Phase **23** erzeugt. Anschließend werden die in den piezoelektrischen Elementen der A-Phase **23** erzeugten Schwingungen über den Schwingungsübertragungskörper **21** auf die Beleuchtungsglasfaser **11** übertragen und somit wird der distale Endteil der Beleuchtungsglasfaser **11** in einer Richtung, die sich mit der Längsrichtung schneidet (beispielsweise der Richtung der X-Achse (A-Phase) in **Fig. 1** bis **Fig. 3**), in Schwingung versetzt.

[0065] Auf ähnliche Weise werden, wenn eine Wechsellspannung entsprechend der Biegeresonanzfrequenz am zweiten Paar von piezoelektrischen Elementen (**23**) (nachfolgend als piezoelektrische Elemente der B-Phase **23** bezeichnet) angelegt wird, Schwingungen in diesen piezoelektrischen Elementen der B-Phase **23** erzeugt. Anschließend werden die in den piezoelektrischen Elementen der A-Phase **23** erzeugten Schwingungen über den Schwingungsübertragungskörper **21** auf die Beleuchtungsglasfaser **11** übertragen und somit wird der distale Endteil der Beleuchtungsglasfaser **11** in einer Richtung, die orthogonal zur X-Achsen-Richtung ist (beispielsweise der Richtung der Y-Achse (B-Phase) in **Fig. 1** bis **Fig. 3**), in Schwingung versetzt.

[0066] Durch gleichzeitiges Erzeugen der Schwingungen in der X-Achsen-Richtung durch die piezoelektrischen Elemente der A-Phase **23** und der Schwingungen in der Y-Achsen-Richtung durch die piezoelektrischen Elemente der B-Phase **23** und durch Versetzen der Phasen der auf die piezoelektrischen Elemente der A-Phase **23** und die piezoelektrischen Elemente der B-Phase **23** anzuwendenden wechselnden Signale um $\pi/2$ folgen die Schwingungen im distalen Endteil der Beleuchtungsglasfaser **11** einer kreisförmigen Bahn. Wenn die Höhe der an den piezoelektrischen Elementen der A-Phase **23** und den piezoelektrischen Elementen der B-Phase **23** anzulegenden Wechsellspannungen schrittweise in diesem Zustand zunimmt und abnimmt (was Spannungsmodulationen verursacht), wird das distale Ende der Beleuchtungsglasfaser **11** in einer spiralförmigen Weise in Schwingung versetzt. Dadurch kann mit dem vom distalen Ende der Beleuchtungsglasfaser **11** ausgestrahlte Beleuchtungslicht der Bildgebungsgegenstand in einer spiralförmigen Weise abgetastet werden.

[0067] In diesem Fall nehmen beim Glasfaserabtaster **10** gemäß dieser Ausführungsform, da der distale Endteil **35**, der die Beleuchtungsglasfaser **11**

im Schwingungsübertragungskörper **21** im montierten Zustand stützt, eine Rotorform aufweist, in welcher die Querschnittsfläche in der radialen Richtung schrittweise vom säulenförmigen Teil **33** zum distalen Ende der Beleuchtungsglasfaser **11** hin abnimmt, Änderungen in der Querschnittsfläche schrittweise vom Teil, in dem die Beleuchtungsglasfaser **11** am distalen Endteil **35** montiert ist, zum Teil, in dem das distale Ende der Glasfaser **11** freiliegt, ab.

[0068] Dadurch kann verhindert werden, dass sich durch die vom Schwingungsübertragungskörper **21** auf die Beleuchtungsglasfaser **11** übertragene Lasten an einem Punkt in der Nähe des distalen Endes der Beleuchtungsglasfaser **11** konzentrieren, und somit kann ein Brechen der Beleuchtungsglasfaser **11** aufgrund abrupter Laständerungen verhindert werden. Somit können die in den piezoelektrischen Elementen **23** erzeugten Schwingungen mit dem Schwingungsübertragungskörper **21** stoßfrei auf die Beleuchtungsglasfaser **11** übertragen werden und die Beleuchtungsglasfaser **11** kann stabil in Schwingung versetzt werden.

