



(10) **DE 10 2011 117 618 B4** 2019.07.18

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 117 618.0**

(22) Anmeldetag: **04.11.2011**

(43) Offenlegungstag: **08.05.2013**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.07.2019**

(51) Int Cl.: **G02B 23/24 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**JENOPTIK Industrial Metrology Germany GmbH,
78056 Villingen-Schwenningen, DE**

(74) Vertreter:

**Wagner, Carsten, Dipl.-Ing. (Univ.), 31303
Burgdorf, DE**

(72) Erfinder:

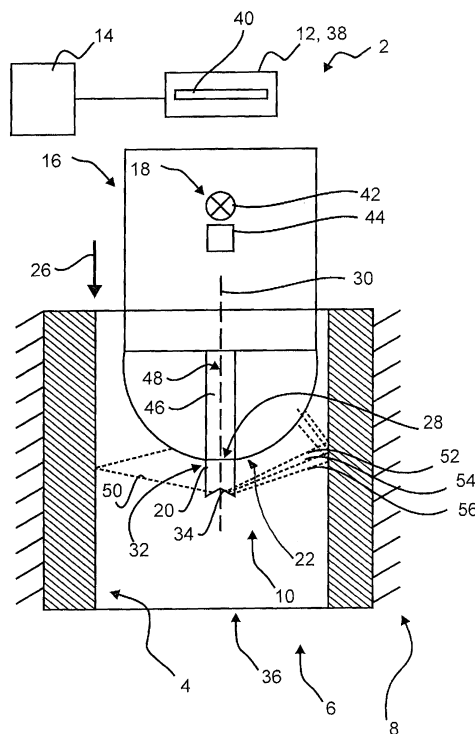
**Rudolf, Michael, 78467 Konstanz, DE; Volk,
Raimund, 78056 Villingen-Schwenningen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	41 23 625	A1
DE	10 2008 009 975	A1
US	6 621 516	B1
US	7 636 204	B1
US	2006 / 0 164 733	A1
US	2009 / 0 082 629	A1
WO	2009/ 150 653	A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Abbildung der Innenfläche eines Hohlraumes in einem Werkstück**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Abbildung der Innenfläche eines Hohlraumes in einem Werkstück, mit einer Optik, die mit einem Bildaufnehmer und einer nachgeordneten Auswertungsseinrichtung in Bildübertragungsverbindung steht und eine Frontlinse aufweist, und mit einer Beleuchtungsanordnung mit einer Lichtquelle zum Beleuchten eines von der Optik erfassten Abbildungsbereiches der Innenfläche, dadurch gekennzeichnet, dass die distale Endfläche der Frontlinse (24) der Optik (10) konvex ausgebildet ist und ein lichtemittierendes und/oder lichtlenkendes Bauteil (20, 20') an der distalen Endfläche der Frontlinse (24) an ihrem Scheitelpunkt auf der optischen Achse (30) befestigt ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art zur Abbildung der Innenfläche eines Hohlraumes in einem Werkstück.

[0002] Derartige Vorrichtungen werden beispielsweise und insbesondere in der Automobilbranche eingesetzt, um u.a. im Rahmen des Qualitätsmanagements Zylinderbohrungen in Kurbelgehäusen zu prüfen. Die Vorrichtungen werden beispielsweise dazu eingesetzt, die radiale Innenfläche einer Zylinderbohrung abzubilden und dahingehend zu untersuchen, ob sie vorbestimmten Anforderungen hinsichtlich der Oberflächenbeschaffenheit genügt.

[0003] Vorrichtungen der betreffenden Art sind beispielsweise bekannt durch WO 2009 / 003 692 A1. Sie weisen eine Optik mit Rundumblick auf, die mit einem Bildaufnehmer und einer nachgeordneten Auswertungseinrichtung in Bildübertragungsverbindung steht. Darüber hinaus weisen die bekannten Vorrichtungen eine Beleuchtungsanordnung zum Beleuchten eines von der Optik erfassten Abbildungsbereiches der Innenfläche auf.

[0004] Ferner sind Vorrichtungen der betreffenden Art bekannt durch DE 10 2009 019 459 A1, wobei die Beleuchtungsanordnung relativ zu der Optik derart angeordnet und ihr Strahlengang derart gewählt ist, dass ein erster axialer Abschnitt des Abbildungsbereiches in Hellfeldbeleuchtung und gleichzeitig ein zu dem ersten axialen Abschnitt beabstandeter weiterer axialer Abschnitt des Abbildungsbereiches in Dunkel-feldbeleuchtung beleuchtbar ist.

[0005] Durch DE 10 2008 009 975 A1 ist eine Vorrichtung zur Abbildung der Innenfläche eines Hohlraumes in einem Werkstück bekannt, die eine Optik aufweist, die mit einem Bildaufnehmer und einer nachgeordneten Auswertungseinrichtung in Bildübertragungsverbindung steht. Die Vorrichtung weist eine Beleuchtungsanordnung mit einer Lichtquelle zum Beleuchten eines von der Optik erfassten Abbildungsbereiches der Innenfläche auf. Die Lichtquelle, die beispielsweise als LED-Lichtquelle ausgebildet sein kann, ist mit axialem Abstand zu der Frontlinse der Optik angeordnet und über eine Halterung mechanisch mit der Optik verbunden.

[0006] Durch WO 2009 /150 653 A1 ist eine als medizinisches Endoskop ausgebildete Vorrichtung bekannt, die eine Optik und eine Lichtquelle zum Beleuchten eines von der Optik erfassten Abbildungsbereiches der Innenfläche aufweist. Die Lichtquelle ist auf einer gedruckten Schaltung angeordnet und befindet sich in unmittelbarer Nähe der Frontlinse der Optik.

[0007] Durch US 2009 / 0 082 629 A1 ist ein medizinisches Endoskop bekannt, das eine Optik mit einer Frontlinse aufweist, die an einem optischen Element angeordnet ist, dessen der Linse zugewandtes Ende als Spiegel ausgebildet ist. Der Spiegel trägt Leuchtdioden in einer ringförmigen Anordnung, die die Lichtquelle bilden.

[0008] Durch US 6 621 516 B1 ist eine Vorrichtung zur Untersuchung von Rohrleitungen bekannt, die eine Panoramaoptik aufweist, die an einem Verfahrenswagen angeordnet ist.

[0009] Durch US 2006 / 0 164 733 A1 ist eine Weitwinkeloptik bekannt, die einen asphärischen optischen Block aufweist, dessen Material so gewählt ist, dass es für einen spezifischen Wellenlängenbereich durchlässig ist. Die bekannte Optik ist insbesondere für eine Verwendung in Überwachungskameras vorgesehen.

[0010] Durch US 2010 / 0 141 744 A1 ist ein System zur drahtlosen Spannungsversorgung von elektrisch betriebenen Komponenten eines Endoskops, beispielsweise einer Lichtquelle, bekannt.

[0011] Durch DE 41 23 625 A1 ist eine Vorrichtung zur Erzeugung von Panoramabildern einer Innenwandung einer Bohrung bekannt, die eine Optik mit einer Frontlinse aufweist. Distalseitig vor der Optik ist eine Lichtquelle angeordnet, die über eine strebenartige Halterung mit der Fassung der Optik verbunden ist.

[0012] Durch EP 2 249 147 A2 ist eine Vorrichtung zur Abbildung der Innenfläche eines Hohlraums in einem Werkstück bekannt, die eine Optik aufweist. Eine Lichtquelle zur Beleuchtung eines von der Optik erfassten Bereiches der Innenwandung des Hohlraumes ist zu dem distalseitigen Ende der Optik beabstandet an einer Fassung der Optik angeordnet.

