

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. August 2004 (12.08.2004)

PCT

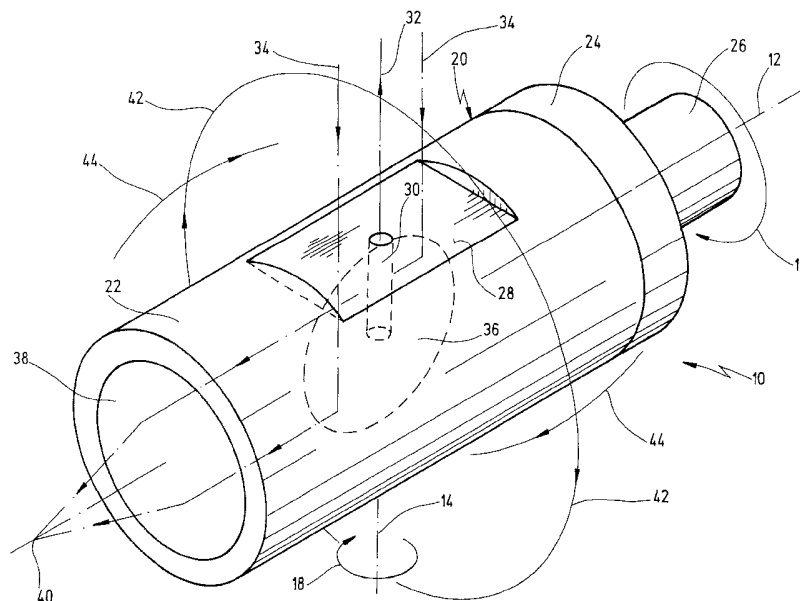
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/068211 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G02B 26/10**, G01S 7/481, G01C 15/00
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/000475
- (22) Internationales Anmeldedatum:
22. Januar 2004 (22.01.2004)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
103 04 187.7 29. Januar 2003 (29.01.2003) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **IQSUN GMBH** [DE/DE]; Königsallee 35, 71638 Ludwigsburg (DE).
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BECKER, Reinhard** [DE/DE]; Mergentheimerstrasse 7, 71642 Ludwigsburg (DE). **BECKER, Bernd-Dietmar** [DE/DE]; Straussweg 12, 71640 Ludwigsburg (DE).
- (74) Anwälte: **WITTE, A.** usw.; Witte, Weller & Partner, Postfach 105462, 70047 Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: 3D SCANNER

(54) Bezeichnung: 3D-SCANNER



(57) Abstract: Disclosed is a 3D scanner comprising a light source (30) for generating a transmit beam (32). The inventive 3D scanner further comprises means that are rotatable about at least one first axis (12) and emit the transmit beam (32) to an object which is to be measured and by which the transmit (32) is reflected as receive beams. Also provided is a mirror (36) which receives the receive beams (34), is rotatable about the first axis (12) in synchrony with said means, and is inclined by an angle (α) of preferably 45° relative to the first axis (12). The light source (30) and the mirror (36) are fixed inside a common rotor (20) that is rotatable about the first axis (12).

(57) Zusammenfassung: Ein 3D-Scanner weist eine Lichtquelle (30) zum Erzeugen eines Sendestrahles (32) auf. Ferner sind Mittel vorgesehen, die um mindestens eine erste Achse (12) drehbar sind, zum Aussenden des Sendestrahles (32) zu einem zu vermessenden Objekt, von dem der Sendestrahle (32) als Empfangsstrahlen reflektiert wird,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2004/068211 A1



AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

und mit einem synchron zu den Mitteln um die erste Achse (12) drehbaren Spiegel (36) zum Empfangen der Empfangsstrahlen (34), wobei der Spiegel (36) um einen Winkel (α) von vorzugsweise 45° zu der ersten Achse (12) geneigt ist. Die Lichtquelle (30) und der Spiegel (36) sind in einem gemeinsamen Rotor (20) befestigt, der um die erste Achse (12) drehbar ist.

3D-Scanner

Die Erfindung betrifft einen 3D-Scanner mit einer Lichtquelle zum Erzeugen eines Sendestrahles, mit Mitteln, die um mindestens eine erste Achse drehbar sind, zum Aussenden des Sendestrahles zu einem zu vermessenden Objekt, von dem der Sendestrahlel als Empfangsstrahlen reflektiert wird, und mit einem synchron zu den Mitteln um die erste Achse drehbaren Spiegel zum Empfangen der Empfangsstrahlen, wobei der Spiegel um einen Winkel von vorzugsweise 45° zu der ersten Achse geneigt ist.

Ein 3D-Scanner der vorstehend genannten Art ist bekannt, beispielsweise als Erzeugnis "iQsun Laserscanner" der Anmelderin (www.iQsun.com).

Scanner der vorstehend genannten Art werden eingesetzt, um Räume um den Scanner herum über einen Umfangswinkel von 360° aufzunehmen, wobei meistens um ein Stativ des Scanners herum ein Abschattungskegel mit einem Öffnungswinkel von beispielsweise 30° oder weniger ausgespart bleibt. Derartige Scanner werden typischerweise zum Vermessen von Innenräumen in Fabrikanlagen im Zusammenhang mit digitalen Fabrikplanungen eingesetzt. Weitere Anwendungsgebiete sind das Ausmessen von Räumlichkeiten aller Art im Hoch- und im Tiefbau, wie z.B. von Tunneln, ferner das Ausmessen von Höhlen, von historischen Bauwerken und dergleichen mehr. Außerdem können auf diese Weise auch große Gegenstände gescannt werden, z.B. Kraftfahrzeuge, Flugzeuge und Schiffe.

Bei Scannern der eingangs genannten Art wird ein üblicherweise horizontal gerichteter Laserstrahl erzeugt, der auf einen um 45° zur Horizontalen geneigten Spiegel gelenkt wird. Der Spiegel rotiert seinerseits mit hoher Drehzahl von beispielsweise 2.000 Umdrehungen pro Minute um eine zur Richtung des Laserstrahls koaxiale erste Achse. Damit wird ein z.B. in einer Vertikalebene liegender Fächer erzeugt, der lediglich im Bereich des Scannerstativs den bereits erwähnten Abschattungskegel aufweist. Der gesamte Scanner wird in den meisten Fällen zusätzlich um eine zweite, üblicherweise vertikale Achse gedreht, so dass der Fächer die gesamte Umgebung des Scanners über 360° hinweg abtastet. Die Drehung um die Vertikalachse erfolgt dabei in der Praxis deutlich langsamer, beispielsweise

mit 0,4 Umdrehungen pro Minute. Bei anderen Fällen wird hingegen der Scanner mit dem rotierenden Spiegel nicht um eine zweite Achse gedreht, sondern entlang einer vorgegebenen Bahn verfahren, beispielsweise entlang eines Tunnels.

Bei einem kommerziell erhältlichen Scanner mit zwei Achsen werden auf diese Weise während eines vollständigen Scans beispielsweise 29.000.000 Punkte abgetastet, was einer Auflösung von $0,045^\circ$ entspricht.

In jedem der genannten Punkte wird dabei nicht nur die Entfernung zu dem genannten Punkt gemessen, sondern darüber hinaus auch der Reflektionsgrad, so dass schlussendlich ein 3D-Gesamtbild der gesamten Umgebung mit hoher Auflösung der Entfernung und hoher Auflösung der Intensität entsteht.

Ein Scanner der eingangs genannten Art ist auch in der DE 202 08 077 U1 beschrieben.

Bei Scannern der vorstehend geschilderten Art besteht ein generelles Problem darin, dass eine Verschlechterung des Messergebnisses des Scanners eintritt, wenn der Sendestrahl auf seinem Weg von der Lichtquelle zu dem zu vermessenden Objekt gestreut wird. Eine derartige Streuung tritt bei jedem Dichtesprung ein, d.h. jedes Mal dann, wenn der Sendestrahl von einem optisch dünneren in ein optisch dichteres Medium übertritt oder umgekehrt. Dann kann der Sendestrahl am Ort des Dichtesprunges teilweise reflektiert werden, was zu unkontrollierten Streuungen führt. Dies gilt insbesondere dann, wenn an der erwähnten Stelle Ablagerungen von Staub oder sonstigen Partikeln vorhan-

den sind, die ebenfalls zu einer Streuung des Sendestrahls führen.

Bei Scannern herkömmlicher Bauart befindet sich der rotierende Spiegel in einem Gehäuse, das nach außen verschlossen ist, um den Spiegel vor Verschmutzung zu schützen. Der Eintritt und der Austritt von Sende- und Empfangsstrahlen erfolgt in diesem Falle über Fenster, die jeweils einen Dichtesprung darstellen und auch im Hinblick auf eine Verschmutzung dieser Fenster eine Ursache für eine Streuung des Sendestrahles sein können.

Bei herkömmlichen Scannern wird der Sendestrahle von einer gehäusefesten Lichtquelle, üblicherweise einer Laserdiode, erzeugt. Der Sendestrahle wird dann über eine Kollimationsoptik in den Innenraum des Gehäuses eingestrahlt, fällt dort auf den rotierenden Spiegel und tritt aus dem Gehäuse durch ein Fenster wieder aus. All dies kann in der Praxis auf Grund der vorstehend beschriebenen Ursachen zu einer Streuung des Sendestrahles und damit zu einer Verschlechterung des Messergebnisses führen.

Aus der DE 94 21 457 U1 bzw. der zugehörigen DE 44 12 044 A1 ist eine optoelektronische Vorrichtung zum Erfassen von Gegenständen in einem Überwachungsbereich bekannt. Bei der bekannten Vorrichtung ist eine um eine horizontale Drehachse rotierende Ablenkvorrichtung vorgesehen, die sich innerhalb eines liegend-zylindrischen Gehäuses befindet. Die Ablenkvorrichtung weist einen Motor sowie einen um die Horizontalachse durch den Motor angetriebenen Aufsatz auf, auf dem sich ein elliptischer Spiegel befindet. Der Spiegel ist um 45° zur Drehachse geneigt. Auf dem Spiegel ist ein Tubus mit zwei Schenkeln befestigt, von denen sich der eine koaxial zur Drehachse und der andere senk-

recht dazu erstreckt. Der parallel zur Drehachse verlaufende Schenkel umgibt an seinem freien Ende formschlüssig, jedoch nicht drehfest, eine raumfest gehaltene Hülse, in der sich ein Sender befindet. Das vom Sender ausgestrahlte Licht wird in einer Senderoptik parallelisiert, fällt auf den Drehspiegel und wird an diesem in den anderen Schenkel des Tubus umgelenkt, der sich radial zur Drehachse erstreckt. Die Sendelichtstrahlen treten dann durch ein Austrittsfenster des Gehäuses aus.

Aus der DE 101 14 362 A1 ist schließlich ein hybrides Laser-scanner-System für Entfernungsmessung bekannt. Bei diesem bekannten System befindet sich ein z.B. 16-kanaliger Lasersender sowie eine zugehörige Abbildungsoptik in radialer Ausrichtung in einem Rotor. Die von dem mehrkanaligen Laser ausgesandten Lichtstrahlen erzeugen eine Mehrzahl von Punkten an einem Messobjekt und bestimmen damit den ausgemessenen Elevationswinkel. Das von den Messpunkten reflektierte Licht wird von einem ebenfalls im Rotor angeordneten, schräg gestellten Spiegel empfangen und in Richtung der Drehachse einer Empfängeroptik zugeleitet. Von dort gelangt das empfangene Licht durch eine Blende in einer Radialebene des Rotors zu einer raumfesten Empfangsdiode.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, einen Scanner der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, dass die vorstehend genannten Probleme vermieden werden. Insbesondere soll erreicht werden, dass die Streuung des Sendestrahles so weit wie möglich reduziert wird.