[0069] Zusätzlich können durch Ausbilden des säulenförmigen Teils **33** und des distalen Endteils **35** des Schwingungsübertragungskörpers **21** als separate Teile beispielsweise der säulenförmige Teil **33** und der distale Endteil **35** durch Verwenden unterschiedlicher Materialien gebildet werden und die Größe des Durchgangslochs **33a** des säulenförmigen Teils **33** und die des Montagelochs **35c** des distalen Endteils **35** unterschiedlich gestaltet werden.

[0070] Zusätzlich kann mit der Beleuchtungsvorrichtung **3** gemäß dieser Ausführungsform durch Verwenden solch eines Glasfaserabtasters **10** eine gewünschte Position im Bildgebungsgegenstand präzise beleuchtet werden. Ferner kann mit der Endoskopvorrichtung **100** gemäß dieser Ausführungsform eine genaue Beobachtung auf der Basis von Bildinformationen eines gewünschten Beobachtungsbereichs im Bildgebungsgegenstand durchgeführt werden, die auf der Basis von vom Fotodetektor **5** erfassten Rückgabelichtstärkesignalen erhalten werden.

[0071] Diese Ausführungsform kann wie nachfolgend beschrieben modifiziert werden.

[0072] In dieser Ausführungsform wurde der Schwingungsübertragungskörper **21**, in dem der säulenförmige Teil **33** und der distale Endteil **35** als separate Teile ausgebildet sind, als ein Beispiel für den Schwingungsübertragungskörper beschrieben. Alternativ ist es zulässig, als eine erste Modifizierung einen Schwingungsübertragungskörper **41** zu verwenden, in dem der säulenförmige Teil **33** und der distale Endteil **35** als ein einziges Teil geformt sind, wie in **Fig. 6**, **Fig. 7A**, **Fig. 7B** und **Fig. 7C** dargestellt.

[0073] Hierdurch tritt Spiel o. Ä. aufgrund der Variabilität in der Verarbeitungsgenauigkeit zwischen dem distalen Endteil **35** und dem säulenförmigen Teil **33** im Schwingungsübertragungskörper **41** nicht auf. Daher können die Schwingungen in den piezoelektrischen Elementen **23** über den Schwingungsübertragungskörper **41** stoßfrei auf die Beleuchtungsglasfaser **11** übertragen werden.

[0074] Als eine zweite Modifizierung ist es zulässig, als Schwingungsübertragungskörper beispielsweise einen Schwingungsübertragungskörper **43** zu verwenden, der ein rückseitiges Endteil **45** mit der gleichen Form wie das distale Endteil **35** wie in **Fig. 8** dargestellt umfasst. In diesem Fall kann der säulenförmige Teil **33** an beiden Enden in der Längsrichtung die Öffnungen **33b** aufweisen, in denen die Formen hiervon einen Höhenunterschied aufweisen, in dem die Öffnungsflächen der Durchgangslöcher **33a** radial nach außen zunehmen, und der distale Endteil **35** sowie der rückseitige Endteil **45** können im montierten Zustand mit den einzelnen Öffnungen **33b** gehalten werden.

[0075] Mit dieser Modifizierung kann der Schwingungsübertragungskörper **43** verwendet werden, wenn er mit dem distalen Endteil **35** zum distalen Ende der Beleuchtungsglasfaser **11** hin zeigend angeordnet ist sowie wenn er mit dem rückseitigen Endteil **45** zum distalen Ende der Beleuchtungsglasfaser **11** hin angeordnet ist. Zusätzlich verringert, da der Schwingungsübertragungskörper **43** eine kleine Komponente ist, das Beseitigen des Erfordernisses, die Ausrichtung des Schwingungsübertragungskörpers **43** während der Herstellung zu berücksichtigen, die Komplexität der Herstellung. Zusätzlich können durch Ausbilden des säulenförmigen Teils **33**, des distalen Endteils **35** und des rückseitigen Endteils **45** als separate Teile diese Komponenten durch Verwenden unterschiedlicher Materialien gebildet werden und die Größe des Durchgangslochs **33a** des säulenförmigen Teils **33** und die der Montagelöcher **35c** des distalen Endteils **35** und des rückseitigen Endteils **45** einfach unterschiedlich gestaltet werden.