[0013] Durch JP S60- 069 616 A ist eine Optik mit einer Lichtquelle bekannt, die lichtemittierende Elemente aufweist, die coaxial zu der Optik angeordnet und mit deren Fassung verbunden sind.

[0014] Durch US 7 636 204 B1 ist eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 zur Abbildung der Innenfläche eines Hohlraumes in einem Werkstück bekannt, die eine Optik aufweist, die mit einem Bildaufnehmer und einer nachgeordneten Auswertungseinrichtung in Bildübertragungsverbindung steht und eine Frontlinse aufweist. Die Vorrichtung weist eine Beleuchtungsanordnung mit einer Lichtquelle zum Beleuchten eines von der Optik erfassten Abbildungsbereiches der Innenfläche auf. Bei der bekannten Vorrichtung ist die Lichtquelle an dem distalseitigen Ende der Vorrichtung angeordnet. Über einen Kegelspiegel wird von der Innenfläche

des Hohlraumes reflektiertes Licht zu einer Optik gelenkt, mittels derer die Innenfläche des Hohlraumes abgebildet wird.

[0015] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art zur Abbildung der Innenfläche eines Hohlraumes in einem Werkstück anzugeben, deren Verwendbarkeit durch eine reduzierte Baugröße erweitert ist.

[0016] Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebene Erfindung gelöst.

[0017] Die Erfindung löst sich von dem Gedanken, die Bestandteile einer Vorrichtung in ihren Abmessungen zu reduzieren, um dadurch eine geringere Baugröße zu erreichen.

[0018] Vielmehr liegt der Erfindung der Gedanke zugrunde, den Aufbau einer Vorrichtung zur Abbildung der Innenfläche eines Hohlraumes in einem Werkstück zu verändern, um dadurch insbesondere in einer geometrischen Dimension dieser Vorrichtung die Baugröße zu verringern, wodurch eine Verwendung auch in vergleichsweise kleinen Hohlräumen ermöglicht ist.

[0019] Der Vorteil, der sich durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung ergibt, liegt u.a. darin, dass der für die Auswertung relevante Bereich der Optik frei bleiben kann und insbesondere nicht durch beispielsweise eine Halterung für ein lichtemittierendes und/oder lichtlenkendes Bauteil der Beleuchtungsanordnung eingeschränkt wird. Daran anknüpfend ergibt sich der Vorteil, dass lediglich eine Bildaufnahme des durch die Optik mit Rundumblick erfassten Abbildungsbereiches notwendig ist, um eine entsprechende Prüfung der Innenfläche durchführen zu können. Dadurch resultiert u.a. eine schnelle Abbildung der Innenfläche eines betreffenden Hohlraumes in einem Werkstück, da beispielsweise eine weitere Abbildung, bei der die Halterung für ein lichtemittierendes und/oder lichtlenkendes Bauteil der Beleuchtungsanordnung gegenüber der Optik gedreht ist, entfällt.

[0020] Erfindungsgemäß wird unter einer Linse einer Optik ein optisch wirksames, wenigstens teilweise aus Glas oder einem anderen transparenten Medium bestehendes Bauelement mit Lichtbrechungsflächen verstanden, von denen wenigstens eine Fläche beispielsweise und insbesondere konvex oder konkav geformt ist, so dass das die Linse passierende Licht an dieser Fläche entsprechend gebrochen wird. Darüber hinaus wird unter einer Frontlinse eine Linse verstanden, die die von der Innenfläche reflektierten Lichtstrahlen als erste Linse der Vorrichtung lichttechnisch bricht. Unter der Frontlinse wird damit erfindungsgemäß die in Einführrichtung der Vorrichtung in

den Hohlraum des Werkstücks gesehen vordere Linse der Optik verstanden.

[0021] Erfindungsgemäß wird unter einem lichtemittierenden Bauteil ein Bauteil verstanden, das Licht erzeugt und/oder wenigstens über einen Teil seiner Oberfläche an die zu beleuchtende Umgebung abgibt.

[0022] Erfindungsgemäß kann ein lichtemittierendes Bauteil auch durch einen Lichtleiter gebildet sein, wobei die Lichtquelle entfernt vom dem Lichtaustritt angeordnet sein kann. Beispielsweise kann ein lichtemittierendes Bauteil ein Lichtleiter mit einer dem Lichtleiter zugeordneten Lichtquelle sein, an dessen dem Lichtaustrittsende gegenüberliegendem Ende die Lichtquelle angeordnet ist, wodurch das Licht durch den Lichtleiter bis zum Lichtaustrittsende des Lichtleiters geleitet werden kann.

[0023] Erfindungsgemäß dient ein lichtlenkendes Bauteil insbesondere dazu, die Richtung des Lichts zu verändern.

[0024] Erfindungsgemäß können lichtlenkende Bauteile insbesondere durch Spiegel, Prismen, Blenden wie auch Linsen bzw. eine Kombination der zuvor genannten Bauteile gebildet sein.

[0025] Die Anordnung eines lichtemittierenden und/oder lichtlenkenden Bauteiles an einer Linse der Optik kann auf unterschiedliche Art und Weise vorgenommen werden. Beispielsweise kann das zuvor genannte Bauteil an die Linse angeklebt oder mittels einer Halterung an der Linse befestigt sein. Diese Halterung kann wiederum z.B. mit der Linse verklebt oder auf andere Weise verbunden sein.

[0026] Darüber hinaus ist es möglich, dass das von der Lichtquelle zum Beleuchten eines von der Optik erfassten Abbildungsbereiches der Innenfläche emittierte Licht durch eine Ausnehmung, insbesondere eine Durchgangsöffnung der Linse, geführt wird. Dies kann u.a. auch durch einen Lichtleiter, vorzugsweise ein Glasfaserkabel, erfolgen. Ferner kann auch eine Verspiegelung der Ausnehmung dazu dienen, das Licht weiterzuleiten.

[0027] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Linse das lichtemittierende und/oder lichtlenkende Bauteil trägt.

[0028] Um das Erfassungsvermögen einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Abbildung der Innenfläche eines Hohlraumes in einem Werkstück möglichst nicht zu beeinträchtigen, sieht eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung vor, dass das lichtemittierende und/oder lichtlenkende Bauteil außerhalb eines für die Abbildung der Innenfläche herangezogenen Blickfeldes der Optik angeordnet ist.

Beispielsweise ist bei der Prüfung der Oberflächenbeschaffenheit einer Zylinderdurchgangsbohrung eine Abbildung über nur einen Teilbereich der Optik ausreichend für die daran anknüpfende Auswertung. Daher kann der nicht genutzte Bereich der Optik für das Halten eines lichtemittierenden und/oder lichtlenkenden Bauteiles verwendet werden, ohne dass sich daraus eine Einbuße für die Auswertung ergibt. So kann beispielsweise die Optik bei der Prüfung der Innenfläche eines Zylinders zu auf der optischen Achse bzw. im Bereich der optischen Achse mit einer Ausnehmung versehen sein, da dieser Bereich der Optik für eine Abbildung und daran anschließende Auswertung in der Regel nicht benötigt wird.

[0029] Erfindungsgemäß wird unter einem distalen Ende der Optik das in Einführrichtung vordere Ende der Optik verstanden.

[0030] Zur Beleuchtung eines von der Optik erfassten Abbildungsbereiches der Innenfläche kann das von einer Lichtquelle erzeugte Licht auf verschiedene Art und Weise umgelenkt werden, wozu - wie bereits genannt - u.a. ein Prisma oder eine Linse dienen kann. Auf einfache und kostengünstige Weise ist eine Umlenkung des Lichts mittels eines Spiegels oder mehrerer Spiegel möglich, so dass eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung vorsieht, dass das lichtlenkende Bauteil wenigstens einen Spiegel aufweist.

