



(10) **DE 10 2009 043 538 A1** 2011.03.31

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 043 538.7**

(22) Anmeldetag: **30.09.2009**

(43) Offenlegungstag: **31.03.2011**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01B 11/25** (2006.01)

**G01B 11/12** (2006.01)

**A61B 1/04** (2006.01)

**G01B 11/30** (2006.01)

**G02B 23/24** (2006.01)

**A61B 1/00** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Schick, Anton, Dr., 84149 Velden, DE**

<b>DE</b>	<b>38 29 925</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>295 06 021</b>	<b>U1</b>
<b>DE</b>	<b>200 05 842</b>	<b>U1</b>
<b>DE</b>	<b>603 06 235</b>	<b>T2</b>
<b>US</b>	<b>2003/01 64 952</b>	<b>A1</b>

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE 10 2007 005388 A1**

**DE 10 2006 054310 A1**

**DE 198 03 679 A1**

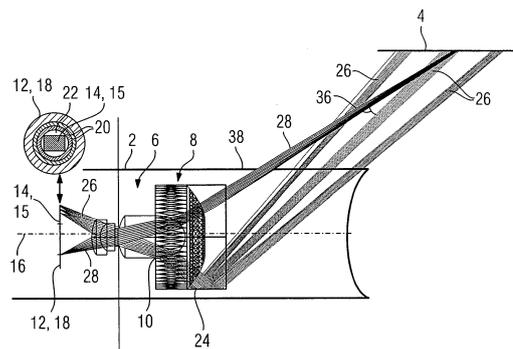
**DE 101 04 483 A1**

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

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Messendoskop**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Endoskop zur Messung der Topographie einer Oberfläche (4). Das Endoskop weist hierbei eine Projektionseinheit (6) und eine Abbildungseinheit (8) auf. Das Endoskop zeichnet sich dadurch aus, dass eine Objektiveneinheit (10) vorgesehen ist, die sowohl Bestandteil der Projektionseinheit (6) als auch der Abbildungseinheit (8) ist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Endoskop zur Messung der Topographie einer Oberfläche nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Vermessung der Topographie einer Oberfläche nach Anspruch 8.

**[0002]** Klassische und gut erforschte Techniken zur Messung von dreidimensionalen Geometrien basieren häufig auf der Grundlage der aktiven Triangulation. Jedoch wird es in beengter Umgebung wie z. B. im menschlichen Ohrkanal oder in Bohrlöchern immer schwieriger, die Triangulation als solche zu realisieren. Insbesondere im Bereich der messenden Endoskopie ist es nicht einfach, die räumliche Anordnung von Sende- und Empfangseinheit bzw. von Projektions- und Abbildungseinheit unter den entsprechenden Winkeln zu positionieren. Darüber hinaus ist es in der Regel nicht möglich, längere oder größere Hohlräume in einem Bild aufzunehmen. D. h., es ist erforderlich, räumlich überlappende Bereiche dreidimensional zeitlich hintereinander zu vermessen, um sie anschließend über Datenverarbeitung zu einem 3D-Gebilde zusammenzufassen (3D-Data-sticking). Je größer hierbei die Überlappungsbereiche sind, desto präziser kann die Verknüpfung von Einzelaufnahmen im 3D-Raum erfolgen. Dies setzt ebenso voraus, dass die Einzelaufnahmen an sich bereits möglichst viele Messpunkte mit festem Bezug zueinander aufweisen.

**[0003]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Endoskop zur Messung von Oberflächentopographien bereitzustellen, das gegenüber dem Stand der Technik einen kleineren Bauraum beansprucht und in der Lage ist, beispielsweise bei der Verwendung der aktiven Triangulation größere Messbereiche zu erfassen.