[0076] In dieser Modifizierung wurde der Schwingungsübertragungskörper **43**, in dem der säulenförmige Teil **33**, der distale Endteil **35** und der rückseitige Endteil **45** als separate Teile ausgebildet sind, als ein Beispiel beschrieben. Alternativ ist es zulässig, als eine dritte Modifizierung einen Schwingungsübertragungskörper **47**, in dem der säulenförmige Teil **33**, der distale Endteil **35** und der rückseitige Endteil **45** als ein einziges Teil geformt sind, wie in **Fig. 9** dargestellt, zu verwenden.

[0077] Hierdurch tritt Spiel o. Ä. aufgrund der Variabilität in der Verarbeitungsgenauigkeit zwischen dem säulenförmigen Teil **33** und sowohl dem distalen Endteil **35** als auch dem rückseitigen Endteil **45** im

Schwingungsübertragungskörper **47** nicht auf. Daher können die Schwingungen in den piezoelektrischen Elementen **23** über den Schwingungsübertragungskörper **47** stoßfrei auf die Beleuchtungsglasfaser **11** übertragen werden.

[0078] Wie zuvor beschrieben sind, obwohl die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausführlich in Bezug auf die Zeichnungen beschrieben wurde, spezifische Konfigurationen nicht auf diese Ausführungsform beschränkt, und Gestaltungsänderungen o. Ä., die nicht vom Umfang der vorliegenden Erfindung abweichen, sind ebenfalls inbegriffen. Beispielsweise ist die vorliegende Erfindung nicht auf die Anwendungen in der Ausführungsform und die Modifizierungen hiervon wie zuvor beschrieben beschränkt; die vorliegende Erfindung kann auf Ausführungsformen angewendet werden, in denen diese Ausführungsformen und Modifizierungen hiervon entsprechend kombiniert sind, und es besteht keine besondere Beschränkung.

Bezugszeichenliste

1	Lichtquelle
3	Beleuchtungsvorrichtung
5	Fotodetektor
10	Glasfaserabtaster
11	Beleuchtungsglasfaser (Glasfaser)
13	Fokussierlinse
15	Außenrohr
21, 41, 43, 47	Schwingungsübertragungskörper
23	piezoelektrisches Element
25	Befestigungsteil (Stützteil)
25a	Montageloch
33	säulenförmiger Teil
33a	Durchgangsloch
35	distaler Endteil
100	Endoskopvorrichtung (Beobachtungsvorrichtung)

Patentansprüche

1. Glasfaserabtaster umfassend:
eine Glasfaser, die zum Ausstrahlen von Licht von einem distalen Ende hiervon Licht leitet;
einen Schwingungsübertragungskörper, der an einem Teil weiter auf der basalen Endseite des distalen Endes der Glasfaser montiert ist und der Schwingungen auf die Glasfaser übertragen kann;
eine Vielzahl von piezoelektrischen Elementen, die am Schwingungsübertragungskörper befestigt sind, die in radialen Richtungen der Glasfaser polarisiert sind und welche die Glasfaser über den Schwingungsübertragungskörper in Schwingung versetzen, wenn Wechselspannungen an diesen in den Polarisationsrichtungen angelegt werden; und