[0031] Die Beleuchtung eines der Optik erfassten Abbildungsbereiches der Innenfläche kann auf unterschiedliche Art und Weise realisiert werden. Beispielsweise ist es möglich, eine Lichtquelle an dem proximalen Ende der Vorrichtung anzuordnen und das Licht mittels eines Lichtleiters an den gewünschten Bereich der Vorrichtung zur Lichtemission weiterzuleiten. Auf diese Weise kann z.B. die Wärmeentstehung im Bereich der Linse reduziert werden, um Abbildungs- bzw. Messfehler zu verringern.

[0032] Demgegenüber ist es auch möglich, auf eine Lichtleitung zu verzichten, indem das lichtemittierende Bauteil ein Lichtquellenelement ist, dem Energieversorgungsmittel zugeordnet sind. Diesbezüglich ist es möglich, das Licht im Nahbereich des zu erfassenden Abbildungsbereiches der Innenfläche zu erzeugen, um Energieverluste möglichst gering zu halten. Zur Versorgung dieses Lichtquellenelementes mit Energie dienen Energieversorgungsmittel, die auf einfachste Art und Weise durch eine elektrische Energiequelle und damit verbundene elektrischen Leitungen realisiert werden können. Diese Leitungen können beispielsweise in einem für die Erfassung des Abbildungsbereiches der Innenfläche vernachlässigbaren Bereich der Optik angeordnet werden, um sie schließlich mit einem Lichtquellenelementes elektrisch zu verbinden. Die Leitungen können beispielsweise durch eine Ausnehmung in der Optik,

beispielsweise eine Durchgangsbohrung, hindurchgeführt werden, wobei sich die Ausnehmung in einem räumlichen Bereich der Optik befinden kann, der zu einer Abbildung der Innenfläche nicht herangezogen wird.

[0033] Die Versorgung eines Lichtquellenelementes kann auf unterschiedliche Art und Weise vorgenommen werden. So kann die zum Betreiben eines Lichtquellenelementes notwendige Energie leitungsgebunden wie auch leitungsungebunden diesem zugeführt werden.

[0034] Vor diesem Hintergrund sieht eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung vor, dass die Energieversorgungsmittel derart ausgestaltet sind, dass Energie leitungsungebunden zu dem Lichtquellenelement übertragbar ist oder übertragen wird. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass elektrische Leitungen nicht in besonderer Art und Weise geführt werden müssen, um das Blickfeld der Optik zur Erfassung des Abbildungsbereiches der Innenfläche nicht zu beeinträchtigen. Ferner kann auf diese Art und Weise ein modularer Aufbau der Vorrichtung begünstigt werden.

[0035] Die leitungsungebundene Energieübertragung kann auf unterschiedliche Weise realisiert werden, beispielsweise mittels elektromagnetischer Induktion vorgenommen werden. Diesbezüglich sieht eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung vor, dass die Energieversorgungsmittel wenigstens eine Induktionsspulenordnung aufweisen. Bei dieser Ausführungsform ist die Energieversorgung des Lichtquellenelementes berührungslos ermöglicht, und zwar auch dann, wenn das Lichtquellenelement einen hohen Energiebedarf hat. Ferner ist es bei dieser Ausführungsform auf besonders einfache Weise möglich, wenigstens zwei oder mehrere Lichtquellenelemente mit elektrischer Leistung zu versorgen.

[0036] Um das Blickfeld der Optik durch die Induktionsspulenordnung unbeeinträchtigt zu lassen, berücksichtigt eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung, dass wenigstens eine Spule der Induktionsspulenordnung außerhalb eines für die Abbildung der Innenfläche herangezogenen Blickfeldes der Optik angeordnet ist.

[0037] Eine Weiterbildung der vorgenannten Ausführungsform sieht vor, dass die Spule eine Empfangsspule ist.

[0038] Darüber hinaus ist es möglich, die leitungsungebundene Energieübertragung wenigstens teilweise um eine leitungsgebundene Energieversorgung zu ergänzen bzw. zu ersetzen. Diesbezüglich sieht eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung vor, dass das Lichtquellenelement über wenig-

tens eine Versorgungsleitung mit den Energieversorgungsmitteln verbunden ist. Auf diese Weise kann mit einfachen Mitteln die Energieversorgung des Lichtquellenelementes realisiert werden. Beispielsweise ist es möglich, dass, sofern das Lichtquellenelement elektrisch betrieben wird, elektrische Leitungen verwendet werden, die in einem das Blickfeld der Optik nicht beeinträchtigenden Bereich von den Energieversorgungsmitteln zum Lichtquellenelement geführt wird.

[0039] Eine andere Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass wenigstens eine Elektrode zur elektrischen Verbindung der Versorgungsleitung mit dem Lichtquellenelement aus einem optisch transparenten oder annähernd transparenten Material besteht. Eine Elektrode aus einem optisch transparenten oder annähernd transparenten Material kann beispielsweise mittels einer Beschichtung realisiert werden, die z.B. auf die Optik aufgebracht ist. Diese Möglichkeit ist in einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung dadurch berücksichtigt, dass wenigstens eine Elektrode eine Beschichtung einer Linse der Optik bildet. Dabei ist es möglich, dass die Elektrode wenigstens abschnittsweise eine Beschichtung der Linse der Optik bildet. Darüber hinaus ist es möglich, dass die Linse segmentweise beschichtet wird, wodurch mittels der Beschichtung verschiedene Elektroden auf der Linse gebildet werden können.

[0040] Darüber hinaus ist es auf diese Weise möglich, verschiedene elektrische Verbraucher in verschiedenen Bereichen der Optik bzw. der Linse zu platzieren und mit der notwendigen Energie zu versorgen.

[0041] Die Beleuchtung eines von der Optik erfassten Abbildungsbereiches der Innenfläche kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. So kann beispielsweise - wie zuvor bereits genannt - ein Lichtquellenelement verwendet werden, welches beispielsweise mittels wenigstens einer LED gebildet werden kann.

[0042] Darüber hinaus ist es möglich, das lichtemittierende Bauteil von außen anzuregen. Diesbezüglich ist eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass das lichtemittierende Bauteil wenigstens ein Leuchtstoffelement aufweist, das bei Anregung mit elektromagnetischer Strahlung Licht erzeugt. Die Anregung zur Lichtabgabe kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. So kann beispielsweise mittels Lumineszenz eine erfindungsgemäße Beleuchtung eines von der Optik erfassten Abbildungsbereiches der Innenfläche erfolgen. Diesbezüglich kann z.B. ein fluoreszierender bzw. phosphoreszierender Körper als erfindungsgemäßes Leuchtstoffelement verwendet werden, das bei Anregung mit elektromagnetischer Strahlung Licht erzeugt.

[0043] Darüber hinaus ist eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung dadurch gegeben, dass die Beleuchtungsanordnung relativ zu der Optik derart angeordnet und ihr Strahlengang derart gewählt ist, dass ein erster axialer Abschnitt des Abbildungsbereiches in der Hellfeldbeleuchtung und gleichzeitig ein zu dem ersten axialen Abschnitt beabstandeter zweiter axialer Abschnitt des Abbildungsbereiches in Dunkelfeldbeleuchtung beleuchtbar ist oder beleuchtet wird.