**[0004]** Die Lösung der Aufgabe besteht in einem Endoskop zur Messung der Topographie einer Oberfläche mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

**[0005]** Das erfindungsgemäße Endoskop zur Messung der Topographie einer Oberfläche nach dem Patentanspruch 1 weist eine Projektionseinheit und eine Abbildungseinheit auf. Das Endoskop zeichnet sich dadurch aus, dass eine Objektivereinheit vorgesehen ist, die sowohl Bestandteil der Projektionseinheit als auch der Abbildungseinheit ist.

**[0006]** Durch eine integrierte Bauweise von Projektionseinheit und Abbildungseinheit, die gemeinsam eine Objektivereinheit nutzen, kann der benötigte Bauraum für beide Einheiten, die Abbildungseinheiten und die Abbildungseinheiten mit Projektionseinheit, deutlich reduziert werden, was dazu führt, dass auch das Endoskop an sich kleiner ausgestaltet werden kann. Ferner können bei ähnlicher Bauraumgröße

zur Messung der Topographie der Oberfläche größere Messbereiche erfasst werden.

**[0007]** In einer weiteren Ausgestaltungsform der Erfindung umfasst die Projektionseinheit eine Projektionsstruktur, die Abbildungseinheit umfasst ein Abbildungsmedium. Das Abbildungsmedium und die Projektionsstruktur liegen dabei in bevorzugter Weise zentrisch zu einer optischen Achse. Diese Maßnahme trägt ebenfalls zur Einsparung von Bauraum bei.

**[0008]** In einer bevorzugten Ausgestaltungsform der Erfindung ist die Projektionsstruktur in Form eines Dias ausgestaltet. Die Projektionsstruktur bzw. in der speziellen Form das Dia weist in einem äußeren Bereich konzentrische Farbringe auf. Die konzentrischen Farbringe dienen zu einer Farbcodierung und führen zu unterschiedlich farbigen Projektionsstrahlen, deren Reflektionsmuster an der Topographie der Oberfläche wiederum auf die Beschaffenheit der Oberfläche schließen lässt.

**[0009]** In einer weiteren Ausgestaltungsform der Erfindung weist die Projektionsstruktur einen zentralen Bereich auf, der bezüglich der optischen Achse von dem Abbildungsmedium verdeckt wird. In diesem zentralen Bereich der Projektionsstruktur, insbesondere des Dias, sind üblicherweise keine konzentrischen Farbringe angebracht. Diese von Farbringen freie Zone der Projektionsstruktur kann dazu genutzt werden, darin platzsparend das Abbildungsmedium auf derselben optischen Achse unterzubringen. Dabei kann das Abbildungsmedium und die Projektionsstruktur grundsätzlich in einer Ebene liegen, sie können aber auch bezüglich der optischen Achse parallel zueinander verschoben sein.

**[0010]** Weiterhin weist die Projektionseinheit in einer Ausgestaltungsform der Erfindung neben der Objektivereinheit eine bezüglich der optischen Achse rotationssymmetrische, ringförmige Spiegeloptik auf. Diese ringförmige Spiegeloptik erlaubt es, Projektionsstrahlen anders abzulenken als durch die Objektivereinheit eintreffende Abbildungsstrahlen. Hierbei ist es zweckmäßig, dass Projektionsstrahlen die Objektivereinheit durchlaufen und von der ringförmigen Spiegeloptik umgelenkt werden. Demgegenüber werden Abbildungsstrahlen, die von der Oberfläche reflektiert werden – also reflektierte Projektionsstrahlen – und die auf die Objektivereinheit treffen, nicht durch die ringförmige Spiegeloptik abgelenkt. Die ringförmige Spiegeloptik erlaubt es daher, Projektionsstrahlen und Abbildungsstrahlen in einen unterschiedlichen Strahlengang zu lenken.

**[0011]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsformen der Erfindung werden anhand der folgenden Figuren näher erläutert.

**[0012]** Dabei zeigen:

[0013] **Fig. 1** eine schematische Darstellung einer Projektionseinheit und einer Abbildungseinheit eines Endoskops mit entsprechendem Strahlengang,

[0014] **Fig. 2** eine detailliertere Darstellung der kombinierten Projektionseinheit und Abbildungseinheit und

[0015] **Fig. 3** eine Anordnung von Linsen, Abbildungsmedium und Projektionsstruktur in der kombinierten Abbildungseinheit-Projektionseinheit.