einen Stützteil, der ein Montageloch aufweist, an dem der Schwingungsübertragungskörper an einer Position, die sich weiter auf einer basalen Endseite von den piezoelektrischen Elementen entfernt befindet, montiert ist, und der die Glasfaser auf eine auslegerähnliche Weise über den am Montageloch montierten Schwingungsübertragungskörper stützen kann, wobei der Schwingungsübertragungskörper einen hohlen säulenförmigen Teil, der aus einem elastischen Material besteht, an dem die Vielzahl von piezoelektrischen Elemente an Seitenflächen hiervon befestigt sind, und der ein Durchgangsloch aufweist, durch das die Glasfaser eingeführt werden kann, und einen distalen Endteil, der an einem distalen Ende des säulenförmigen Teils angeordnet ist, der die Glasfaser in einem montierten Zustand stützt und der eine Rotorform aufweist, in der eine Querschnittsfläche hiervon in einer radialen Richtung schrittweise zu einem distalen Ende der Glasfaser hin abnimmt, aufweist.

2. Glasfaserabtaster nach Anspruch 1, bei dem der distale Endteil im säulenförmigen Teil als ein separater Teil ausgebildet ist.

3. Glasfaserabtaster nach Anspruch 1, bei dem der distale Endteil und der säulenförmige Teil als ein einziges Teil geformt sind.

4. Beleuchtungsvorrichtung umfassend:
einen Glasfaserabtaster nach einem der Ansprüche 1 bis 3;
eine Lichtquelle, die das von der Glasfaser zu leitende Licht erzeugt;
eine Fokussierlinse, die das von der Glasfaser ausgestrahlte Licht fokussiert; und
ein Außenrohr, das die Fokussierlinse und den Glasfaserabtaster hält.

5. Beobachtungsvorrichtung umfassend:
eine Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 4; und
einen Lichteinfangteil, der von einem Bildgebungsgegenstand zurückgegebenes und durch Ausstrahlen von Licht auf den Bildgebungsgegenstand mit der Beleuchtungsvorrichtung erzeugtes Rückgabelicht erfasst.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