[0044] Auf diese Weise ergibt sich der Vorteil, dass ein von der Optik erfasster Abbildungsbereich der Innenfläche teilweise in Hellfeldbeleuchtung und teilweise in Dunkelfeldbeleuchtung beleuchtet werden kann. In Hellfeldbeleuchtung, bei der das von der abzubildenden Innenfläche reflektierte Licht zur Abbildung genutzt wird, ergibt sich eine besonders kontrastreiche Abbildung, mit der beispielsweise und insbesondere Kratzer und Porositäten in der abzubildenden Innenfläche festgestellt werden können. Demgegenüber lassen sich bei einer Dunkelfeldbeleuchtung, bei der der Strahlengang des Lichtes so geführt ist, dass zur Abbildung vor allem an der abzubildenden Innenfläche gestreute Strahlen herangezogen werden, um andere Strukturdefekte, beispielsweise bei Gussteilen Gießfehler, festzustellen.

[0045] Aufgrund dieser vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist es möglich, die abzubildende Innenfläche sowohl in Hellfeldbeleuchtung als auch in Dunkelfeldbeleuchtung abzubilden. Eine derart ausgeführte Vorrichtung kombiniert somit die hinsichtlich der Erfassung von Defekten bestehenden Vorteile beider Beleuchtungsverfahren.

[0046] Es ist jedoch bei einer entsprechend ausgeführten erfindungsgemäßen Vorrichtung möglich, ein und denselben axialen Abschnitt der abzubildenden Innenfläche zeitlich aufeinanderfolgend sowohl in Dunkelfeldbeleuchtung als auch in Hellfeldbeleuchtung abzubilden. Beispielsweise kann der Vorrichtung hierzu eine Vorschubeinrichtung zugeordnet sein, mittels derer die Vorrichtung relativ zu der abzubildenden Innenfläche axial bewegbar ist. Befindet sich beispielsweise ein in Dunkelfeldbeleuchtung untersuchter Abschnitt der Innenfläche in Vorschubrichtung schräg vor der Optik, während sich ein in Hellfeldbeleuchtung untersuchter Abschnitt in Axialrichtung des Hohlraumes etwa auf Höhe der Optik oder etwas hinter dieser befindet, so kann ein vorbestimmter axialer Bereich der Innenfläche während des Vorschubes zunächst in Dunkelfeldbeleuchtung und bei einem weiteren Vorschub der Vorrichtung daran anschließend in Hellfeldbeleuchtung abgebildet werden.

[0047] Durch die Möglichkeit, eine Abbildung der Innenfläche sowohl in Hellfeld- als auch in Dunkelfeldbeleuchtung vorzunehmen, sind mittels einer ent-

sprechend ausgeführten erfindungsgemäßen Vorrichtung besonders umfassende und hinsichtlich der Detektion von Oberflächendefekten aussagekräftige Prüfergänge ermöglicht.

[0048] Zum Gegenstand der Erfindung gehört auch eine Kombination einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsanordnung, bei der ein lichtemittierendes und/oder lichtlenkendes Bauteil an einer Linse der Optik angeordnet ist, mit einer aus der DE 10 2009 019 459 A1 bekannten Beleuchtungsanordnung, bei der ein lichtemittierendes bzw. lichtlenkendes Bauteil nicht an einer Linse der Optik, sondern an einem anderen Bauteil der Vorrichtung angeordnet ist.

[0049] Der erfindungsgemäße Grundgedanke, ein lichtemittierendes oder lichtlenkendes Bauteil an einer Frontlinse der Optik anzuordnen, kann auch allgemein bei abbildenden Vorrichtungen verwendet werden, die eine Optik und einen Bildaufnehmer aufweisen. In diesem Fall ist sowohl eine nachgeordnete Auswertungseinrichtung als auch eine Beleuchtungsanordnung nicht zwingend vorhanden.

[0050] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert, in der stark schematisiert Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt sind. Zur besseren Übersicht sind die Darstellungen in den Figuren auf die das Verständnis unterstützenden Elemente reduziert. In den Figuren sind gleiche oder sich entsprechende Bau-/Bestandteile bzw. Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0051] Es zeigt:

Fig. 1 eine schematisierte Seitenansicht eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in Abbildungsposition,

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in gleicher Darstellung wie in **Fig. 1**,

Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in gleicher Darstellung wie **Fig. 1**,

Fig. 4 ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in gleicher Darstellung wie in **Fig. 1**,

Fig. 5 ein fünftes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in der gleichen Darstellungsweise wie in **Fig. 1**.

[0052] In **Fig. 1** ist ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **2** zur Abbildung der Innenfläche **4** eines Hohlraumes **6** in einem Werkstück **8** stark schematisiert in einer Seitenansicht dargestellt. Die Vorrichtung **2** weist eine Optik **10** mit Rundumblick auf, die mit einem Bildauf-

nehmer **12** und einer nachgeordneten Auswertungseinrichtung **14** in Bildübertragungsverbindung steht. Ferner weist dieses Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **2** eine Beleuchtungsanordnung **16** mit einer Lichtquelle **18** zum Beleuchten eines von der Optik **10** erfassten Abbildungsbereiches der Innenfläche **4** auf. Zur Beleuchtung ist in diesem Ausführungsbeispiel ein lichtlenkendes Bauteil **20** vorgesehen, dass an einer Linse, die in diesem Fall die Frontlinse **22** ist, der Optik **10** nachgeordnet ist.

[0053] Bei diesem Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung trägt die Frontlinse **22** das lichtlenkende Bauteil **20**. Ferner ist das lichtlenkende Bauteil **20** außerhalb eines für die Abbildung der Innenfläche **4** herangezogenen Blickfeldes der Optik **10** angeordnet. Dabei ist das lichtlenkende Bauteil **20** im Bereich des Scheitelpunktes **28** der Frontlinse **24** angeordnet und zwar derart, dass das lichtlenkende Bauteil **20** auf der optischen Achse **30** (Zenitachse) der Optik **10** angeordnet ist. Darüber hinaus ist durch die zuvor genannte Anordnung das lichtlenkende Bauteil **20** an dem distalen Ende **32** der Optik **10** angeordnet.

[0054] In diesem Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **2** ist das lichtlenkende Bauteil **20** durch einen Spiegel **34** gebildet, der die darauf auftreffenden Lichtstrahlen entsprechend verteilt, um den zu erfassenden Abbildungsbereich der Innenfläche **4** zu beleuchten.

[0055] Darüber hinaus ist in diesem Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **2** die Beleuchtungsanordnung **16** relativ zu der Optik **10** derart angeordnet und ihr Strahlengang derart gewählt, dass ein erster axialer Abschnitt des Abbildungsbereiches in der Hellfeldbeleuchtung und gleichzeitig ein zu dem ersten axialen Abschnitt beabstandeter zweiter axialer Abschnitt des Abbildungsbereiches in Dunkelfeldbeleuchtung beleuchtet ist.

[0056] Die Optik **10** ist derart ausgebildet, dass sie einen Rundumblick von 360° ermöglicht, um den Hohlraum **6**, der in diesem Ausführungsbeispiel ein Zylinder **36** ist, in seiner Umfangsrichtung vollständig zu erfassen.

[0057] Der Bildaufnehmer **12** ist bei diesem Ausführungsbeispiel durch eine Digitalkamera **38** mit einem Bildsensor **40** gebildet.

[0058] Bei dem in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei der Optik **10** um ein rein brechungsoptisch abbildendes Fisheye-Objektiv.

[0059] Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Optik **10** - mit Ausnahme des Winkelbereiches, in dem das lichtlenkende Bauteil **20** angeord-

net ist - einen Blickwinkel von $> 180^\circ$, nämlich ca. 185° , auf, so dass die Optik **10** nicht nur einen schräg vor der Frontlinse **24** der Optik **10** liegenden Bereich der Innenfläche **4** erfasst, sondern auch einen entlang der optischen Achse **30** gegenüber der Frontlinse **24** der Optik **10** zurückliegenden Bereich der Innenfläche **4**.