Bei einem Scanner der eingangs genannten Art wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Lichtquelle und der

Spiegel in einem gemeinsamen Rotor befestigt sind, der um die erste Achse drehbar ist.

Die der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe wird auf diese Weise vollkommen gelöst.

Da nämlich die Lichtquelle zusammen mit dem Spiegel umläuft, wird der Sendestrahle in weit höherem Maße als bei bekannten Scannern vom Empfangsstrahl entkoppelt, d.h. ein Übersprechen zwischen Sendekanal und Empfangskanal erheblich reduziert. Hierzu wird die Zahl der optischen Sprünge auf dem Wege des Sendestrahles deutlich vermindert und die Gefahr einer Streuung an der Austrittsfläche des Rotors auf ein Mindestmaß reduziert, die zu einem Übersprechen führen würde. Dies erhöht die Qualität der Messung, weil die Genauigkeit in entsprechendem Maße steigt, wie die Streuung des Sendestrahles und damit das Übersprechen abnimmt.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der Rotor ferner um eine zur ersten Achse unter einem im Wesentlichen rechten Winkel verlaufende zweite Achse drehbar.

Diese an sich bekannte Maßnahme hat den Vorteil, dass von einem festen Messstandort aus Rundummessungen mit nahezu 360° Raumwinkel durchgeführt werden können.

In diesem Falle ist ferner bevorzugt, wenn der Sendestrahle entlang der zweiten Achse verläuft.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass der Sendestrahle von einer nicht um die zweite Achse rotierenden Position des Rotors aus-

gestrahlt wird. Es entsteht daher ein Fächer in der Vertikalebene, der um eine in der Vertikalebene liegende Achse rotiert, so dass an dem zu messenden Objekt jeder Punkt nur ein Mal abgetastet wird. Auch dies trägt zur Eindeutigkeit der Messung und damit zu einer Erhöhung der Genauigkeit bei.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Scanners weist der Rotor eine im Wesentlichen zylindrische Gestalt auf, und die erste Achse ist die Längsachse des Rotors.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass eine besonders einfache Bauform für den Rotor zur Verfügung steht, die mit technisch überschaubaren Mitteln realisiert werden kann.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung dieses Ausführungsbeispiels ist der Rotor an seinem Umfang mit einem ersten, ein ebenes Fenster bildenden Zylindermantelabschnitt versehen, und die Lichtquelle mündet in dem Zylindermantelabschnitt aus.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass für den Austritt des Sendestrahles ein ebenes Fenster zur Verfügung steht, das zugleich als Empfangsfenster für die Empfangsstrahlen dient.

In diesem Fall ist weiter bevorzugt, wenn der Rotor mit einer Unwuchtkompensation versehen ist.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass der Rotor auch bei hohen Drehzahlen von 3.000 oder 4.000 Umdrehungen pro Minute ruhig läuft.

Die Unwuchtkompensation wird in erster Linie durch entsprechende räumliche Anordnung der im Rotor vorhandenen Massen erreicht, einschließlich der elektronischen Komponenten.

Wenn der Rotor in der beschriebenen Weise auf einer Seite mit einem ein Fenster bildenden Zylindermantelabschnitt versehen ist, kann in bevorzugter Weiterbildung eine gegebenenfalls zusätzliche Unwuchtkompensation dadurch erreicht werden, dass diese als zweiter, eine ebene Fläche bildender Zylindermantelabschnitt ausgebildet ist.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass die erforderliche Unwucht auf konstruktiv einfache Weise erreicht werden kann.

Bei bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung weist die Lichtquelle einen Lichtleiter auf, der bündig in dem Fenster ausmündet.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass die Lichtquelle selbst an nahezu beliebiger Stelle im Rotor angeordnet werden kann und die Verbindung zur Austrittsfläche in dem Fenster über einen Lichtleiter hergestellt wird, der gerade oder gebogen ausgebildet sein kann. Die Maßnahme, dass der Lichtleiter bündig in dem Fenster ausmündet, hat den Vorteil, dass eine ebene Gesamtfläche entsteht, die in einfacher Weise von außen gereinigt werden kann. Wenn der Lichtleiter gerade ist, kann er auch als Rohr ausgebildet sein, das nach Art einer Blende arbeitet und dazu beiträgt, das Übersprechen in dem Empfangskanal zu vermindern.

Bei einer alternativen Ausführungsform kann jedoch die Lichtquelle auch einen Lichtleiter aufweisen, der über das Fenster vorsteht oder alternativ zurückgesetzt ist.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass die optischen Eigenschaften des Sendepfades noch individueller eingestellt werden können.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist weiterhin bevorzugt, wenn der Rotor eine elektronische Steuereinheit für die Lichtquelle aufweist.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass bereits im Rotor selbst alle erforderlichen Steuersignale für die Lichtquelle erzeugt werden, so dass auch von daher Störquellen so weit wie möglich minimiert werden, die durch eine Übertragung von Signalen vom Gehäuse auf den Rotor entstehen könnten.

Besonders bevorzugt ist dabei, wenn die Steuereinheit ein Phasensignal für die Lichtquelle verarbeitet, das z.B. ein Amplitudenmodulations-Signal oder ein Tastsignal sein kann.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass die für die Entfernungsmessung notwendige Beeinflussung des Sendestrahls im Rotor selbst eingestellt wird, so dass auch in dieser Hinsicht die Störquellen minimiert werden. Wird der Sendestrahl amplitudenmoduliert, z.B. mit einem Sinussignal, kann die Entfernung aus der Phasendifferenz des Modulationssignales beim Sendestrahl relativ zum Empfangsstrahl bestimmt werden. Bei Verwendung eines Tastsignales wird der Zeitunterschied des Auftretens einer Impulsflanke gemessen.

Weiterhin wird eine gute Wirkung dann erzielt, wenn der Rotor eine elektronische Versorgungseinheit zum Versorgen der Lichtquelle mit elektrischer Energie aufweist.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass der Betrieb der Lichtquelle selbst ebenfalls an Bord des Rotors dargestellt und geregelt wird, so dass auch hier eine Minimierung möglicher Störeffekte erreicht wird.

Besonders bevorzugt ist in diesem Fall, wenn die Versorgungseinheit einen Energiespeicher enthält.

Diese Maßnahme hat den wesentlichen Vorteil, dass der Scanner während eines Scanvorganges vollkommen autark arbeiten kann, weil er während dieser, in der Praxis relativ kurzen Intervalle nicht auf eine externe Energiezufuhr angewiesen ist sondern seine Energie aus dem Energiespeicher beziehen kann. Der Energiespeicher kann dann nach Abschluss eines Scanvorganges während der sich anschließenden Pause, die in der Praxis wesentlich länger als der Scanvorgang ist, wieder aufgeladen werden, während der Rotor steht.

In den vorgenannten Fällen sind Ausführungsformen der Erfindung bevorzugt, bei denen der Rotor zum Anschluss der Steuereinheit und/oder der Versorgungseinheit an gerätefeste Einheiten einen Übertragungsabschnitt aufweist.

Mit dieser Maßnahme wird erreicht, dass die erforderliche Energiezufuhr, sei es kontinuierlich oder intervallweise, in geregelter Weise erfolgt.

Bei einer ersten Weiterbildung dieses Ausführungsbeispiels weist der Übertragungsabschnitt Kontaktbahnen auf, die mit gerätefesten Schleifkontakten zusammenwirken.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass mit einfachen mechanischen Mitteln die erforderliche Übertragung von Energie und/oder von Signalen möglich ist. Der Begriff "gerätefest" ist in diesem Falle selbstverständlich so zu verstehen, dass die entsprechenden Einheiten an der Stelle angeordnet sind, die den Rotor lagern. Dies schließt nicht aus, dass diese Einheiten ihrerseits relativ zu ihrer Umgebung bewegbar sind, beispielsweise um die erwähnte vertikale Achse drehbar.

Eine besonders gute Wirkung wird bei dem vorgenannten Ausführungsbeispiel dann erzielt, wenn die Schleifkontakte bei Rotation des Rotors von den Kontaktbahnen abhebbar und die Steuereinheit bei abgehobenen Schleifkontakten mit dem Energiespeicher verbindbar sind.

Hierdurch wird der bereits erwähnte Vorteil erreicht, dass der Rotor während seiner Rotation, also während eines Scanvorganges, autark aus dem im Rotor vorhandenen Energiespeicher versorgt wird, während nach Abschluss des Scanvorganges und Abbremsung des Rotors zum Stillstand eine Nachladung stattfindet, indem die Schleifkontakte wieder an die Kontaktbahnen angelegt werden.

Bei einer alternativen Lösung weist der Übertragungsabschnitt hingegen eine erste Induktionsspule auf, die mit einer stationären, zweiten Induktionsspule zusammenwirkt.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass die Übertragung von Energie und Signalen völlig berührungsfrei erfolgen kann.

Bei Ausführungsformen der Erfindung weist der Rotor eine Linse zum Bündeln der Empfangsstrahlen auf einen Brennpunkt auf.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass die Anzahl der Dichtesprünge auf dem Empfangswege reduziert wird. Bei herkömmlichen Scannern werden nämlich die aus dem Rotor austretenden Empfangsstrahlen in einer gerätefesten Linse bzw. einem Hohlspiegel gesammelt und auf einen entsprechenden Detektor fokussiert. Dies bedeutet, dass die Empfangsstrahlen zunächst das Austrittsfenster des Rotors und dann die Linse durchlaufen müssen. Gemäß dem vorstehend genannten Ausführungsbeispiel der Erfindung werden demgegenüber die optischen Funktionen des Fensters und der Linse zusammengefasst, so dass die Zahl der Dichtesprünge halbiert wird.

Dies geschieht in weiterer bevorzugter Ausführungsweise dadurch, dass die Linse in Ausbreitungsrichtung der Empfangsstrahlen hinter dem Spiegel angeordnet ist.

Eine weiter bevorzugte Variante der vorstehend genannten Ausführungsbeispiele zeichnet sich dadurch aus, dass der Rotor mindestens teilweise aus einem optisch transparenten Werkstoff besteht, und dass die Linse einstückig mit einem Teil des Rotors ausgebildet ist.

Eine ähnlich gute Wirkung wird bei weiteren Ausführungsformen der Erfindung dadurch erzielt, dass der Rotor mindestens teilweise aus einem optisch transparenten Werkstoff besteht und

mehrteilig ist, und dass der Spiegel als Verspiegelung auf einer Oberfläche eines der Teile des Rotors ausgebildet ist.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass die Zahl der Dichtesprünge auf dem Wege der Empfangsstrahlen so weit wie möglich reduziert wird.

Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung wird der Sendestrahle im Rotor entlang eines optischen Pfades geführt, wobei der Pfad von einer Auskleidung aus optisch absorbierendem Werkstoff umgeben ist.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass die Ausbreitung von Streulicht im Sendepfad so weit wie möglich unterdrückt wird. Dies führt zu einer höchstmöglichen Entkopplung zwischen Sendepfad und Empfangspfad und damit zu einer weiteren Verbesserung der Auflösung und damit des Messergebnisses.

Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung ist vorgesehen, dass der Rotor mit einer um die erste und/oder die zweite Achse verlaufenden Markierung versehen ist, die mit einem gerätefesten Sensor zusammenwirkt.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass die jeweilige Drehstellung des Rotors mit hoher Auflösung erkannt und verarbeitet werden kann.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beigefügten Zeichnung.

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine äußerst schematisierte, perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels eines Rotors, wie er in einem 3D-Scanner erfindungsgemäßer Art eingesetzt werden kann;
- Fig. 2 einen Längsschnitt durch den Rotor gemäß Fig. 1 mit weiteren Einzelheiten;
- Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel eines Rotors in einer Darstellung ähnlich Fig. 2;
- Fig. 4 ein drittes Ausführungsbeispiel eines Rotors in einer Darstellung ähnlich Fig. 2 und 3;
- Fig. 5A ein viertes Ausführungsbeispiel eines Rotors, in etwas vergrößertem Maßstab und teilweise abgebrochen, im Übrigen aber ähnlich den Darstellungen gemäß den Fig. 2 bis 4;
- Fig. 5B ausschnittsweise eine Variante zu Fig. 5A;

- Fig. 6 eine schematisierte Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen 3D-Scanners zur Erläuterung weiterer Einzelheiten der Erfindung;
- Fig. 7 in stark vergrößertem Maßstab einen Ausschnitt aus dem Scanner gemäß Fig. 6 in äußerst schematisierter und geschnittener Darstellung;
- Fig. 8 eine Variante zur Darstellung gemäß Fig. 7;
- Fig. 9 eine weitere Darstellung, ähnlich Fig. 6, zur Erläuterung weiterer Einzelheiten der Erfindung;
- Fig. 10 eine weitere Darstellung, ähnlich Fig. 6, zur Erläuterung weiterer Einzelheiten der Erfindung.

In der nachfolgenden Beschreibung werden verschiedene Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer 3D-Scanner erläutert. Dabei wird jeweils auf die Besonderheiten des jeweiligen Ausführungsbeispiels hingewiesen, und es versteht sich, dass im Übrigen die gemeinsamen Merkmale der Ausführungsbeispiele nicht jeweils wiederholt werden, die Ausführungsbeispiele also insoweit übereinstimmen, sofern nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist. Bei einigen Ausführungsbeispielen sind für die vorliegend beanspruchte Erfindung nur bestimmte Details maßgeblich, wie sich aus dem Zusammenhang ergibt.

In Fig. 1 und 2 bezeichnet 10 insgesamt ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen 3D-Scanners, von dem jedoch nicht alle Elemente dargestellt sind.

Im Scanner 10 ist eine erste Achse 12 definiert, die im Allgemeinen eine horizontal verlaufende Achse ist, aber auch zur Horizontalen geneigt verlaufen kann. Dazu unter einem im Wesentlichen rechten Winkel verläuft eine zweite Achse 14, die üblicherweise eine Vertikalachse ist. Mit einem ersten Pfeil 16 ist eine Drehbewegung um die erste Achse und mit einem zweiten Pfeil 18 eine Drehbewegung um die zweite Achse dargestellt. Die Drehbewegung um die erste Achse 12 ist dabei in der Praxis mit 1.000 bis 4.000 Umdrehungen pro Minute deutlich schneller als die Drehung um die zweite Achse 14, die z.B. mit 0,3 bis 0,6 Umdrehungen pro Minute abläuft.

Kernstück des Scanners 10 ist ein Rotor 20. Der Rotor 20 unterteilt sich in einen Messabschnitt 22 und einen Übertragungsabschnitt 24. Ferner ist ein Flansch 26 vorgesehen, um den Rotor 20 mit einer (nicht dargestellten) Antriebseinheit zu verbinden. Wie weiter unten zu Fig. 6 noch erläutert werden wird, sind der Rotor und die Antriebseinheit gemeinsam um die zweite Achse 14 drehbar.

Der Rotor 20 ist von im Wesentlichen kreiszylindrischer Gestalt. In dem in Fig. 1 oben liegenden Mantelbereich ist der Rotor 20 mit einem ebenen Fenster 28 versehen, das folglich einen Zylindermantelabschnitt bildet. Im Fenster 28 mündet eine Lichtquelle 30. Aus der Lichtquelle 30 tritt ein Sendestrahl 32 aus.

Der Sendestrahl 32 verläuft in der zweiten Achse 14, geht also von einer nicht um die zweite Achse 14 rotierenden Position des Rotors 20 aus. Der Sendestrahl 32 rotiert um die erste Achse 12, wodurch ein Lichtfächer in einer Vertikalebene entsteht.

Die zweite Achse 14 liegt in dieser Vertikalebene, so dass der Sendestrahl 32 die Umgebung lückenlos abtastet.

Der Sendestrahl 32 trifft in bestimmter Entfernung vom Scanner 10 auf ein zu vermessendes Objekt, wird dort diffus reflektiert und gelangt somit in Form von Empfangsstrahlen 34 zurück zum Rotor 20, wo die Empfangsstrahlen 34 in das Fenster 28 einfallen. Sie gelangen dann auf einen Spiegel 36, von dem sie aus der Vertikal- in eine Horizontalrichtung parallel zur ersten Achse 12 umgelenkt werden. Die Empfangsstrahlen 34 werden dann von einer Sammellinse 38 an der in Fig. 1 linken Stirnseite des Rotors 20 gebündelt, und zwar in einem Brennpunkt 40. Im Brennpunkt 40 befindet sich ein geeigneter Detektor (nicht dargestellt).

Durch die Rotation des Rotors 20 um die erste Achse 12 und die weitere Rotation der Gesamtanordnung um die zweite Achse 14 wird folglich ein Fächer des Sendestrahls 32 generiert, der um 360° um die erste Achse 12 umläuft, wie mit einem Pfeil 42 in Fig. 1 angedeutet. Die Drehung dieses Fächers um die zweite Achse 14 bewirkt einen Umlauf in einer horizontalen Ebene, wie mit einem weiteren Pfeil 44 angedeutet.

Der Sendestrahl 32 leuchtet somit die Gesamtumgebung des Scanners 10 aus, wobei lediglich ein kleiner, kegelförmiger Bereich durch die mechanische Halterung des Scanners 10 abgeschattet wird. Dieser Bereich entspricht in der Praxis einem Abschattungskegel von beispielsweise 30° Öffnungswinkel oder weniger um die zweite Achse 14 unterhalb des Rotors 20.

Aus der detaillierteren Darstellung in Fig. 2 ist zu entnehmen, dass die Lichtquelle 30 eine Laserdiode 50 enthält. Die Laserdiode 50 ist über einen geraden oder (nicht dargestellt) gekrümmten Lichtleiter 52 mit dem Fenster 28 verbunden. Der Lichtleiter 52 mündet dort entweder bündig in einer Oberfläche 54 des Fensters 28 aus. Es kann aber (in Fig. 2 gestrichelt dargestellt) der Lichtleiter 52 auch mit einem gewissen Überstand 56 über die Oberfläche 54 vorstehen. Darüber hinaus sind auch Anordnungen denkbar, bei denen der Lichtleiter unterhalb der Oberfläche endet (nicht dargestellt).

Wenn der Lichtleiter 52 gerade ist, kann er auch als Rohr ausgebildet sein, durch das hindurch der Sendestrahл 32 verläuft. Dieser kann dann nicht in dem Empfangskanal gestreut werden, so dass ein Übersprechen verhindert wird.

Die Laserdiode 50 ist an eine elektronische Steuereinheit 58 angeschlossen. Die elektronische Steuereinheit 58 versorgt die Laserdiode 50 einerseits mit der erforderlichen Energie, andererseits aber auch mit dem sogenannten Koppeltakt, d.h. einem Phasensignal, das zur Entfernungsmessung dient.

Das Phasensignal kann z.B. aus einem Amplitudenmodulations-Signal in Form mindestens eines Sinus bestehen. Wenn nun der amplitudenmodulierte Sendestrahл mit dem Empfangsstrahl verglichen wird, ergibt sich eine von der zu messenden Entfernung zum Messpunkt abhängige Phasendifferenz im Modulationssignal, die z.B. in einem Quadraturdetektor ermittelt werden kann.

Das Phasensignal kann auch aus einem Tastsignal bestehen, mit dem der Sendestrahл gepulst wird. Dann lässt sich die Entfer-

nung zum Messpunkt aus der Phasendifferenz bzw. Laufzeit, d.h. aus dem zeitlichen Abstand des Auftretens der Vorder- oder der Rückflanke der Pulse beim Sende- und beim Empfangsstrahl ermitteln.

Dies ist in Fig. 2 durch eine erste Leitung 60 angedeutet, über die der elektronischen Steuereinheit 58 ein entsprechendes Signal u_p zugeleitet wird. Dies geschieht über den Übertragungsabschnitt 24, wie weiter unten zu den Fig. 7 und 8 noch im Einzelnen an Hand von zwei Beispielen erläutert werden wird.

Der Rotor 20 enthält ferner eine elektronische Versorgungseinheit 62, die mit einer zweiten Leitung 64 an die elektronische Steuereinheit 58 angeschlossen ist, um die Versorgungsspannung für die Laserdiode 50 bereitzustellen. Mittels einer dritten Leitung 66 wird die elektronische Versorgungseinheit 62 über den Übertragungsabschnitt 24 mit einer Versorgungsspannung U_B versorgt, wie ebenfalls weiter unten an Hand von zwei Beispielen zu den Fig. 7 und 8 noch erläutert werden wird.

Die elektronische Versorgungseinheit 62 enthält einen Speicher 68, beispielsweise in Form eines Akkumulators oder eines entsprechend dimensionierten Kondensators. Der Speicher 68 ist in der Lage, die für den Betrieb und die Ansteuerung der Laserdiode 50 erforderliche Energie für einen bestimmten Zeitraum zur Verfügung zu stellen, beispielsweise für einen kompletten Scanvorgang.

Fig. 2 zeigt ferner, dass der Spiegel 36 eine Platte 70 enthält, die um einen Winkel α von vorzugsweise 45° zur ersten

Achse 12 angestellt ist. Die Platte 70 ist auf ihrer in Fig. 2 oberen Seite mit einer Verspiegelung 72 versehen.

Man erkennt aus Fig. 2 ferner, dass das Fenster 28, wie bereits zu Fig. 1 erwähnt, einen ersten Zylindermantelabschnitt 74 bildet. Da dieser erste Zylindermantelabschnitt 74 eine Unwucht des Rotors 20 darstellt und sich diese Unwucht bei den erwähnten hohen Drehzahlen negativ auswirken würde, ist auf der radial gegenüberliegenden Seite, nämlich in Fig. 2 unten, ein zweiter Zylindermantelabschnitt 76 vorgesehen, der von seiner Formgebung im Wesentlichen dem ersten Zylindermantelabschnitt 74 entspricht. Die genaue Gestaltung ist so bemessen, dass eine Unwuchtkompensation stattfindet, so dass der Rotor 20 insoweit unwuchtfrei um die erste Achse 12 rotieren kann.