[0016] In **Fig. 1** ist eine schematische Darstellung eines Endoskops **2** (hier ohne Endoskopaußenwand dargestellt) mit einer Projektionseinheit **6** und einer Abbildungseinheit **8** gegeben. Ferner sind schematisch Strahlengänge von Projektionsstrahlen **26** und Abbildungsstrahlen **28** dargestellt. Die Projektionseinheit **6** und die Abbildungseinheit **8** sind in der Weise integriert, dass sowohl die Projektionseinheit als auch die Abbildungseinheit eine gemeinsame Objektiveneinheit **10** (vgl. **Fig. 2**) umfassen. Ferner weist die Projektionseinheit **6** eine ringförmige Spiegeloptik **24** auf, die dazu dient, Projektionsstrahlen **26** umzulenken.

[0017] In **Fig. 1** sind Projektionsstrahlen **26** mit einer strichpunktierten Linie dargestellt, Abbildungsstrahlen **28** mit einer gestrichelten Linie. Die gestrichelten Linien **28** bzw. die strichpunktierten Linien **26** zeigen jeweils die äußeren Begrenzungen eines Projektionsbereiches **32** bzw. eines Gesichtsfeldes **30**.

[0018] Bei der Darstellung nach **Fig. 1** ergeben sich aus der angewandten Optik zwei Projektionsbereiche **32** und ein Gesichtsfeld **30**. Zur Vermessung der Topographie der Oberfläche **4**, die hier ebenfalls schematisch als zylindrischer Kanal dargestellt ist, wird die Methode der Triangulation angewandt. Hierzu werden von der Projektionseinheit **6** die Projektionsstrahlen **26**, die gegebenenfalls unterschiedliche Farbspektren umfassen (siehe unten), ausgesandt. Diese Projektionsstrahlen **26** treffen auf die Oberfläche **4** und werden dort reflektiert. Die reflektierten Projektionsstrahlen werden als Abbildungsstrahlen **28** bezeichnet. Die Abbildungseinheit wiederum nimmt die Abbildungsstrahlen auf und leitet sie auf ein Abbildungsmedium, das wiederum zur Auswertung der Abbildungsstrahlen dient.

[0019] Der Bereich, der sowohl von den Projektionsstrahlen **26** bzw. vom Projektionsbereich **32** und von dem Gesichtsfeld **30** eingeschlossen wird, nennt man den Messbereich **34**. Der Messbereich **34** ist somit der Bereich, in dem sich der Projektionsbereich **30** und das Gesichtsfeld **32** schneiden. Eine Vermessung durch die Triangulationsmethode kann nur in dem Bereich erfolgen, in dem sich Projektionsstrahlen **26** und Gesichtsfeld **30** schneiden. Je größer der Messbereich **34** ausgestaltet ist, desto größer ist der

Bereich, der mit einer Messung durchgeführt werden kann. Insbesondere in beengten Hohlräumen ist es häufig schwierig, durch bekannte Methoden das Feld der Projektionsstrahlen **26** (Projektionsbereich **32**) und das Gesichtsfeld **30** so auszugestalten, dass ein hinreichend großer Messbereich **34** gebildet wird.