[0060] Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Bildsensor **40** zur Erfassung des gesamten Bildkreises der Optik **10** ausgebildet. Von der Optik **10** aufgenommene Bilder der Innenfläche **4** werden von dem Bildsensor **40** des Bildaufnehmers **12** aufgezeichnet und in einer nicht dargestellten Speichereinrichtung abgespeichert.

[0061] Zur Beleuchtung des Abbildungsbereiches der Innenfläche **4** ist eine Lichtquelle **18**, die bei diesem Ausführungsbeispiel durch eine LED **42** mit nachgeordnetem Lichtstrahlformungselement **44** zur im wesentlichen parallelen Ausrichtung der von der LED **42** emittierten Lichtstrahlen gebildet ist, entfernt von dem lichtlenkenden Bauteil **20** angeordnet.

[0062] Um die von der LED **42** emittierten und durch das Lichtstrahlformungselement **44** ausgerichteten Lichtstrahlen an das lichtlenkende Bauteil **20** zu führen, weist die Frontlinse **24** eine Ausnehmung **46** auf, durch die die Lichtstrahlen zum lichtlenkenden Bauteil **20** geführt werden.

[0063] Die Innenfläche **48** der Ausnehmung **46** ist mechanisch lediglich fein bearbeitet. Die Ausnehmung **46** kann aber auch beispielsweise an der Innenfläche **48** verspiegelt ausgeführt sein.

[0064] Die Ausnehmung **46** ist in diesem Ausführungsbeispiel durch eine Durchgangsbohrung durch die Frontlinse **24** gebildet, wobei die Achse (nicht dargestellt) der Durchgangsbohrung mit der optischen Achse **30** der Optik **10** zusammenfällt. Die von der LED **42** erzeugten Lichtstrahlen treffen nach Durchlaufen der Ausnehmung **46** auf den Spiegel **34**, der geometrisch so geformt ist, dass die zuvor genannte Hellfeld- und Dunkelfeldbeleuchtung ermöglicht wird. Über den Spiegel **32** werden die von der LED **42** emittierten Lichtstrahlen auf die Innenfläche **4** des Hohlraumes **6** gelenkt und von dieser reflektiert. Dabei trifft zur Abbildung der Innenfläche **4** ein erster Teilstrahl **50** derart auf die Innenfläche **4** auf, dass ein erster axialer Abschnitt der Innenfläche **4** in Hellfeldbeleuchtung beleuchtet wird. Diese Art der Beleuchtung wird stellvertretend anhand des Teilstrahles **50** in der Fig. 1 symbolisch dargestellt. Stellvertretend für die Dunkelfeldbeleuchtung sind die Teilstrahlen **52**, **54** und **56** mit ihrer Reflektion an der Innenfläche symbolisch in Fig. 1 dargestellt.

[0065] Während des Vorschubs der Vorrichtung **2** relativ zu dem Werkstück **8** werden aufeinanderfol-

gend unterschiedliche axiale Bereiche der Innenfläche **4** abgebildet und in der Auswertungseinrichtung **14** in Bilder umgesetzt, die jeweils einer Abwicklung der Innenfläche **4** entsprechen.

[0066] Weitere Informationen zur Hellfeld- und Dunkelfeldbeleuchtung können DE 10 2009 019 459 A1 entnommen werden. Darüber hinaus können beispielsweise DE 10 2007 031 358 A1 Informationen zur Art und Weise, wie die Auswertungseinrichtung **14** die auf dem Bildsensor **40** abgebildeten Bereiche in ein kartesisches Bild umsetzt, entnommen werden. Der Offenbarungsgehalt der zuvor genannten Schriften wird hiermit durch Bezugnahme in die vorliegende Anmeldung aufgenommen.

[0067] Anhand der in Hellfeldanordnung bzw. Dunkelfeldanordnung aufgenommenen Bilder kann festgestellt werden, ob die zu untersuchende Innenfläche **4** hinsichtlich ihrer Oberflächenbeschaffenheit vorbestimmten Anforderungen genügt.

[0068] Im Folgenden werden zur besseren Übersicht lediglich die zum ersten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 in den nachfolgenden Figuren dargestellten Unterschiede erläutert.

[0069] Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **2**, bei der ein lichtemittierendes und lichtlenkendes Bauteil **20'** am Scheitelpunkt **28** der Frontlinse **22** angeordnet ist. Das Bauteil **20'** weist zur Erzeugung des für die Beleuchtung der Innenfläche **4** benötigten Lichtes ein Lichtquellenelement **60** auf, dem Energieversorgungsmittel **62** zugeordnet sind. Zur Energieversorgung des lichtemittierenden und lichtlenkenden Bauteiles **20'** dienen Versorgungsleitungen **64**, **64'**, die in diesem Ausführungsbeispiel auf einfache sowie kostengünstige Art und Weise durch elektrische Versorgungsleitungen **64**, **64'** gebildet sind, die die zum Betreiben des Lichtquellenelementes **60** notwendige elektrische Energie dem lichtemittierenden und lichtlenkenden Bauteil **20'** zuführen.

[0070] Die Versorgungsleitungen **64**, **64'** werden über die Ausnehmung **46** durch die Frontlinse **24** geführt. Die Ausnehmung **46** ist wiederum als zylinderförmige Durchgangsbohrung durch die Frontlinse **24** ausgebildet.

[0071] Die Versorgungsleitungen **64**, **64'** sind für die Energieübertragung sowohl mit einer elektrischen Energiequelle (nicht dargestellt) als auch mit dem lichtemittierenden und lichtlenkenden Bauteil **20'** elektrisch verbunden.

[0072] Fig. 3 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **2**, bei der das lichtemittierende und lichtlenkende Bauteil **20'** zur Lichterzeugung mittels Induktion mit Energie ver-

sorgt wird. Dazu weisen die Energieversorgungsmittel **62** eine Induktionsspulenordnung **66** auf, die eine Sendespule **68** und eine Empfangsspule **70**, aufweist.

[0073] Fig. 4 zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **2**, bei der Elektroden **72**, **72'** zur elektrischen Verbindung der jeweiligen Versorgungsleitung **64**, **64'** mit dem Lichtquellenelement **60** jeweils aus einem optisch transparenten Material bestehen. Dabei bilden die Elektroden **72**, **72'** eine Beschichtung **74** der Frontlinse **24**.

[0074] Fig. 5 zeigt ein fünftes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **2**. Dabei weist das lichtemittierende Bauteil **20** ein Leuchtstoffelement **76** auf, das bei Anregung mit elektromagnetischer Strahlung Licht erzeugt. Die elektromagnetische Strahlung kann in Form von Licht wie im ersten Ausführungsbeispiel mittels einer entfernt von dem Leuchtstoffelement **76** angeordneten Lichtquelle **18** erzeugt werden, die wiederum durch eine LED **42** gebildet sein kann. Das von der LED **42** erzeugte Licht kann auf gleiche Weise wie beim ersten Ausführungsbeispiel mittels einer Ausnehmung **46** in der Frontlinse **24** zum Leuchtstoffelement **76** geführt werden. Das Leuchtstoffelement **76** weist zur Erzeugung von Licht einen phosphoreszierenden Werkstoff auf.