Es versteht sich dabei jedoch, dass dies in der Praxis meist ein Effekt zweiter Ordnung sein dürfte, weil die Unwucht des Rotors 20 im Wesentlichen durch die räumliche Anordnung der im Rotor 20 befindlichen Komponenten bestimmt ist. Hierzu zählen vor allem die elektronischen Komponenten 62, 64 und 68, die zur Minimierung der Unwucht entsprechend angeordnet werden müssen. Insoweit ist auch die Verwendung spezieller Auswuchtmassen denkbar.

Man erkennt aus den Fig. 1 und 2 weiterhin, dass die Lichtquelle 30 mit dem Lichtleiter 52 sich im Zentrum des Spiegels 36 befindet. Der Lichtleiter 52 wird dabei von seinem Durchmesser her so klein wie möglich dimensioniert, beispielsweise mit einem Durchmesser von 3 mm, verglichen mit einem Spiegeldurchmesser von z.B. 50 mm. Die von dem gemessenen Objekt diffus reflektierten Empfangsstrahlen 34 durchsetzen das Fenster

28 über dessen gesamte Fläche und fallen folglich auch auf die gesamte Fläche des Spiegels 36, mit Ausnahme des kleinen Bereiches, in dem die Lichtquelle 30 bzw. der Lichtleiter 52 den Spiegel 36 durchdringt.

Die Anordnung der Lichtquelle 30 bzw. des Lichtleiters 52 im Zentrum des Spiegels 36 ist jedoch nicht zwingend. Sollte dies im Einzelfall zweckmäßig sein, könnte auch eine exzentrische Positionierung gewählt werden (vgl. dazu auch Fig. 10), ohne dass damit erhebliche Einbußen an Messqualität einhergingen.

Fig. 3 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen 3D-Scanners 80, von prinzipiell gleicher Bauart wie derjenige gemäß den Fig. 1 und 2.

Bei dem Scanner 80 ist wiederum ein Rotor 81 mit einem Messabschnitt 82 vorgesehen. Das Besondere ist in diesem Falle, dass der Messabschnitt 82 in einen ersten Teil 84 sowie einen zweiten Teil 86 unterteilt ist, die entlang einer Trennebene 88 aneinander angrenzen. Die Trennebene 88 ist um den bereits erwähnten Winkel α zur Längsachse angestellt, schneidet also den im Wesentlichen kreiszylindrischen Rotor 81 in einer um 45° geneigten Ebene.

Eine in der Trennebene 88 liegende Oberfläche 90 des zweiten Teils 86 des Rotors 81 ist mit einem Spiegel 91 versehen, der durch eine Verspiegelung 92 der Oberfläche 90 dargestellt wird.

Der zweite Teil 86 des Rotors 81 besteht aus einem transparenten Werkstoff 94, vorzugsweise Glas. Folglich können die Empfangsstrahlen nach Umlenkung durch den Spiegel 91 in der be-

reits beschriebenen Weise an einer Vorderseite 96 des Rotors 81 austreten, die ihrerseits gekrümmt ist, um eine Sammellinse darzustellen.

Im Übrigen entspricht der Scanner 80 in seinen weiteren Einzelheiten dem Scanner 10 gemäß den Fig. 1 und 2, auf den insoweit verwiesen werden darf.

Fig. 4 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen 3D-Scanners 100. Dieses Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von demjenigen der Fig. 1 bis 3 dadurch, dass eine externe Lichtquelle anstelle einer in den Rotor integrierten Lichtquelle verwendet wird.

Der Scanner 100 enthält einen Rotor 101, der - ähnlich wie beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 - aus einem ersten Teil 104 sowie einem zweiten Teil 106 besteht. Die Teile 104 und 106 liegen wiederum entlang einer Trennebene 108 aneinander. An einer in der Trennebene 108 liegenden Oberfläche 110 des zweiten Teils 106 ist wiederum ein Spiegel 111 in Form einer Ver Spiegelung 112 angebracht. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel besteht der zweite Teil 106 aus einem transparenten Werkstoff 114, beispielsweise aus Glas. Eine Vorderseite 116 des zweiten Teils 106 ist gleichermaßen als Sammellinse ausgebildet.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 ist, wie bereits erwähnt, eine externe Lichtquelle 120 vorgesehen. Diese liegt in der ersten Achse 122, die wiederum zu einer zweiten Achse 123 im Wesentlichen unter einem rechten Winkel verläuft. Die Lichtquelle 120 erzeugt einen Sendestrahle 124, der durch die Vorderseite 116 in den zweiten Teil 106 des Rotors 101 eintritt. Der

Sendestrahl 124 wird am Spiegel 111 um 90° umgelenkt und breitet sich nun parallel zur zweiten Achse 123 aus. Empfangsstrahlen 126 treten demgegenüber bereits parallel zur zweiten Achse 123 in den ersten Teil 106 des Rotors 101 ein und werden am Spiegel 111 in die vorzugsweise horizontale Richtung der ersten Achse 122 umgelenkt. Die als Sammellinse wirkende Vorderseite 116 bündelt die Empfangsstrahlen 126 dann in einem Brennpunkt 128, in dem sich ein Detektor 130 befindet.

Fig. 5A zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen 3D-Scanners 140. Bei der Darstellung gemäß Fig. 5A ist wiederum eine Anordnung mit einer externen Lichtquelle gewählt, es versteht sich jedoch, dass das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5A auch im Zusammenhang mit einer in den Rotor integrierbaren Lichtquelle betreibbar ist.

Der 3D-Scanner 140 enthält einen Rotor 141, der wiederum aus einem ersten Teil 142 und einem zweiten Teil 144 besteht, die entsprechend in Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 3 und 4 in einer geneigten Trennebene 146 aneinander anliegen. Eine in der Trennebene 146 liegende Oberfläche 148 des zweiten Teils 144 ist mit einem Spiegel 149 in Form einer Verspiegelung 150 versehen. Der zweite Teil 144 besteht wiederum aus transparentem Werkstoff 152, beispielsweise aus Glas. Eine Vorderseite 154 des zweiten Teils 144 ist auch hier als Sammellinse ausgebildet.

Der zweite Teil 144 ist in der Längsachse des Rotors 141 mit einer axialen Bohrung 156 versehen. Die axiale Bohrung 156 endet in einem zur Richtung der Bohrung 156 radial verlaufenden ebenen Boden 158 kurz vor der Verspiegelung 150. Die axiale

Bohrung 156 ist mit einer Auskleidung 160 aus lichtabsorbierendem Werkstoff versehen, also vorzugsweise einem matt schwarzen Werkstoff.

Eine Lichtquelle 162 befindet sich, wie bereits erwähnt, außerhalb des Rotors 141 in einer Position auf dessen Längsachse. Die Lichtquelle 162 kann z.B. über eine biegsame Glasfaser 164 ihrerseits mit Licht 166 versorgt werden. In jedem Falle wird ein Sendestrahl 168 in Richtung der Längsachse des Rotors 141 erzeugt. Der Sendestrahl 168 durchsetzt die axiale Bohrung 156. Eventuell auftretendes Streulicht 170, das sich unter einem Winkel zur Längsachse ausbreitet, wird in der Auskleidung 160 absorbiert.

Austrittsseitig weist der Rotor 141 die bereits bei den anderen Ausführungsbeispielen mehrfach erläuterte ebene Oberfläche 172 auf. In der Oberfläche 172 ist entlang der zweiten Achse des Rotors 141 eine Ringbohrung 174 angebracht, die ebenfalls kurz vor dem Spiegel 149 endet. Die Ringbohrung 174 bildet somit ein Fenster 176, das bündig zur Oberfläche 172 verläuft. Die Ringbohrung 174 ist ebenfalls mit einer Auskleidung 178 aus Licht absorbierendem Werkstoff versehen. Der vom Spiegel 149 umgelenkte Sendestrahl 168 verläuft somit ungehindert durch den von der Ringbohrung 174 umgebenen Kern aus dem transparenten Werkstoff 152. Eventuell auftretendes Streulicht 180 wird auch hier von der Auskleidung 178 absorbiert.

Bei einem praktischen Ausführungsbeispiel hat der Sendestrahl 168 z.B. einen Durchmesser von 3 mm und die Bohrungen 156 sowie 174 einen etwa doppelt so großen Durchmesser, d.h. von etwa 6 mm. Durch die Absorption des Streulichtes 170, 180 wird in

diesem Falle eine noch bessere Entkopplung zwischen dem Sendestrahl 168 und den Empfangsstrahlen erreicht.

Bei der Variante gemäß Fig. 5B sind gleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen, jedoch unter Hinzufügung eines Apostrophs.

Die Bohrungen 156' und 174' sind bei dieser Variante beide als Vollbohrungen und bis zur Trennebene 146' durchgehend ausgebildet. Dabei kann die radiale Bohrung 174' am äußeren Ende mit einem Fenster verschlossen sein. Beide Bohrungen 156' und 174' sind in der bereits beschriebenen Weise an ihrer Innenwand lichtabsorbierend ausgekleidet.

Um den Sendestrahl 168' in der Trennebene 146' umzulenken, ist eine Oberfläche 182 des ersten Teils 142' im Übergang zu den Bohrungen 156' und 174' mit einer Verspiegelung 184 versehen.

Fig. 6 zeigt ein fünftes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen 3D-Scanners, diesmal in vollständigerer Darstellung, verglichen mit den Fig. 1 bis 5.

Der Scanner 190 enthält wiederum einen Rotor 192 von im Wesentlichen kreiszylindrischer Gestalt. Der Rotor 192 ist beidseitig in Lagern 194, 196 drehbar gelagert. Die Lager 194, 196 stützen sich gerätefest ab, wobei auch hier der Begriff "gerätefest" so zu verstehen ist, dass der "gerätefeste" Bezugspunkt seinerseits ebenfalls bewegbar ist, beispielsweise in Form der bereits mehrfach erwähnten Drehbewegung um eine Vertikalachse.

An dem in Fig. 6 rechten Ende des Rotors 192 ist ein Flansch 198 zu erkennen. Über den Flansch 198 ist der Rotor 192 mit einem Antriebsmotor 200 verbunden. Der Antriebsmotor 200 ist dabei vorzugsweise im vorstehend genannten Sinne ebenfalls "gerätefest".

Der Rotor 192 weist einen Übertragungsabschnitt 202 auf, von dem Übertragungselemente 204 zu einem gerätefesten Punkt führen. Weitere Einzelheiten dazu sind in der nachstehenden Beschreibung der Fig. 7 und 8 angegeben.

Der Rotor 192 ist ferner mit einer Markierung 206 versehen, die über seinen Umfang umläuft und mit einem gerätefesten Sensor 208 in Wechselwirkung steht. Die Markierung 206 kann alternativ entweder unmittelbar auf dem Rotor 192 aufgebracht oder als Ring auf den Rotor 192 aufgesteckt sein. Es sind aber auch Bauformen möglich, bei denen die Markierung 206 und der Sensor 208 eine separate Einheit bilden, die vom Rotor 192 angetrieben wird.

Die maßgeblichen Achsen des Scanners 190 in Fig. 6 sind mit 210 (Horizontalachse) und 211 (Vertikalachse) bezeichnet. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass die in Fig. 6 dargestellte Gesamtanordnung mit ihrem gerätefesten Bezugspunkt insgesamt um die Vertikalachse 211 verdrehbar ausgebildet ist.