[0020] In **Fig. 2** ist eine detailliertere Darstellung der Projektionseinheit **6** und der Abbildungseinheit **8** mit deren gemeinsamen Objektiveneinheit **10** gegeben. Das Endoskop **2** weist eine optische Achse **16** auf, die durch den Mittelpunkt des Endoskops **2** läuft. Bezüglich der **Fig. 2** verläuft eine Blickrichtung des Endoskops von links nach rechts. Eine hier nicht dargestellte Lichtquelle, die bevorzugt in Form eines Lichtwellenleiters mit einer Kollimationsoptik oder ein Lichtleiterbündel oder eine Lichtquelle, wie beispielsweise eine LED, ausgestaltet ist, sendet Lichtstrahlen durch eine Projektionsstruktur **12**, die in diesem Fall in Form eines Dias **18** ausgestaltet ist. Das Dia **18** ist ringförmig ausgestaltet und weist dabei in einem äußeren Bereich konzentrische Farbringe **20** auf. Das Dia **18**, das in der **Fig. 2** bezüglich des Strahlenganges als Strich dargestellt ist, ist nebenstehend zur besseren Veranschaulichung ein weiteres Mal in einer Draufsicht dargestellt.

[0021] Die Lichtstrahlen, die durch den äußeren Bereich des Dias **18**, also durch die farbigen konzentrischen Ringe verlaufen, werden als Projektionsstrahlen bezeichnet. Die Projektionsstrahlen verlaufen durch die gemeinsame Objektiveneinheit **10**, werden dort entsprechend umgelenkt, treffen auf eine, der Objektiveneinheit **10** bzw. der Projektionsoptik **6** vorgelagerten ringförmigen Spiegeloptik **24**. Die Spiegeloptik **24** lenkt die Projektionsstrahlen **26** wiederum um, lenkt die Projektionsstrahlen rotations-symmetrisch seitlich aus einer Wand **38** des Endoskops **2** aus, wonach sie auf die zu untersuchende Oberfläche **4** treffen. An der Oberfläche **4** werden die Projektionsstrahlen **26** reflektiert und werden von nun als Abbildungsstrahlen **28** bezeichnet. Der Winkel, den die Projektionsstrahlen **26** und die Abbildungsstrahlen **28** einschließen, wird als Triangulationswinkel **36** bezeichnet.

[0022] Die Abbildungsstrahlen **28** werden zurückreflektiert und verlaufen abgeschattet von der Spiegeloptik **24** durch die Objektiveneinheit **10**, wobei die Objektiveneinheit **10** derart ausgestaltet ist, dass nicht abgelenkte Strahlen bezüglich der optischen Achse **16** zentrumsnah auf ein Abbildungsmedium **14**, das hier in Form eines Sensorchips **15**, wie er in Digitalkameras eingesetzt ist, auftrifft. Nach der Darstellung in **Fig. 2** liegt der Sensorchip **15** und das Dia **18** auf einer optischen Achse und in einer Ebene. Dies ist ein Sonderfall, wie anhand der **Fig. 3** veranschaulicht ist, wo der Kamerachip ein Stück vor dem Dia angeordnet ist. Der Kamerachip **15** ist kleiner als das Dia **18** und befindet sich bezüglich der optischen Achse

**16** in einem zentralen Bereich des Dias **18**. Der zentrale Bereich des Dias **18** ist nicht mit farbigen Ringen **20** ausgefüllt und muss nicht von den Lichtstrahlen durchstrahlt werden. Die Anordnung des Sensorchips **15** behindert somit den Strahlengang der Projektionsstrahlen **28** nicht.

**[0023]** Im Folgenden sei kurz auf die Methode der Triangulation unter Verwendung von Farbcodierung eingegangen. Die auf eine unregelmäßige Topographie der Oberfläche **4** (die hier nicht veranschaulicht ist) projizierte Farbstruktur erscheint unter einem vom Projektionswinkel verschiedenen Betrachtungswinkel (Triangulationswinkel) verzerrt. Das von der Abbildungsoptik (Objektiveinheit **10**) betrachtete verzerrte Muster wird auf das Abbildungsmedium **12** abgebildet. Hierbei handelt es sich um eine planare Abbildung der dreidimensionalen Oberfläche.

**[0024]** Durch eine geeignete Auswertemethode kann rechnerisch durch die Bewertung der Farbübergänge und der Verzerrung der Farblinien die Topographie der Oberfläche **4** errechnet werden. Die Ausgestaltung des Dias mit farbigen konzentrischen Kreisen ist hierbei lediglich eine der vorteilhaften Ausgestaltungen. Diese bietet sich insbesondere bei einem Lichtwellenleiter mit einem kreisförmigen Querschnitt an. Grundsätzlich können auch andere Codierungsmuster, wie beispielsweise Linienmuster, angewandt werden.