FIG. 2

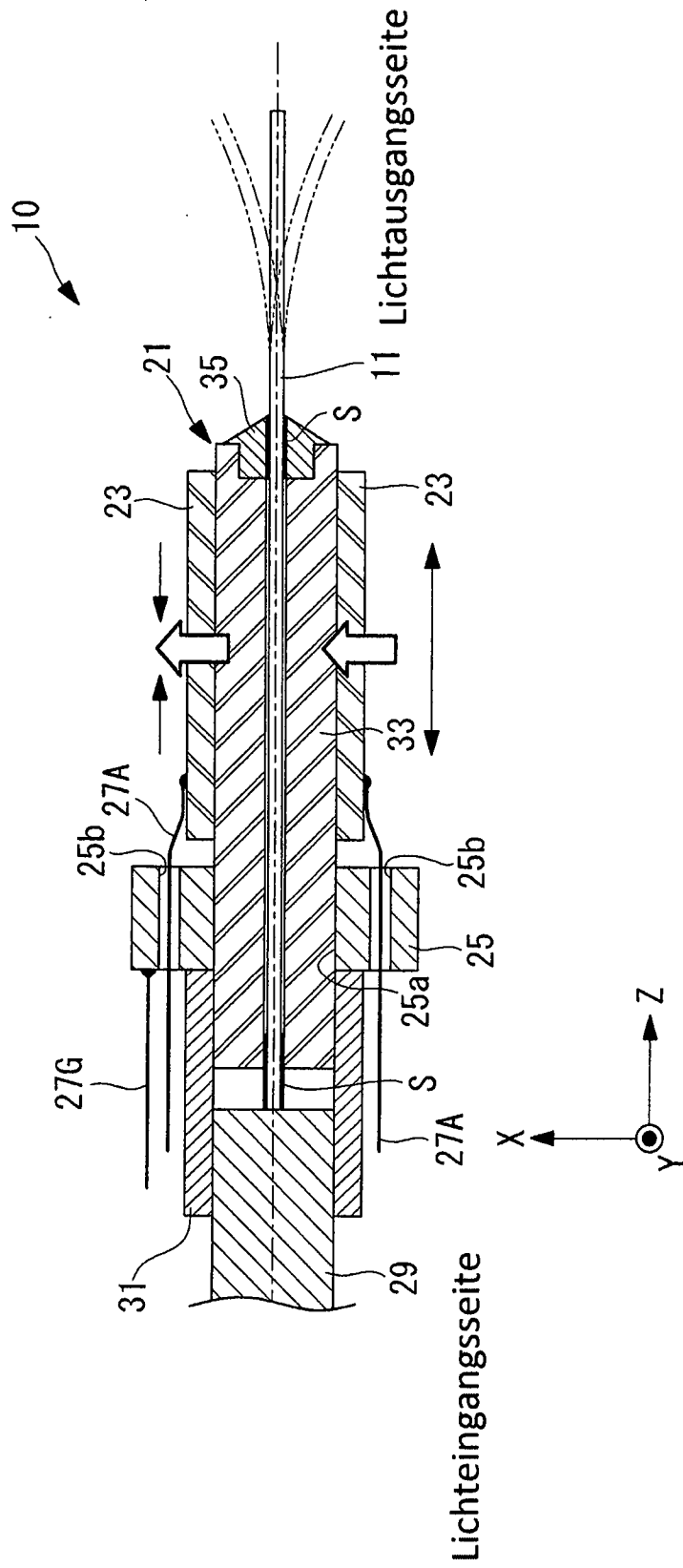


FIG. 3

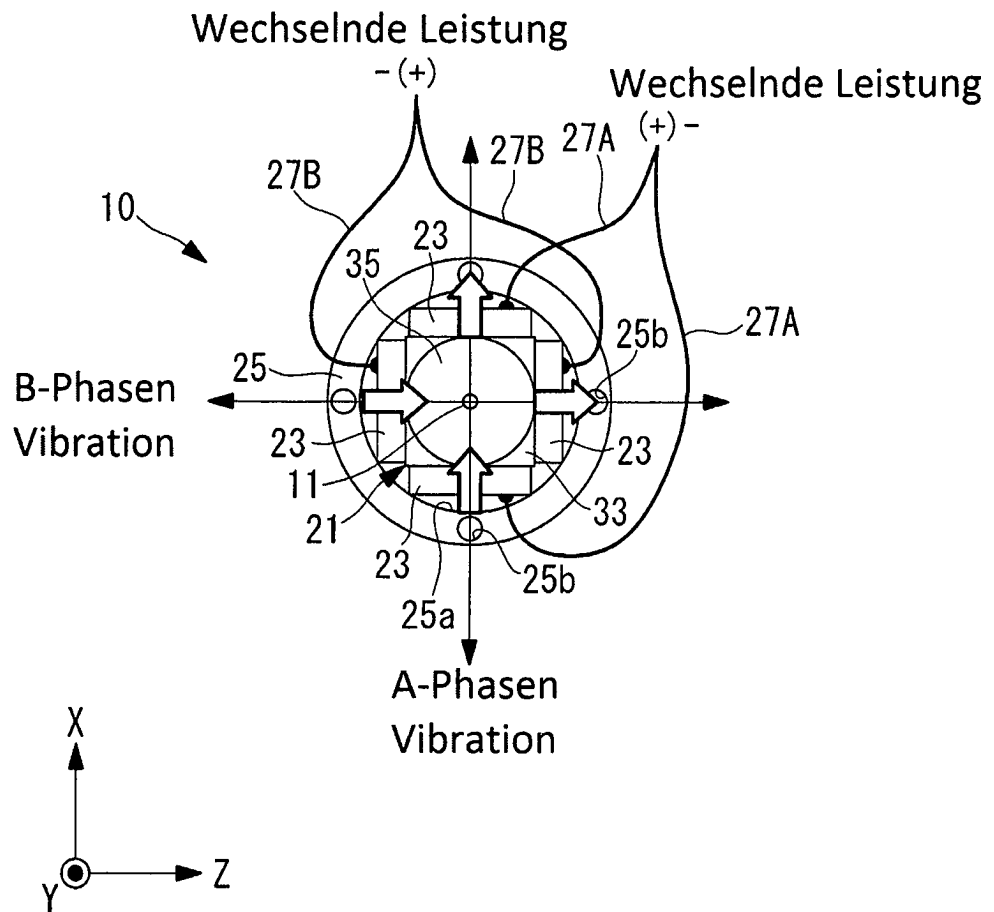


FIG. 4A

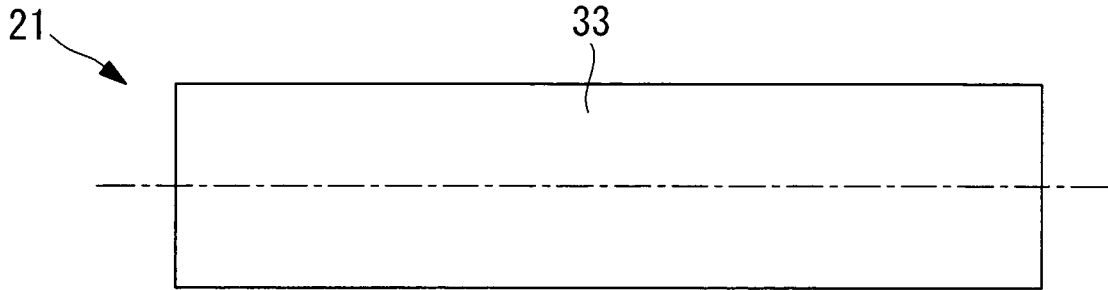