In den Fig. 7 und 8 sind schließlich noch zwei Ausführungsbeispiele für den Übertragungsabschnitt 202a bzw. 202b dargestellt.

Der Übertragungsabschnitt 202a gemäß Fig. 7 weist Kontaktbahnen 212 auf, die über den Umfang des Rotors 192 umlaufen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind drei derartige Kontaktbahnen 212 dargestellt, einmal für die Betriebsspannung U_B , zum Anderen für die Signalspannung des Koppeltaktes u_p , und schließlich für Masse.

An die Kontaktbahnen 212 sind Schleifkontakte 214 anlegbar. Mit Pfeilen 216 sind Bewegungseinheiten angedeutet. Die Bewegungseinheiten 216 ermöglichen es, die Schleifkontakte 214 gesteuert an die Kontaktbahnen 212 anzulegen oder von diesen weg zu bewegen. Auf diese Weise ist es in der bereits beschriebenen Weise möglich, den Rotor 192 nur im Stillstand zu kontaktieren, während die Schleifkontakte 214 von den Kontaktbahnen 212 abgehoben sind, wenn der Rotor 192 rotiert.

Bei dem alternativen Ausführungsbeispiel eines Übertragungsabschnittes 202b gemäß Fig. 8 werden eine erste Spule 218 am Rotor 192 sowie eine zweite Spule 220 in gerätefester Anordnung verwendet, die auf induktivem Wege eine Übertragung von Versorgungsenergie und/oder Signalen gestatten.

Fig. 9 zeigt einen 3D-Scanner 230 mit einem Rotor 232, der in der bereits beschriebenen Weise um eine erste, vorzugsweise horizontale Achse 234 rotieren kann, wie mit einem Pfeil 236 angedeutet. Eine Drehbarkeit um eine zweite, z.B. eine vertikale Achse, ist bei diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung nicht vorgesehen.

Der Rotor 232 ist fliegend in zwei axial beabstandeten Lagern 238 eines Gehäuses 240 gelagert und über einen Flansch 242

antreibbar. Eine Lichtquelle 248 erzeugt einen Sendestrahl 250, und die vom Objekt reflektierten Empfangsstrahlen 252 fallen in der beschriebenen Weise auf einen zur ersten Achse 234 geneigten Spiegel 246. Der Spiegel 246 kann - z.B. analog zum Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 - als separates Bauelement, oder - z.B. analog zum Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5A - als Verspiegelung eines Teiles des Rotors 232 ausgebildet sein.

Der gesamte Scanner 230 kann mittels nicht dargestellter Antriebsmittel entlang eines linearen Weges verfahren werden, und zwar vorzugsweise derart, dass die erste Achse 234 parallel zu dem Weg ausgerichtet ist. Auf diese Weise können z.B. Tunnel vermessen werden. Man erkennt aus Fig. 9, dass infolge der fliegenden Lagerung des Rotors 232 bei diesem Beispiel keine Abschattung an einem Stativ oder dergleichen stattfindet.

Fig. 10 zeigt in gleicher Darstellung einen 3D-Scanner 260 mit einem Rotor 262, der um eine erste, vorzugsweise horizontale Achse 264 rotieren kann, wie mit einem Pfeil 266 angedeutet. Bei diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist wiederum eine Drehbarkeit um eine zweite, z.B. eine vertikale Achse 268 vorgesehen.

Eine Lichtquelle 272 erzeugt einen Sendestrahl 274, und die vom Objekt reflektierten Empfangsstrahlen 278 fallen in der beschriebenen Weise auf einen zur ersten Achse 264 geneigten Spiegel 276. Hinsichtlich des Spiegels 276 gilt sinngemäß das selbe, was weiter oben zum Spiegel 246 in Fig. 9 gesagt wurde.

Das Besondere an diesem Ausführungsbeispiel besteht darin, dass die Lichtquelle 272 sich axial neben dem Spiegel 276 befindet. Wichtig ist dabei, dass die zweite Achse 268 mit dem Sendestrahle 274 zusammenfällt, dieser sich also nicht um die zweite Achse 268 dreht.

Patentansprüche

1. 3D-Scanner mit einer Lichtquelle (30; 120; 162; 248; 272) zum Erzeugen eines Sendestrahles (32; 124; 168; 250; 274), mit Mitteln, die mindestens um eine erste Achse (12; 122; 210; 234; 264) drehbar sind, zum Aussenden des Sendestrahles (32; 124; 168; 250; 274) zu einem zu vermessenden Objekt, von dem der Sendestrahle (32; 124; 168; 250; 274) als Empfangsstrahlen (34; 126; 252; 278) reflektiert wird, und mit einem synchron zu den Mitteln um die erste Achse (12; 122; 210; 234; 264) drehbaren Spiegel (36; 91; 111; 149; 246; 276) zum Empfangen der Empfangsstrahlen (34; 126; 252; 278), wobei der Spiegel (36; 91; 111; 149; 246; 276) um einen Winkel (α) von vorzugsweise 45° zu der ersten Achse (12; 122; 210; 234; 264) geneigt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (30; 248; 272) und der Spiegel (36; 91; 246; 276) in einem gemeinsamen Rotor (20; 81; 192; 232; 262) befestigt sind, der um die erste Achse (12; 210; 234; 264) drehbar ist.
2. Scanner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (20; 81; 192; 232; 262) ferner um eine zur ersten Achse (12; 122; 210; 234; 264) unter einem im Wesentlichen rechten Winkel verlaufende zweite Achse (14; 123; 211; 268) drehbar ist.
3. Scanner nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Sendestrahle (32; 124; 168; 250; 274) entlang der zweiten Achse (14; 123; 211; 268) verläuft.

4. Scanner nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (20; 81; 192; 232; 262) eine im Wesentlichen zylindrische Gestalt aufweist, und dass die erste Achse (12; 210; 234; 264) die Längsachse des Rotors (20; 81; 192; 232; 262) ist.
5. Scanner nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (20; 81; 192) an seinem Umfang mit einem ersten, ein ebenes Fenster (28) bildenden Zylindermantelabschnitt (74) versehen ist, und dass die Lichtquelle (30) in dem Zylindermantelabschnitt (74) ausmündet.
6. Scanner nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (20; 81; 192) mit einer Unwuchtkompensation versehen ist.
7. Scanner nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (20; 81; 192) auf der dem ersten Zylindermantelabschnitt (74) gegenüberliegenden Seite mit der Unwuchtkompensation versehen ist.
8. Scanner nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Unwuchtkompensation als zweiter, eine ebene Fläche bildender Zylindermantelabschnitt (76) ausgebildet ist.
9. Scanner nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (30) einen Lichtleiter (52) aufweist, und dass der Lichtleiter (52) bündig in dem Fenster (28) ausmündet.

10. Scanner nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (30) einen Lichtleiter (52) aufweist, und dass der Lichtleiter (52) über das Fenster (28) vorsteht (56).
11. Scanner nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (20) eine elektronische Steuereinheit (58) für die Lichtquelle (30) aufweist.
12. Scanner nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (58) ein Phasensignal (u_p) für die Lichtquelle (30) verarbeitet.
13. Scanner nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Phasensignal (u_p) ein Amplitudenmodulations-Signal ist.
14. Scanner nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Phasensignal (u_p) ein Tastsignal ist.
15. Scanner nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (20; 81; 192) eine elektronische Versorgungseinheit (62) zum Versorgen der Lichtquelle (30) mit elektrischer Energie aufweist.
16. Scanner nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Versorgungseinheit (62) einen Energiespeicher (68) enthält.

17. Scanner nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (20; 81; 192) zum Anschluss der Steuereinheit (58) und/oder der Versorgungseinheit (62) an gerätefeste Einheiten einen Übertragungsabschnitt (24; 202) aufweist.
18. Scanner nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Übertragungsabschnitt (202a) Kontaktbahnen (212) aufweist, die mit gerätefesten Schleifkontakten (214) zusammenwirken.
19. Scanner nach Anspruch 16 und 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Schleifkontakte (214) bei Rotation des Rotors (192) von den Kontaktbahnen (212) abhebbar (216) sind, und dass die Steuereinheit (58) bei abgehobenen Schleifkontakten (214) mit dem Energiespeicher (68) verbindbar ist.
20. Scanner nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Übertragungsabschnitt (202b) eine erste Induktionsspule (218) aufweist, die mit einer stationären, zweiten Induktionsspule (220) zusammenwirkt.
21. Scanner nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (20; 81; 192) eine Linse (38; 96) zum Bündeln der Empfangsstrahlen (34) auf einen Brennpunkt (40) aufweist.
22. Scanner nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Linse (38; 96) in Ausbreitungsrichtung der Empfangsstrahlen (34) hinter dem Spiegel (36; 91) angeordnet ist.

23. Scanner nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (81) mindestens teilweise aus einem optisch transparenten Werkstoff (94) besteht, und dass die Linse (96) einstückig mit einem Teil (86) des Rotors (81) ausgebildet ist.
24. Scanner nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (81) mindestens teilweise aus einem optisch transparenten Werkstoff (94) besteht und mehrteilig (84, 86) ist, und dass der Spiegel (91) als Verspiegelung (92) auf einer Oberfläche (90) eines der Teile (86) des Rotors (81) ausgebildet ist.
25. Scanner nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Sendestrahл (168) im Rotor (141) entlang eines optischen Pfades (156, 174) geführt wird, und dass der Pfad (156, 174) von einer Auskleidung (160, 178) aus optisch absorbierendem Werkstoff umgeben ist.
26. Scanner nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (192) mit einer um die erste (210) und/oder die zweite (211) Achse verlaufenden Markierung (206) versehen ist, die mit einem gerätefesten Sensor (208) zusammenwirkt.