**[0025]** In [Fig. 3](#) ist noch einmal in etwas vergrößerter schematischer Darstellung die kombinierte Projektionseinheit **6** und Abbildungseinheit **8** dargestellt. Von links nach rechts ist hierbei zunächst das Dia **18** zu erkennen, das in einem äußeren Bereich konzentrische Farbringe **20** aufweist, ferner ist der nicht mit Farbringen versehene zentrale Bereich **22** dargestellt. Vor dem Dia **18** befindet sich der Sensorchip **15**. Vor dem Sensorchip wiederum befindet sich die Objektiveinheit **10**, dem die ringförmige Spiegeloptik **24** vorgelagert ist. Das Endoskop an sich besteht bevorzugt aus einem transparenten Glas, das dazu geeignet ist, die Projektionsstrahlen **26** an der Endoskopwand **38** austreten zu lassen. Ein transparenter Kunststoff kann ebenfalls als zweckmäßiges Endoskopmaterial dienen. Das Endoskop weist in der Regel einen Durchmesser von 3 bis 5 mm auf. Die kombinierte Abbildungs-Projektionseinheit **6, 8** weist in der Regel eine Länge von 8 bis 12 mm auf.

**[0026]** Üblicherweise wird der Sensorchip zur Aufnahme der Abbildungsstrahlen **28** mit einer Frequenz von 10 Hz belichtet. Die Shutteröffnungszeit beträgt dabei etwa 10 ms. (Shutteröffnungszeit ist die Zeit, in der die auf den Sensorchip auftreffenden Abbildungsstrahlen **28** gemessen werden). Das bedeutet, dass bei einer Belichtungsfrequenz von 10 Hz zwischen den Shutteröffnungszeiten eine Pause von 90 ms liegt, während dieser Zeit werden die Sensorchip-

aufnahmen durch eine Berechnungssoftware ausgewertet.

**[0027]** Die bisher beschriebene Anordnung des Messendoskops **2** kann grundsätzlich für alle Messungen in engen Hohlräumen angewandt werden. Eine besonders vorteilhafte Anwendung des Endoskops **2** liegt in Form eines Otoskops vor, das in ein Ohr eingeführt wird und zur Vermessung des Gehörkanals bzw. zur Vermessung der Ohrmuschel dient. Die bereits beschriebene, so genannte Color Coded Triangulation hat hierfür den Vorteil, dass die Projektion eines kodierten Farbmusters bei nur einer Bildaufnahme der Empfangseinheit (Abbildungseinheit **8**) ausreichend ist, um die 3D-Form eines Objektes zu berechnen. Dies bedeutet, dass die einfache Projektion in Analogie zur Diaprojektion angewendet werden kann und keine sequentielle Projektion verschiedener Projektionsstrukturen notwendig ist. Dies hat zudem den Vorteil, dass ein freihändiges Scannen durch einen Arzt nahezu verwacklungsfrei möglich ist.

**[0028]** Andere Anwendungen des Endoskops **2** können in einem technischen Bereich liegen. Wenn beispielsweise zur Qualitätssicherung Bohrungen oder andere Hohlräume exakt vermessen werden müssen, ist die Anwendung eines derartig bauraumsparenden Endoskops **2** zweckmäßig. Beispielsweise bei Nietbohrungen, die zur Nietung von Flugzeugbauteilen dienen, werden sehr hohe Anforderungen an deren Topographie gestellt. Durch ein derartiges erfindungsgemäßes Endoskop können hochgenaue Topographiemessungen in sehr engen Bohrungen erfolgen.