[0075] Eine mögliche Abwandlung des Ausführungsbeispiels gemäß **Fig. 5** besteht darin, auf die Ausnehmung **46** zu verzichten und das Licht unmittelbar durch die optische Achse der Optik **10** zu dem Leuchtstoffelement **76** zu leiten. Eine dabei ggf. auftretende Strahlverformung kann mittels des Lichtstrahlformungselementes **44** gegenkompensiert werden. Sowohl bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 5** als auch bei der zuvor beschriebenen Abwandlung kann vor dem Bildaufnehmer **12** ein optisches Filter angeordnet sein, das Licht aus dem Leuchtstoffelement **76** ungehindert oder annähernd ungehindert passieren lässt, das von der Lichtquelle **18** emittierte Licht jedoch sperrt. Auf diese Weise ist verhindert, dass Streulicht aus der Beleuchtung zu dem Bildaufnehmer **12** gelangt. Dieser Abwandlung liegt die Überlegung zugrunde, dass es sich bei dem von dem Leuchtstoffelement **76** erzeugten Licht in der Regel um Licht handelt, das langwelliger ist als das von der Lichtquelle **18** emittierte Licht.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Abbildung der Innenfläche eines Hohlraumes in einem Werkstück, mit einer Optik, die mit einem Bildaufnehmer und einer nachgeordneten Auswertungseinrichtung in Bildübertragungsverbindung steht und eine Frontlinse aufweist, und

mit einer Beleuchtungsanordnung mit einer Lichtquelle zum Beleuchten eines von der Optik erfassten Abbildungsbereiches der Innenfläche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die distale Endfläche der Frontlinse (24) der Optik (10) konvex ausgebildet ist und ein lichtemittierendes und/oder lichtlenkendes Bauteil (20, 20') an der distalen Endfläche der Frontlinse (24) an ihrem Scheitelpunkt auf der optischen Achse (30) befestigt ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass das lichtemittierende und/oder lichtlenkende Bauteil (20, 20') außerhalb eines für die Abbildung der Innenfläche (4) herangezogenen Blickfeldes der Optik (10) angeordnet ist.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass das lichtlenkende Bauteil (20) wenigstens einen Spiegel (34) aufweist.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass das lichtemittierende Bauteil (20) ein Lichtquellenelement (60) ist, dem Energieversorgungsmittel (62) zugeordnet sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Energieversorgungsmittel (62) derart ausgestaltet sind, dass Energie leitungsgebunden zu dem Lichtquellenelement (60) übertragbar ist oder übertragen wird.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Energieversorgungsmittel (62) wenigstens eine Induktionsspulenordnung (66) aufweisen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass wenigstens eine Spule der Induktionsspulenordnung (66) außerhalb eines für die Abbildung der Innenfläche (4) herangezogenen Blickfeldes der Optik (10) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Spule eine Empfangsspule (70) ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Lichtquellenelement (60) über wenigstens eine Versorgungsleitung (64, 64') mit den Energieversorgungsmitteln (62) verbunden ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet,** dass eine Elektrode (72, 72') zur elektrischen Verbindung der Versorgungsleitung (64, 64') mit dem Lichtquellenelement (60) aus einem optisch

transparenten oder annähernd transparenten Material besteht.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Elektrode (72, 72') eine Beschichtung (74) der Linse (22) der Optik (10) bildet.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das lichtemittierende Bauteil (20) wenigstens ein Leuchtstoffelement (76) aufweist, das bei Anregung mit elektromagnetischer Strahlung Licht erzeugt.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beleuchtungsanordnung (16) relativ zu der Optik (10) derart angeordnet und ihr Strahlengang derart gewählt ist, dass ein erster axialer Abschnitt des Abbildungsbereiches in der Hellfeldbeleuchtung und gleichzeitig ein zu dem ersten axialen Abschnitt beabstandeter zweiter axialer Abschnitt des Abbildungsbereiches in Dunkelfeldbeleuchtung beleuchtbar ist oder beleuchtet wird.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Optik (10) einen Rundumblick hat.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