FIG. 4B

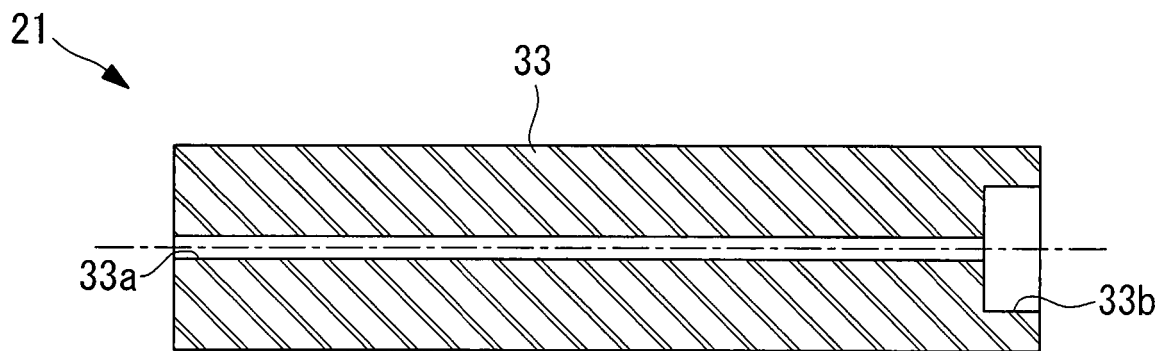


FIG. 4C

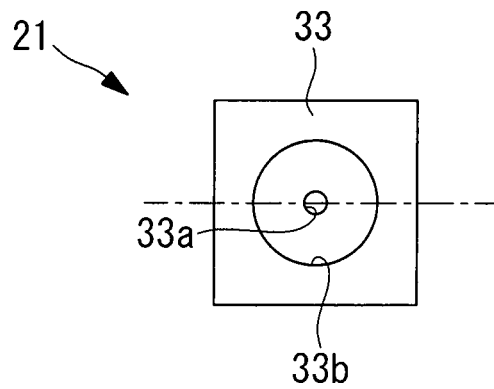


FIG. 5A