## Patentansprüche

1. Endoskop zur Messung der Topographie einer Oberfläche (**4**), mit einer Projektionseinheit (**6**) und einer Abbildungseinheit (**8**), **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Objektiveinheit (**10**) vorgesehen ist, die sowohl Bestandteil der Projektionseinheit (**6**) und der Abbildungseinheit (**8**) ist.

2. Endoskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Projektionsstruktur (**12**) der Projektionseinheit (**6**) und ein Abbildungsmedium (**14**) der Abbildungseinheit (**8**) auf einer optischen Achse (**10**) liegen.

3. Endoskop nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Projektionsstruktur (**12**) in Form eines Dias (**18**) ausgestaltet ist.

4. Endoskop nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Projektionsstruktur (**12**) in einem äußeren Bereich konzentrische Farbringe (**20**) aufweist.

5. Endoskop nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein zentraler Bereich **(22)** der Projektionsstruktur **(12)** bezüglich der optischen Achse **(16)** von dem Abbildungsmedium **(14)** verdeckt ist.

6. Endoskop nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Projektionseinheit **(6)** neben der Objektivseinheit **(10)** eine bezüglich der optischen Achse **(16)** rotationssymmetrische, ringförmige Spiegeloptik aufweist.

7. Endoskop nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass Projektionsstrahlen **(26)** die Objektivseinheit **(10)** durchlaufen und die ringförmige Spiegeloptik **(24)** die Projektionsstrahlen **(26)** umlenkt.

8. Endoskop nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Abbildungsstrahlen **(28)** in Form von an der Oberfläche **(4)** reflektierten Projektionsstrahlen **(26)** ohne Umlenkung an der ringförmigen Spiegeloptik **(24)** durch Objektivseinheit **(10)** verlaufen und auf das Abbildungsmedium **(14)** treffen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