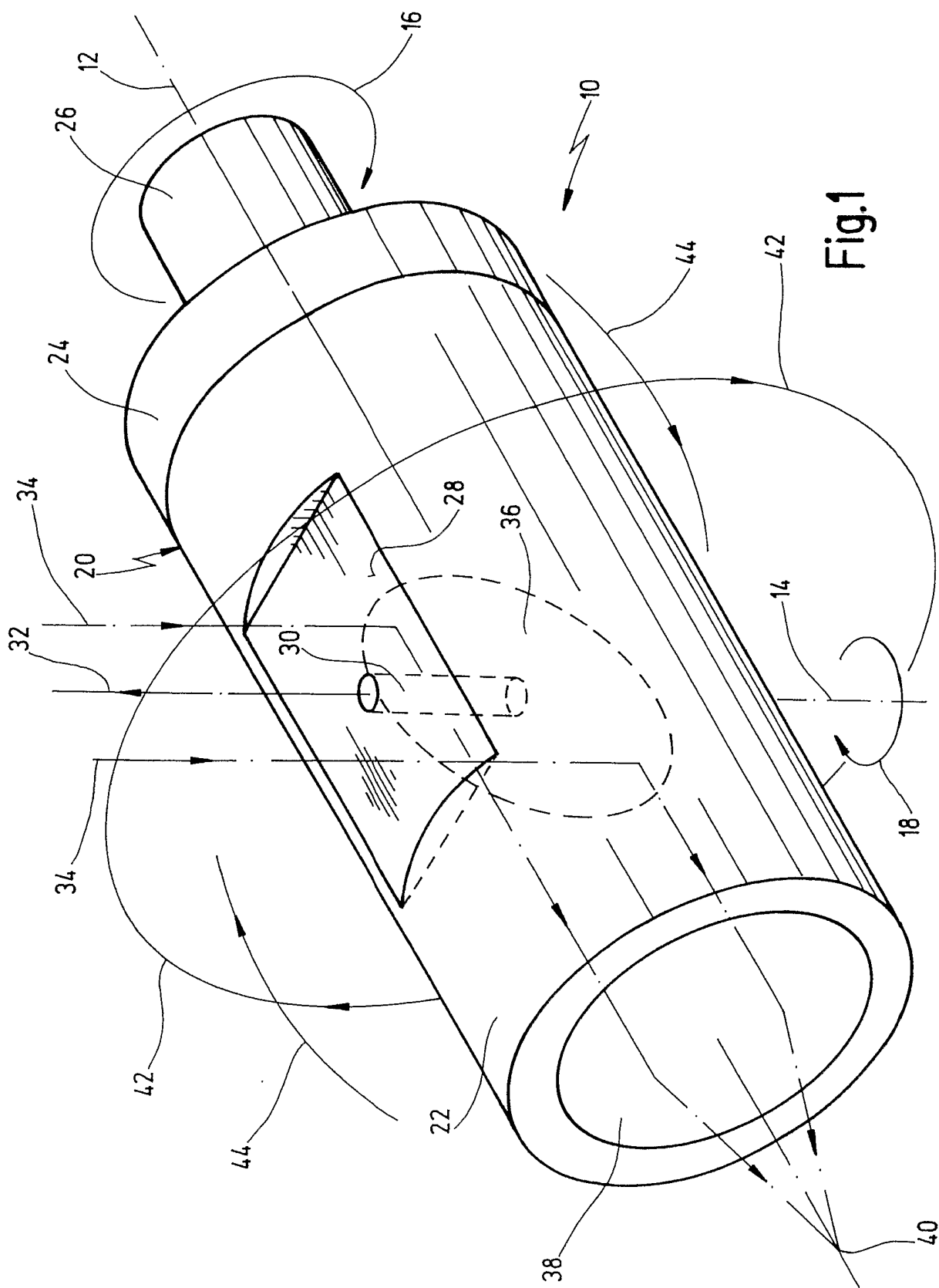


Fig.1

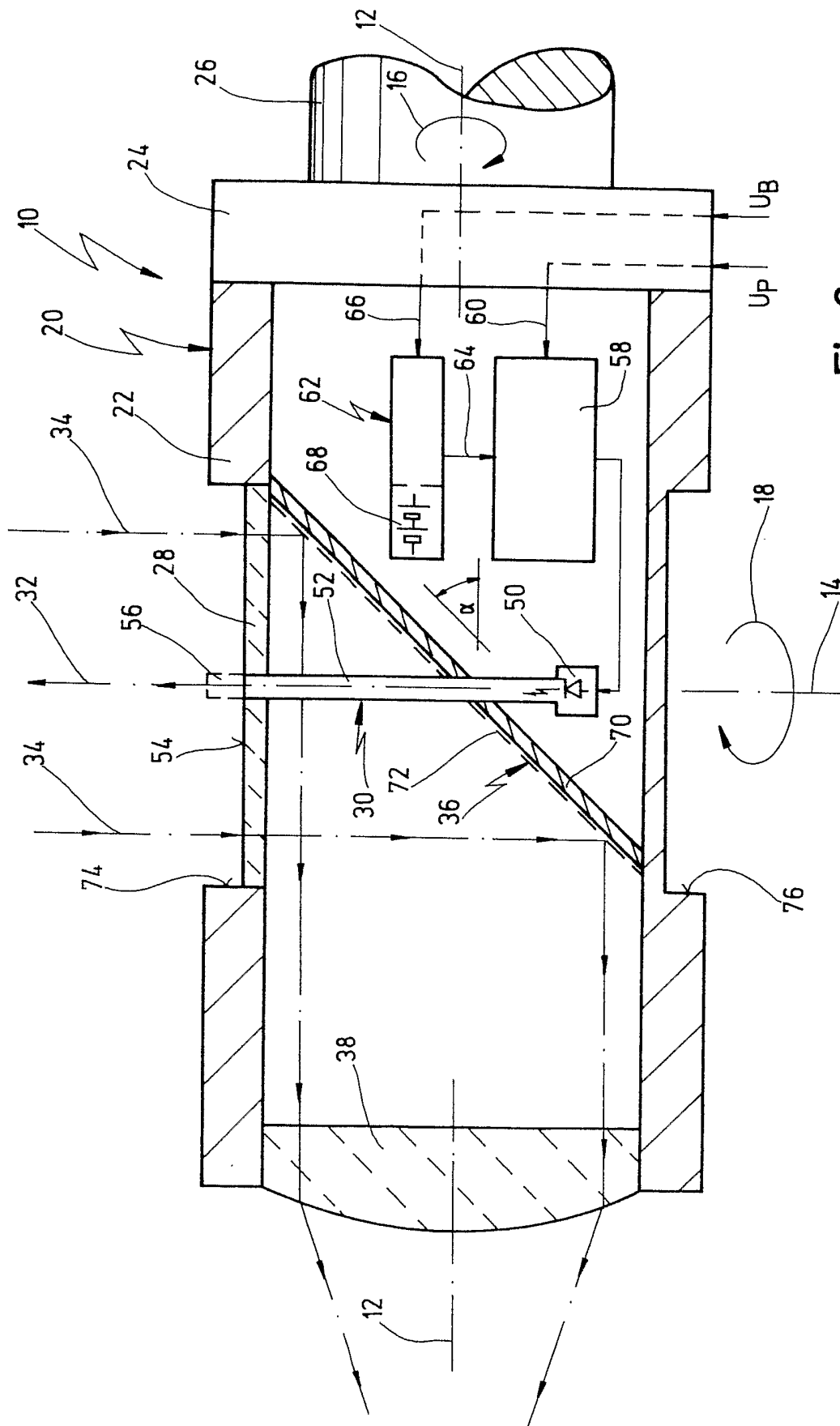


Fig.2

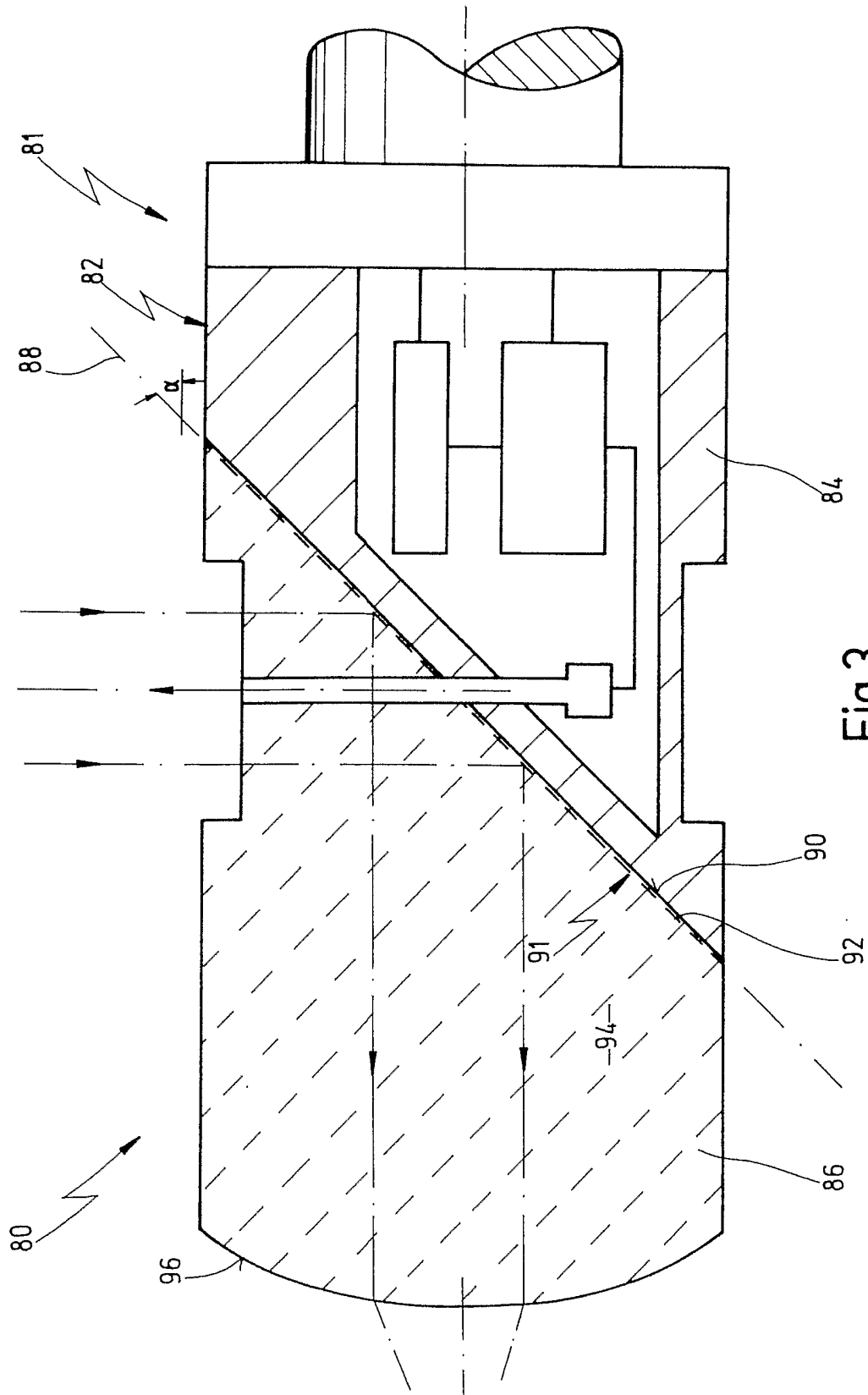


Fig.3

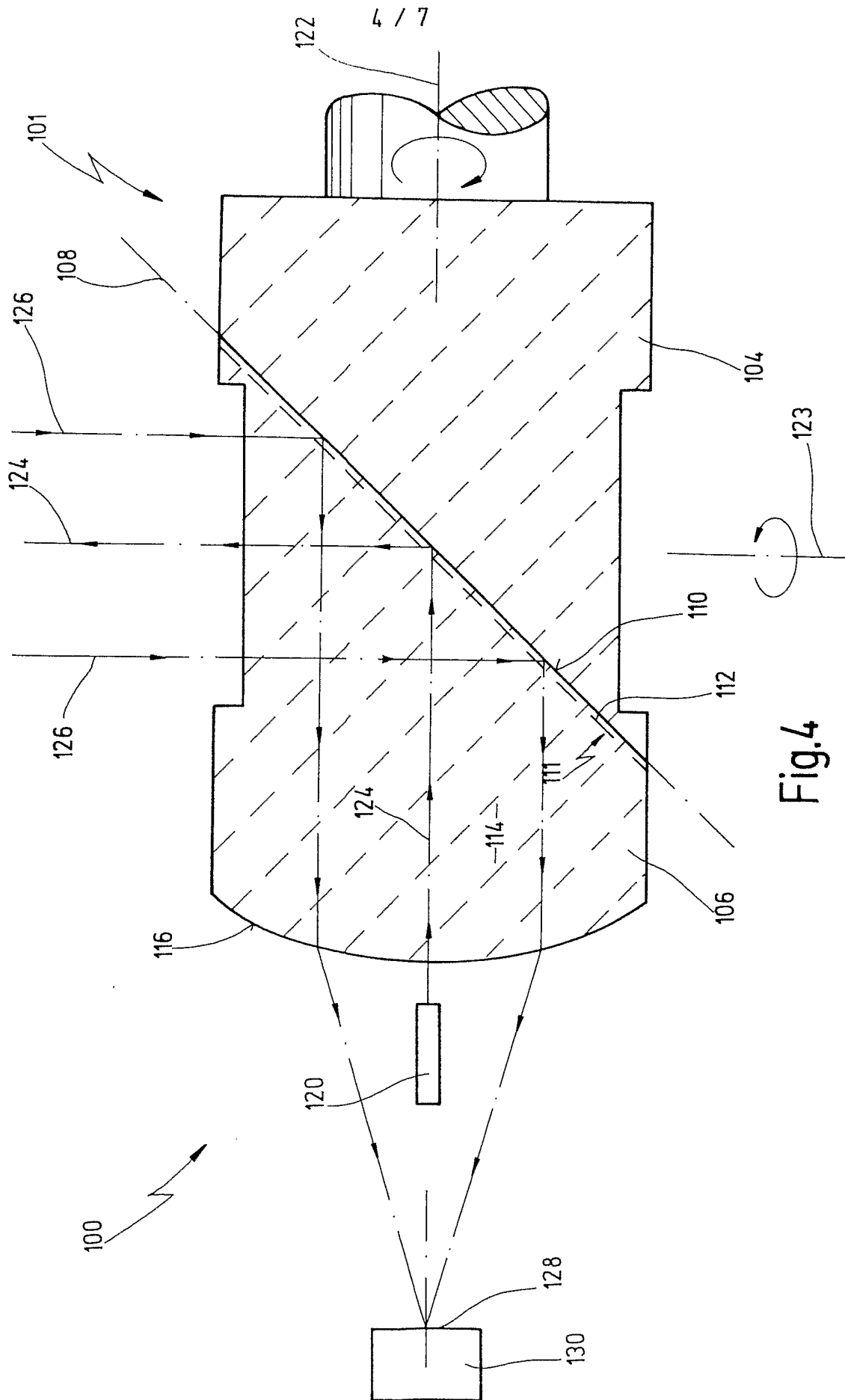


Fig.4

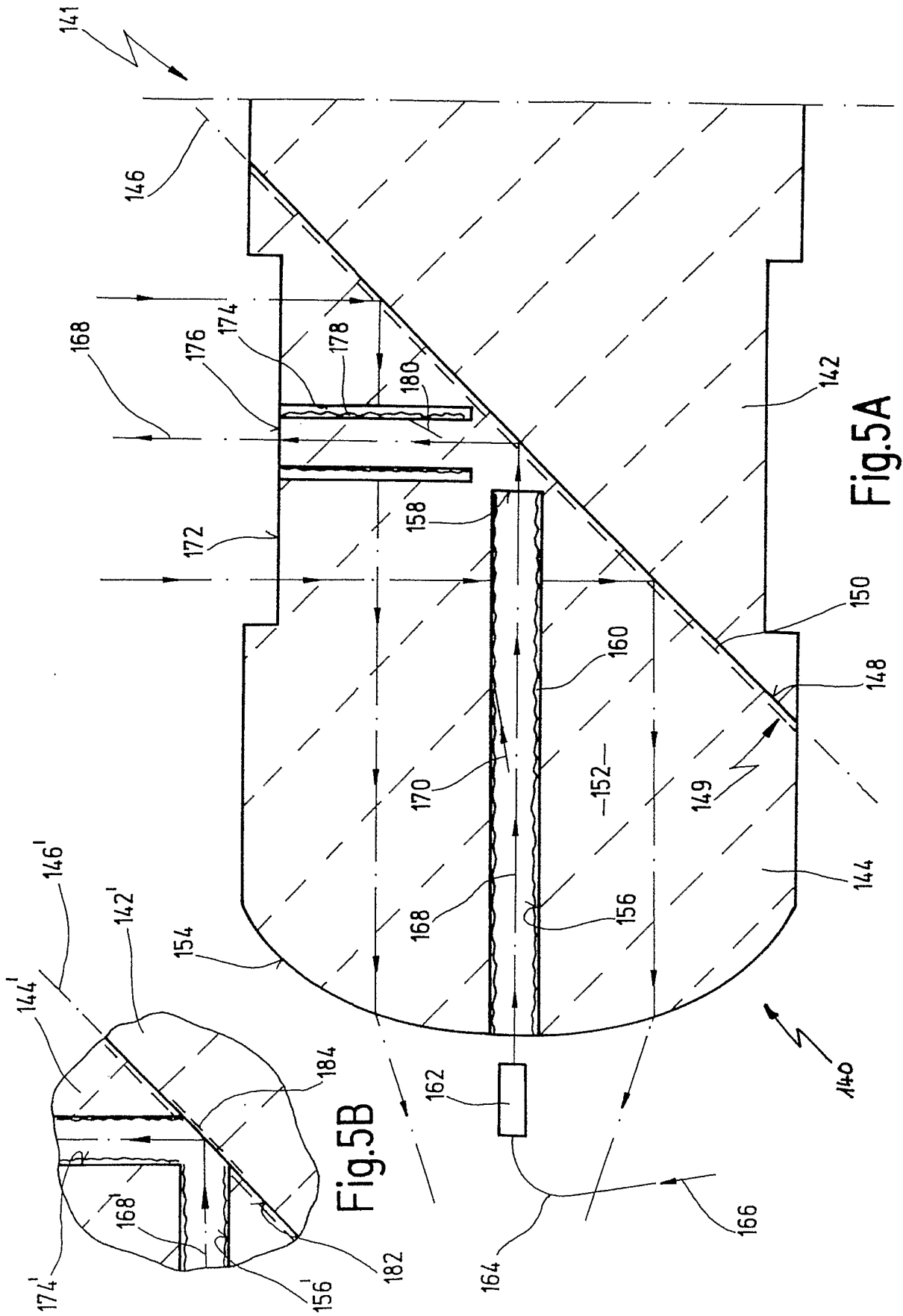


Fig.5A

Fig.5B

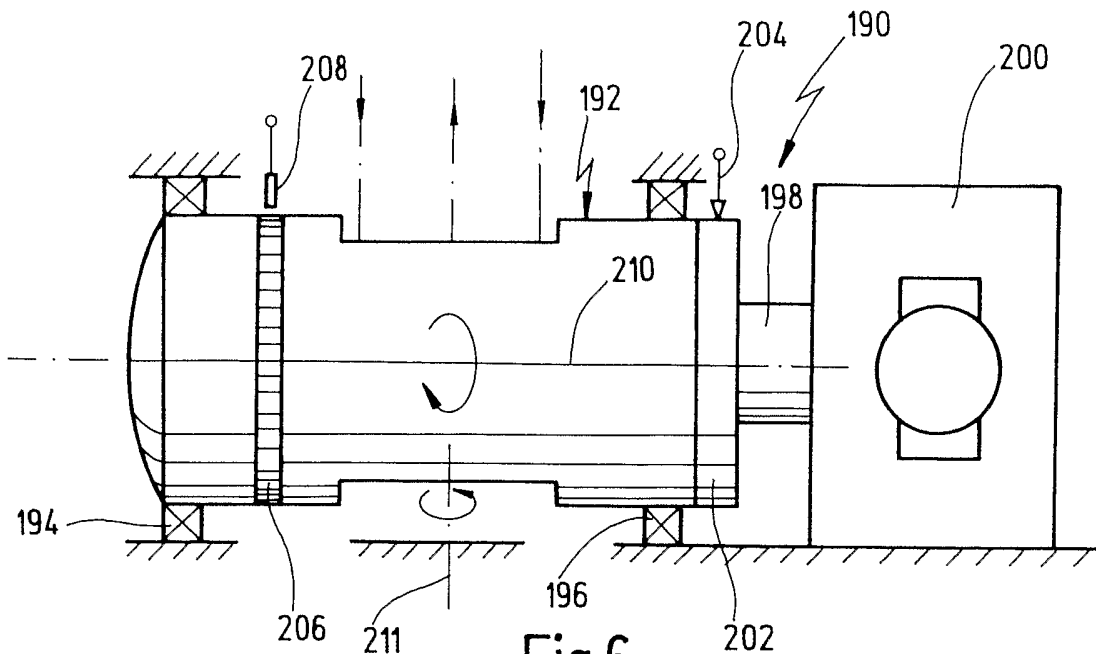


Fig.6

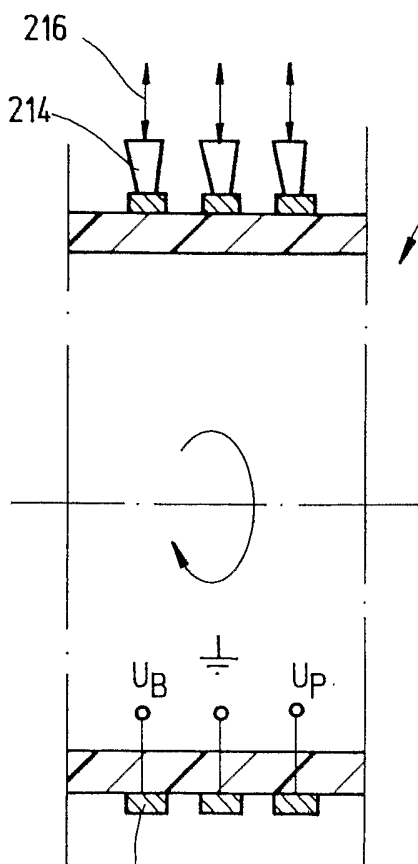


Fig.7

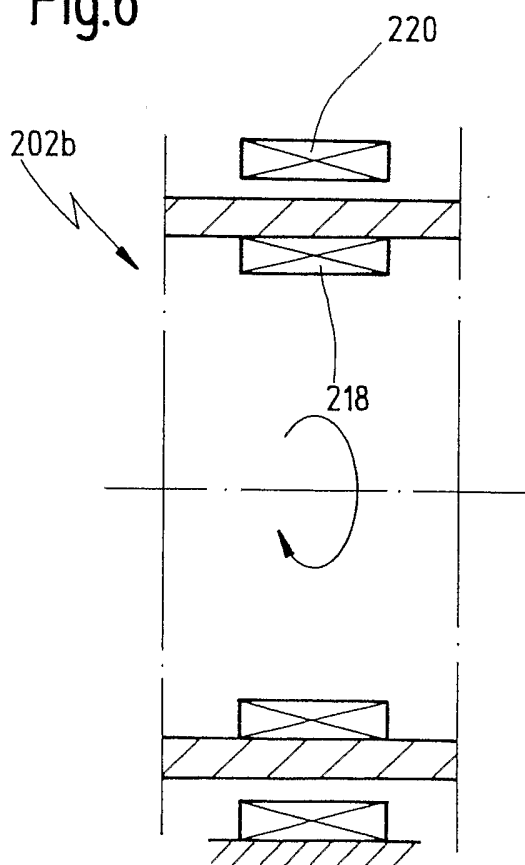
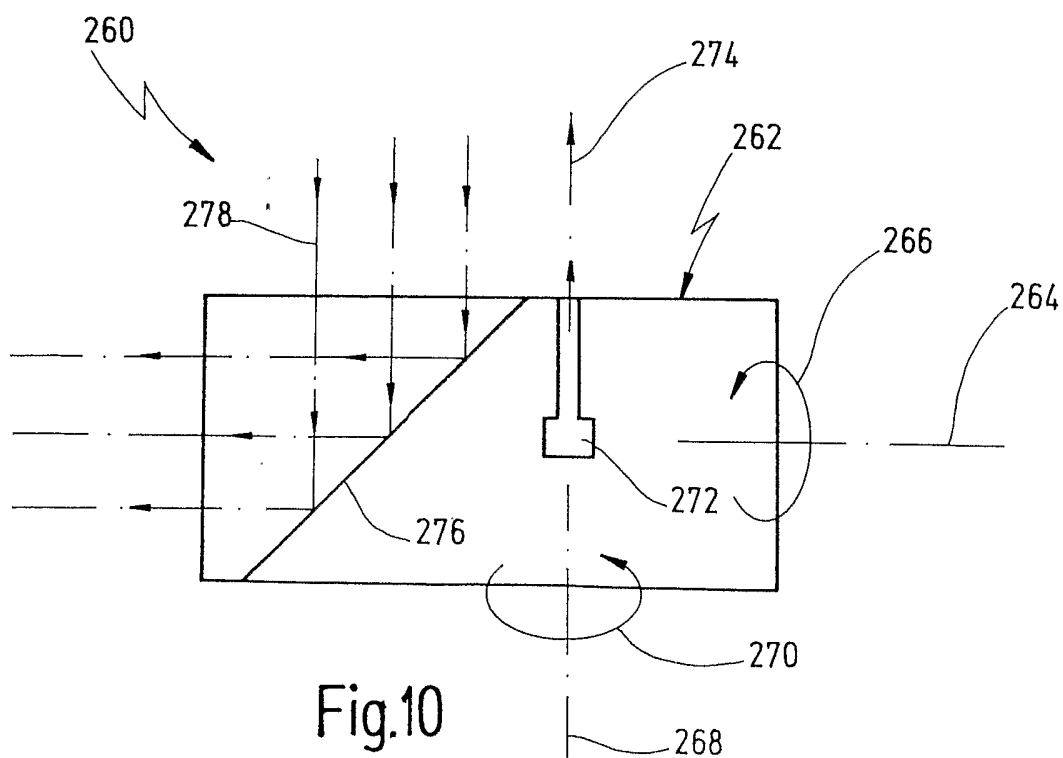
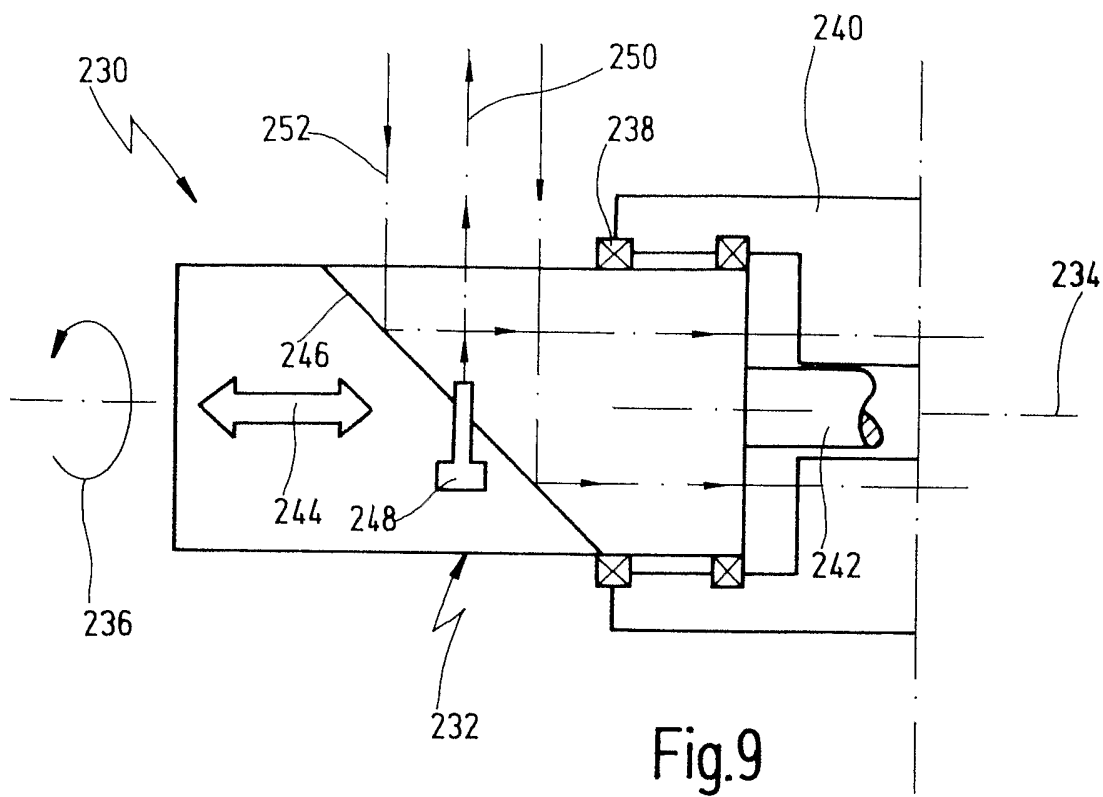


Fig.8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/000475

| | | | | |
|--|---|--|---|---|
| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G02B26/10 G01S7/481 G01C15/00 | | | | |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | | | |
| B. FIELDS SEARCHED | | | | |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G02B G01S G01C | | | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched | | | | |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal | | | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | | | |
| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. | | |
| X | WO 01/98732 A (LINK JOHANN & ERNST GMBH & CO ;FRANZ STEFAN (DE); WINDECKER ROBERT) 27 December 2001 (2001-12-27) figure 1 page 4, paragraph 2 -page 7, paragraph 2 --- | 1,4,6, 11,15, 17, 20-22, 24-26 | | |
| X Y | DE 44 12 044 A (LEUZE ELECTRONIC GMBH & CO) 12 October 1995 (1995-10-12) column 1, line 58 -column 5, line 59 figures --- | 1,4-6, 11-14 23,24 | | |
| Y | DE 44 15 419 A (HORN WOLFGANG) 9 November 1995 (1995-11-09) column 2, line 44 - line 51; figure 3 --- -/-- | 23,24 | | |
| <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. </td> <td style="width: 50%; border: none;"> <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex. </td> </tr> </table> | | | <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. | <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex. |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. | <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex. | | | |
| ° Special categories of cited documents : | | | | |
| <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family </td> </tr> </table> | | | <ul style="list-style-type: none"> *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | <ul style="list-style-type: none"> *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family |