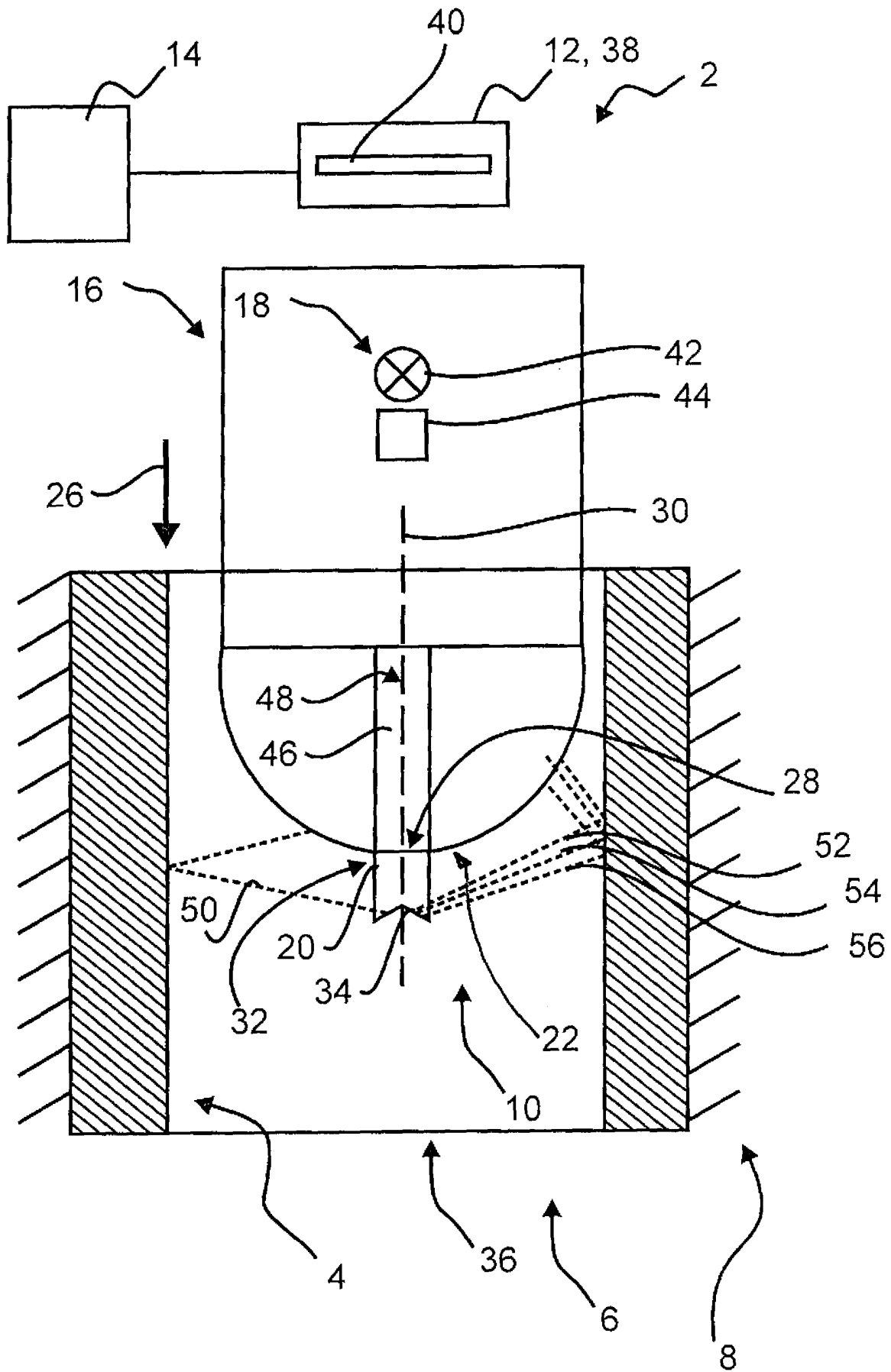
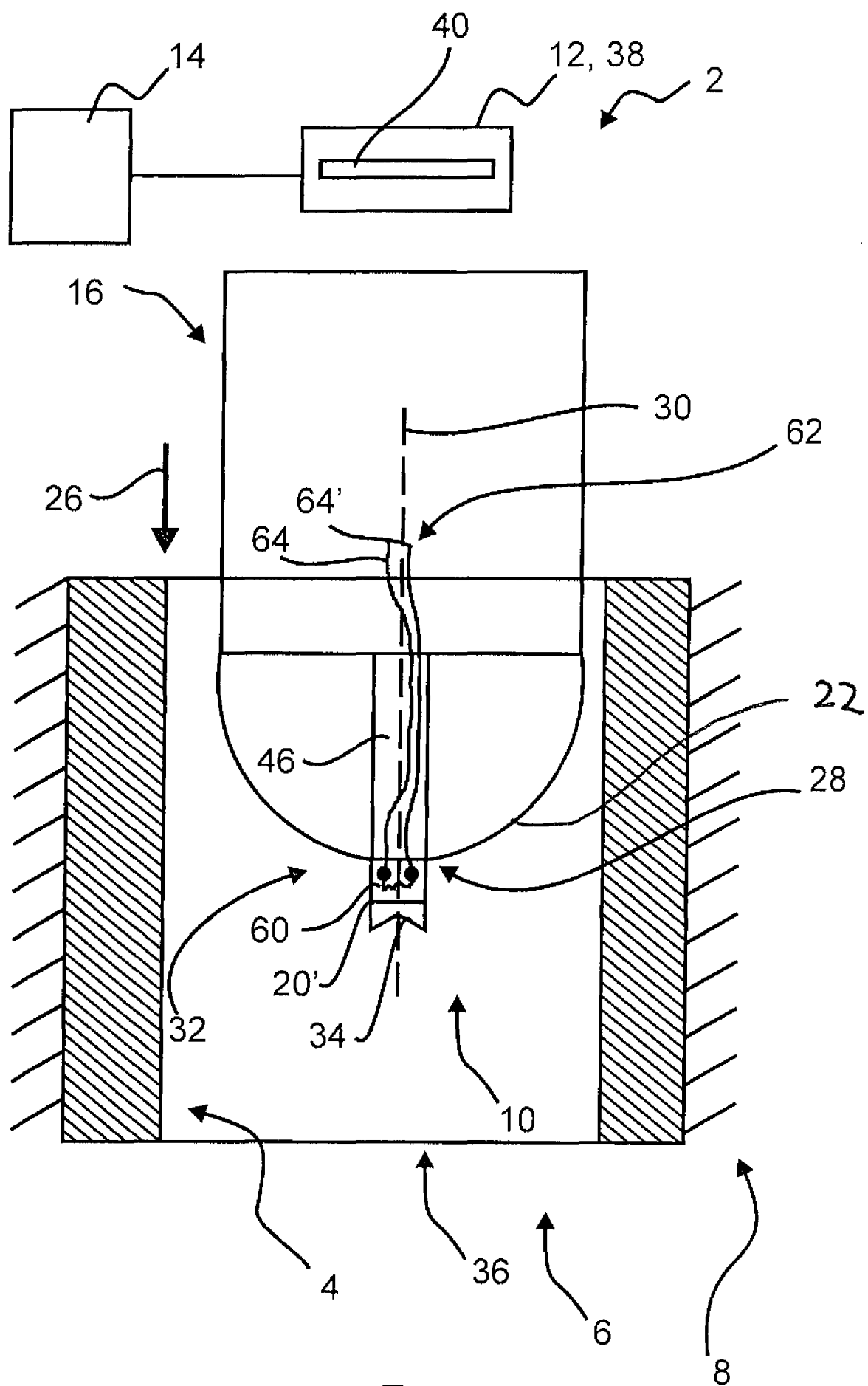
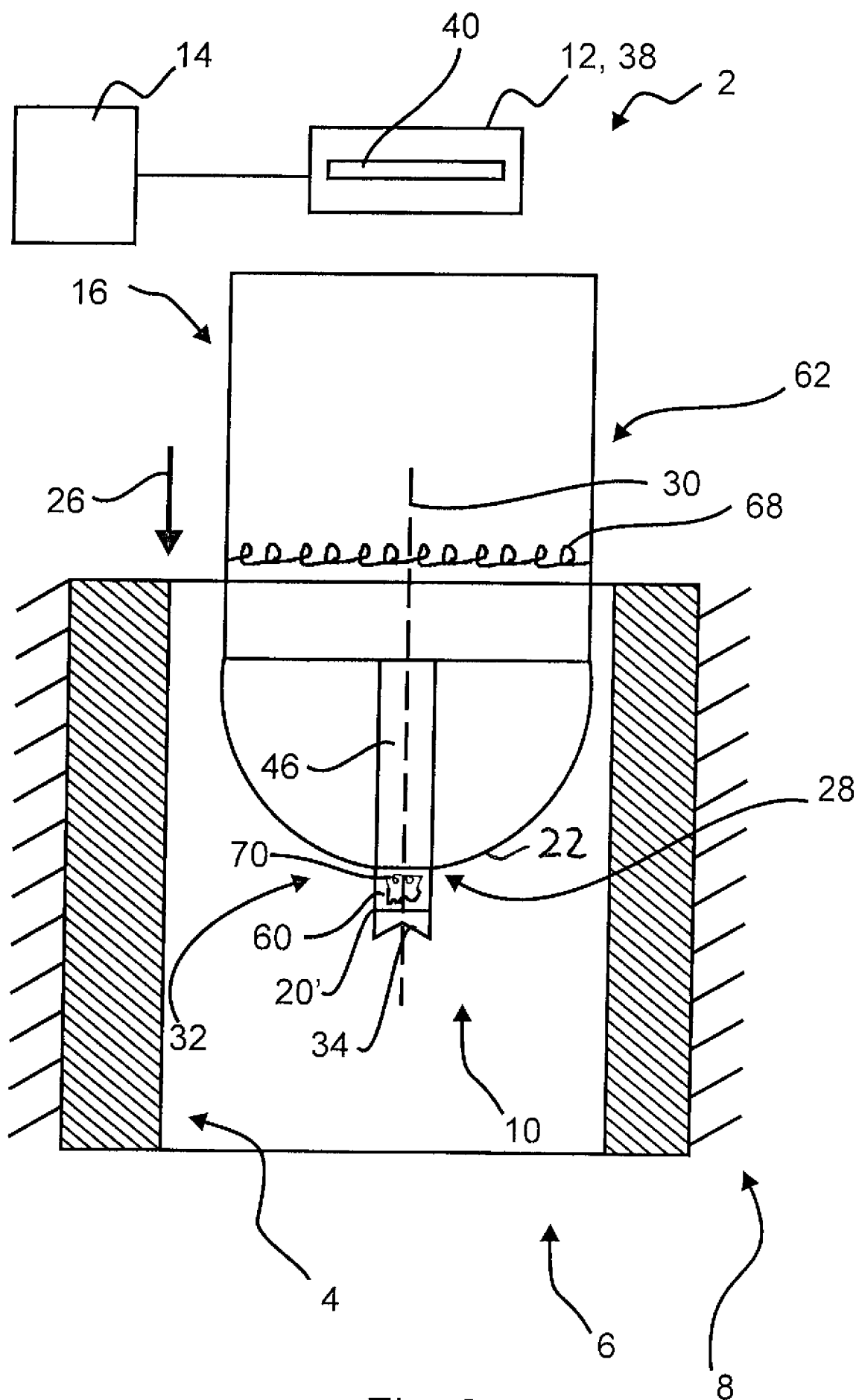