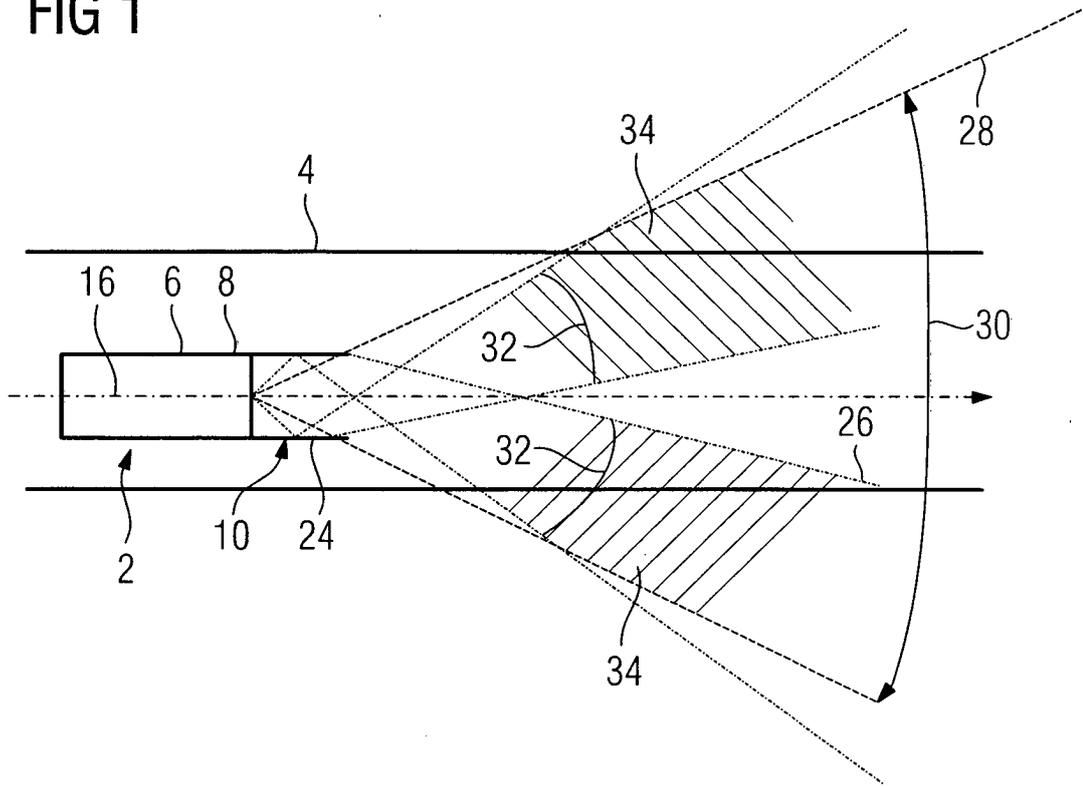


FIG 2

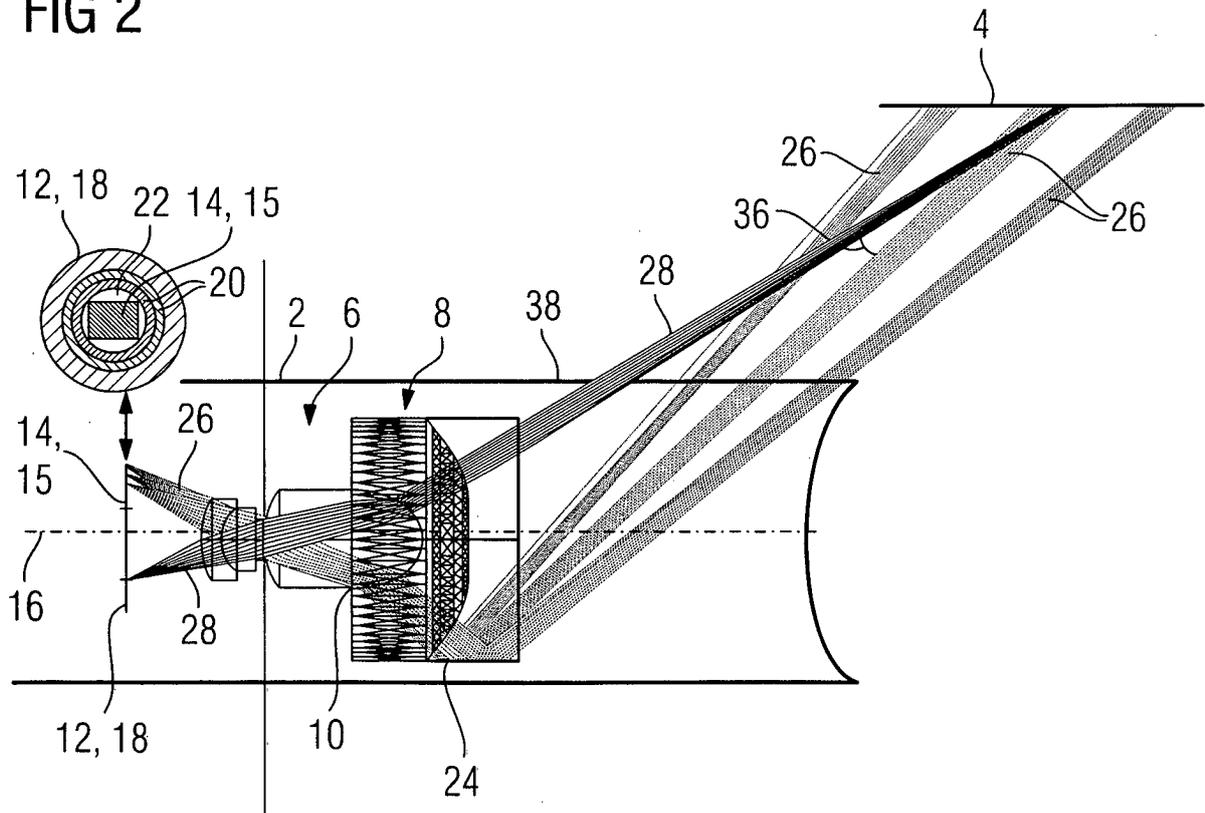


FIG 3