| <ul style="list-style-type: none"> *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | <ul style="list-style-type: none"> *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family | | | |
| Date of the actual completion of the international search <p style="text-align: center; font-weight: bold;">10 May 2004</p> | | Date of mailing of the international search report <p style="text-align: center; font-weight: bold;">01/06/2004</p> | | |
| Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016 | | Authorized officer <p style="text-align: center; font-weight: bold;">Windecker, R</p> | | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/000475

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|--|-----------------------|
| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | DE 101 05 774 A (RIEGL LASER MEASUREMENT SYSTEM) 30 August 2001 (2001-08-30) column 3, line 11 - line 47; figure 2 ----- | 1-3 |
| A | US 6 204 916 B1 (NORITA TOSHIO ET AL) 20 March 2001 (2001-03-20) abstract; figure 1 ----- | 1 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/000475

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|----|------------------|-------------------------|------------------|
| WO 0198732 | A | 27-12-2001 | DE 10029383 A1 | 03-01-2002 |
| | | | AU 1549102 A | 02-01-2002 |
| | | | WO 0198732 A1 | 27-12-2001 |
| | | | EP 1292805 A1 | 19-03-2003 |
| | | | JP 2004501368 T | 15-01-2004 |
| DE 4412044 | A | 12-10-1995 | DE 4412044 A1 | 12-10-1995 |
| | | | DE 9421457 U1 | 04-01-1996 |
| DE 4415419 | A | 09-11-1995 | DE 4415419 A1 | 09-11-1995 |
| DE 10105774 | A | 30-08-2001 | AT 409194 B | 25-06-2002 |
| | | | AT 2842000 A | 15-10-2001 |
| | | | DE 10105774 A1 | 30-08-2001 |
| US 6204916 | B1 | 20-03-2001 | JP 11218409 A | 10-08-1999 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/000475

| A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 G02B26/10 G01S7/481 G01C15/00 | | |
|---|--|--|
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK | | |
| B. RESEARCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 G02B G01S G01C | | |
| Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen | | |
| Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal | | |
| C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