Fig. 1





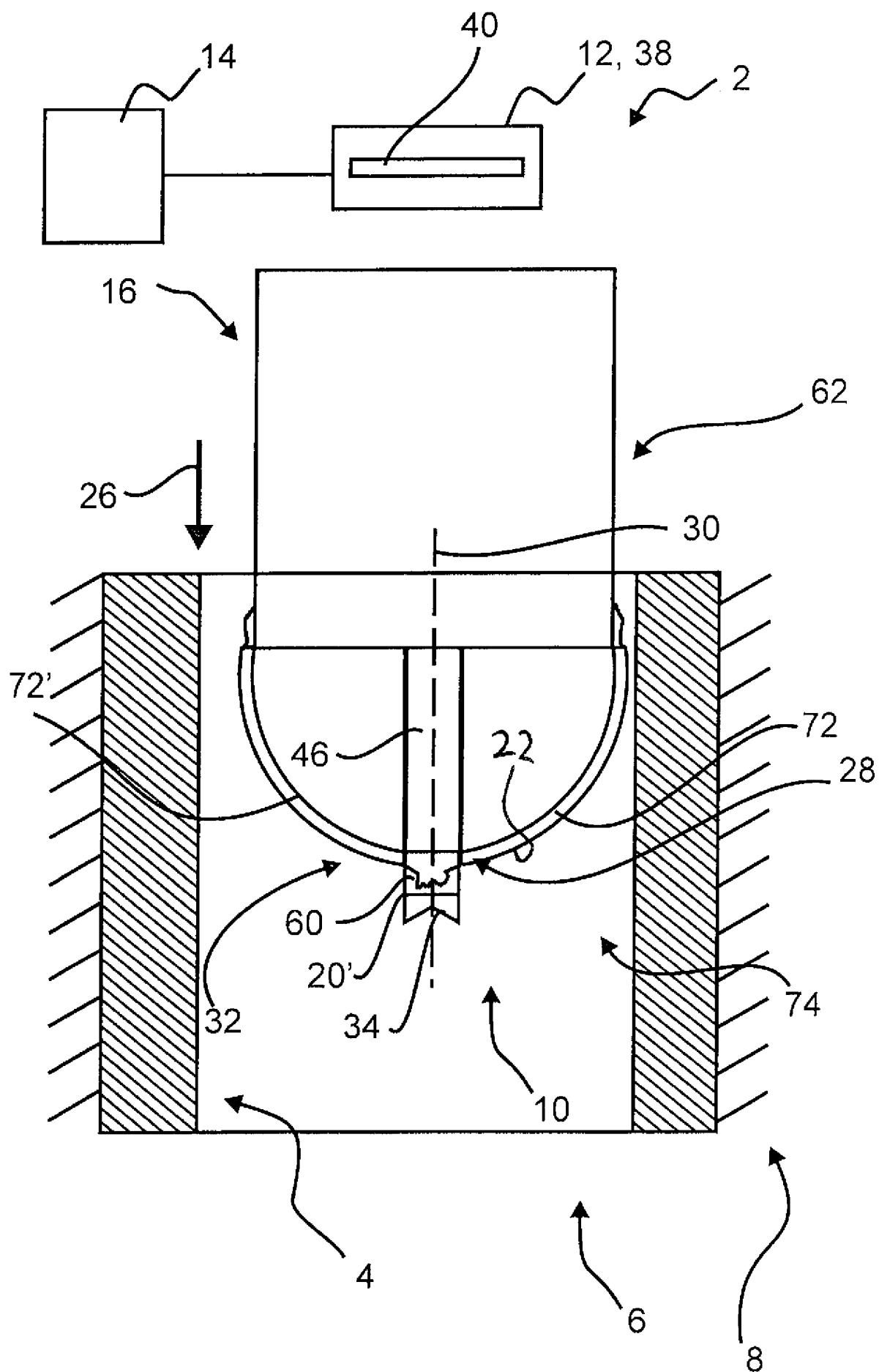


Fig. 4

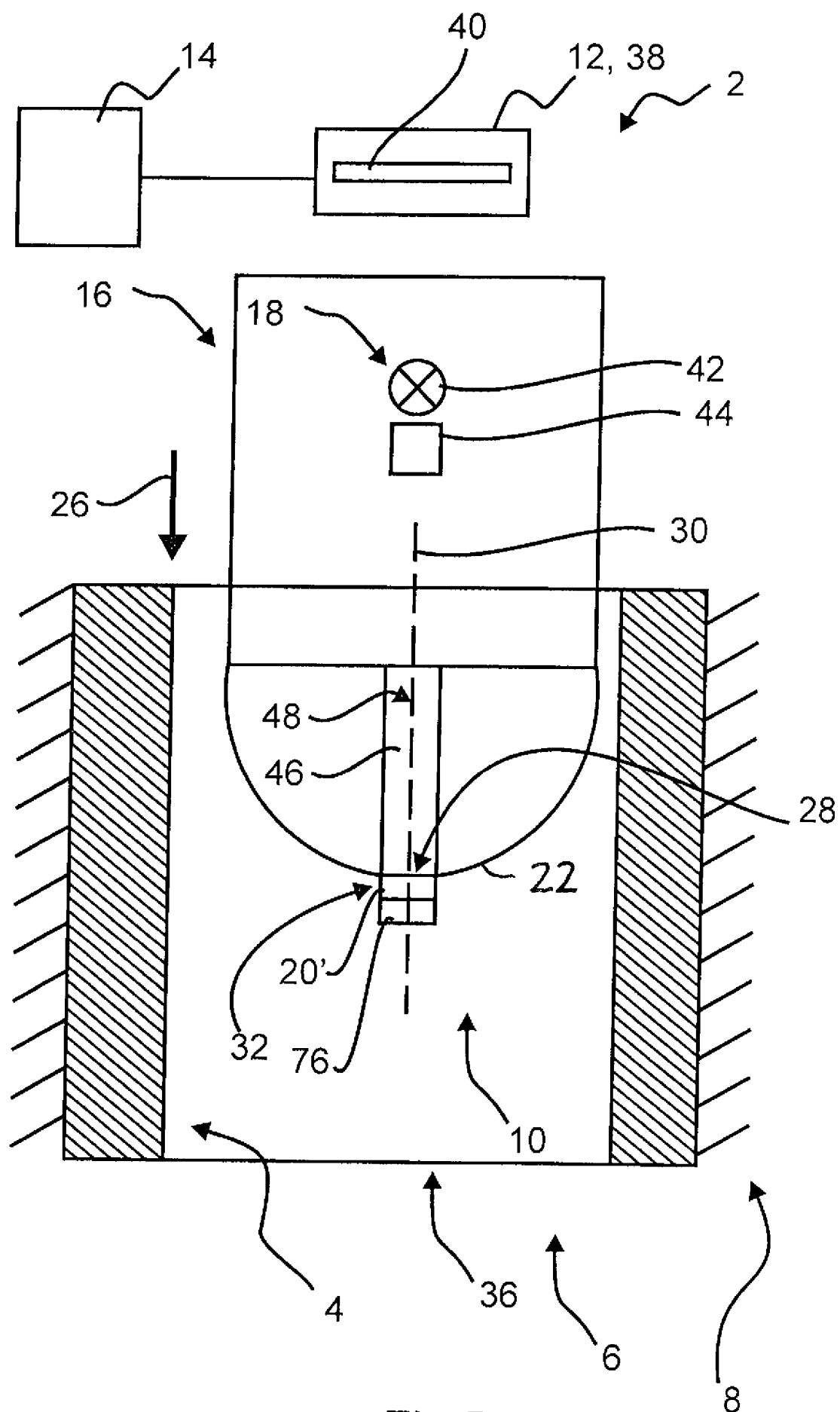


Fig.5