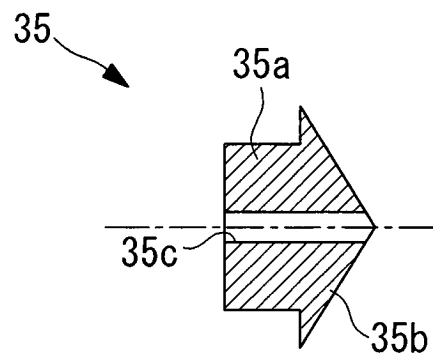


FIG. 5B

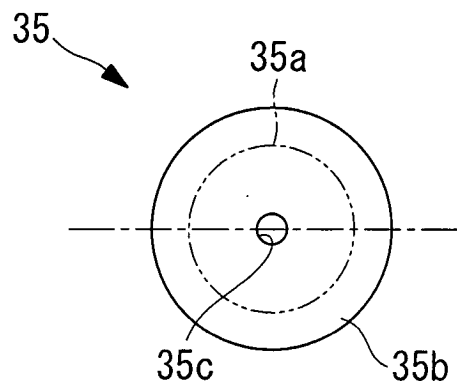


FIG. 6

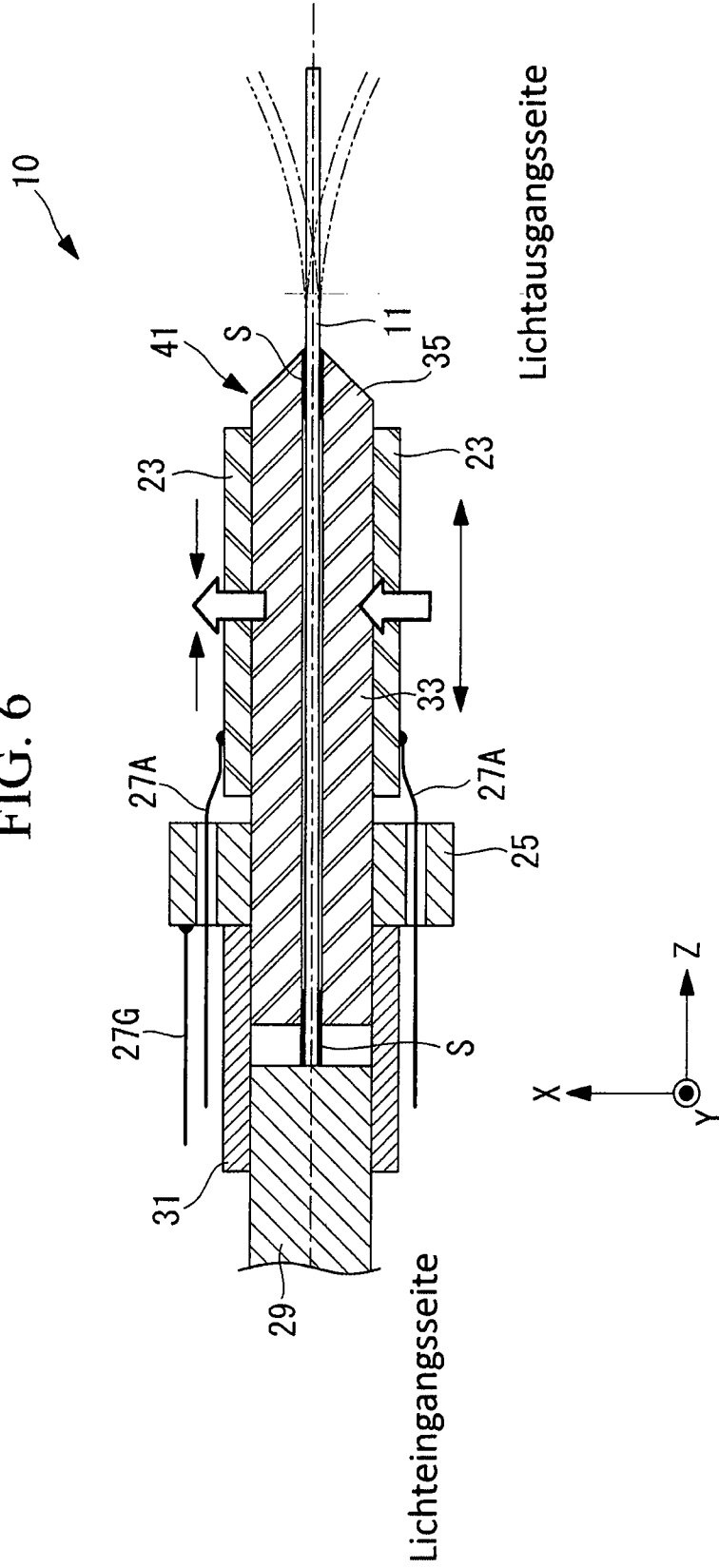


FIG. 7A