| Kategorie° | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| X | WO 01/98732 A (LINK JOHANN & ERNST GMBH & CO ;FRANZ STEFAN (DE); WINDECKER ROBERT) 27. Dezember 2001 (2001-12-27) Abbildung 1 Seite 4, Absatz 2 -Seite 7, Absatz 2 --- | 1,4,6, 11,15, 17, 20-22, 24-26 |
| X Y | DE 44 12 044 A (LEUZE ELECTRONIC GMBH & CO) 12. Oktober 1995 (1995-10-12) Spalte 1, Zeile 58 -Spalte 5, Zeile 59 Abbildungen --- | 1,4-6, 11-14 23,24 |
| Y | DE 44 15 419 A (HORN WOLFGANG) 9. November 1995 (1995-11-09) Spalte 2, Zeile 44 - Zeile 51; Abbildung 3 --- -/-- | 23,24 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie | | |
| ° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist | | |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 10. Mai 2004 | | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 01/06/2004 |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016 | | Bevollmächtigter Bediensteter Windecker, R |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/000475

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
|--|--|--------------------|
| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| A | DE 101 05 774 A (RIEGL LASER MEASUREMENT SYSTEM) 30. August 2001 (2001-08-30) Spalte 3, Zeile 11 - Zeile 47; Abbildung 2 ----- | 1-3 |
| A | US 6 204 916 B1 (NORITA TOSHIO ET AL) 20. März 2001 (2001-03-20) Zusammenfassung; Abbildung 1 ----- | 1 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/000475

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|--|----|-------------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------------------------|
| WO 0198732 | A | 27-12-2001 | DE | 10029383 A1 | 03-01-2002 |
| | | | AU | 1549102 A | 02-01-2002 |
| | | | WO | 0198732 A1 | 27-12-2001 |
| | | | EP | 1292805 A1 | 19-03-2003 |
| | | | JP | 2004501368 T | 15-01-2004 |
| ----- | | | | | |
| DE 4412044 | A | 12-10-1995 | DE | 4412044 A1 | 12-10-1995 |
| | | | DE | 9421457 U1 | 04-01-1996 |
| ----- | | | | | |
| DE 4415419 | A | 09-11-1995 | DE | 4415419 A1 | 09-11-1995 |
| ----- | | | | | |
| DE 10105774 | A | 30-08-2001 | AT | 409194 B | 25-06-2002 |
| | | | AT | 2842000 A | 15-10-2001 |
| | | | DE | 10105774 A1 | 30-08-2001 |
| ----- | | | | | |
| US 6204916 | B1 | 20-03-2001 | JP | 11218409 A | 10-08-1999 |
| ----- | | | | | |