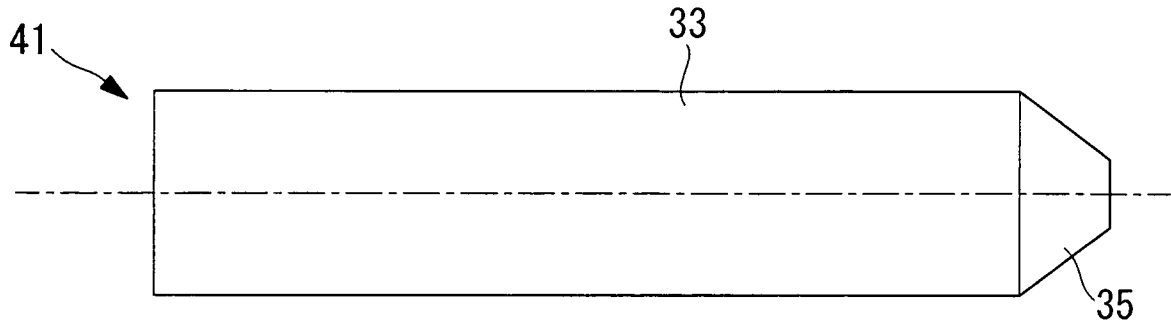


FIG. 7B

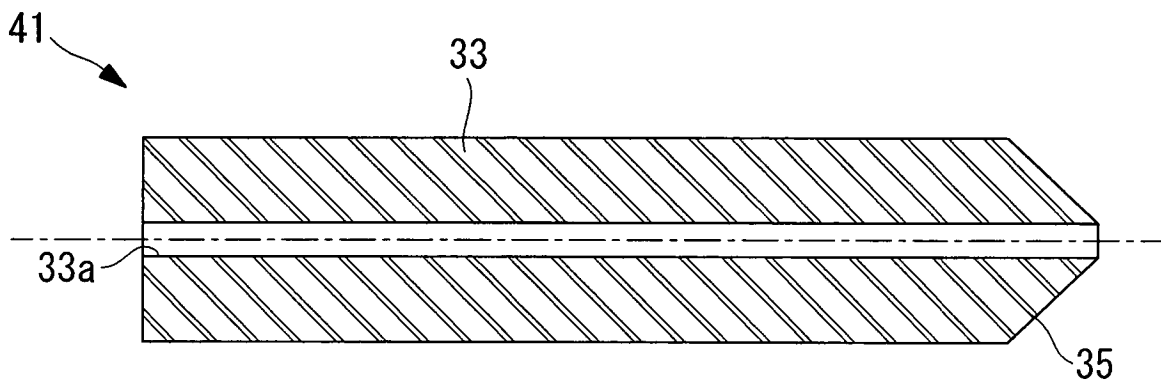


FIG. 7C

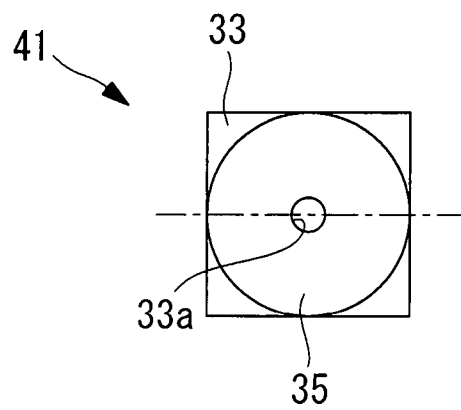


FIG. 9

