(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 507872 B1 2015-02-15**

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 229/2009
(22) Anmeldetag: 11.02.2009
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2015

(51) Int. Cl.: ***G01S 7/481*** (2006.01)
G01S 17/89 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 19646932 A1
AT 504580 A2

(73) Patentinhaber:
RIEGL LASER MEASUREMENT SYSTEMS GMBH
3580 HORN (AT)

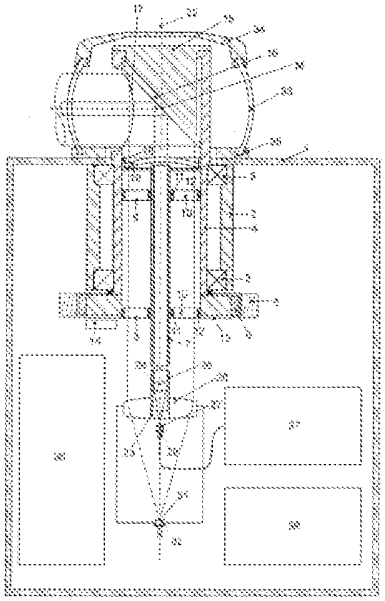
(72) Erfinder:
REICHERT RAINER ING.
HORN (AT)
RIEGL JOHANNES DR.
TRABENREITH (AT)
PFENNIGBAUER MARTIN DIPL.ING. DR.
TULLN (AT)

(74) Vertreter:
PFENNIGBAUER MARTIN DIPL.ING. DR.
3580 HORN (AT)

(54) **EINRICHTUNG ZUR ABTASTUNG EINES OBJEKTRAUMES**

(57) Einrichtung zur Abtastung eines Objektraumes mit einem opto-elektronischen Entfernungsmesser mit einer Sendeeinrichtung zum Aussenden von Laser-Impulsen und einer Empfangseinrichtung zum Empfangen von Laserstrahlung, ferner mit einer Auswerteeinrichtung, die aus der Laufzeit der Echosignale Objektentfernungen ermittelt, ferner mit einer Scann-Einrichtung zur Ablenkung der koaxialen Sende- und Empfangsstrahlenbündel, die einen um eine Achse rotierenden Spiegel umfasst, wobei der Spiegel von einem Gehäuse mit einem Fenster umschlossen ist und die optische Achse des koaxialen Sende- und Empfangsstrahlenbündel identisch mit der Rotationsachse des Spiegels ist und das Fenster als geschlossene Kugelzone-Schale (33) ausgebildet ist und der Krümmungsmittelpunkt (M) der Kugelzone-Schale im Wesentlichen mit dem Schnittpunkt der Rotationsachse (22) des Spiegels (16) mit der reflektierenden Fläche desselben identisch ist und die optische Wirkung des Fensters (33) in der Sender- und in der Empfängeroptik (26, 19 bzw. 30,19) kompensiert ist wobei die Scann-Einrichtung als 2D 360°-Rund-um-Scanner einsetzbar ist.

FIG. 1



AT 507872 B1 2015-02-15

Beschreibung

EINRICHTUNG ZUR ABTASTUNG EINES OBJEKTRAUMES.

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zur Abtastung eines Objektraumes mit einem opto-elektronischen Entfernungsmesser nach einem Signal-Laufzeitverfahren mit einer Sendeeinrichtung zum Aussenden von Laser-Impulsen und einer Empfangseinrichtung zum Empfangen von Laserstrahlung, die von im Zielraum befindlichen Objekten reflektiert wird. Eine Auswerteeinrichtung ermittelt aus der Laufzeit der Echosignale die Objektentfernungen. Die Einrichtung umfasst ferner eine Scann-Einrichtung zur Ablenkung der optischen Achsen von Sende- und Empfangseinrichtung. Die Sende- und Empfangsstrahlenbündel verlaufen hierbei im Wesentlichen koaxial. Die Scann-Einrichtung weist einen um eine Achse rotierenden Spiegel auf, dessen Rotationsachse mit der optischen Achse der koaxialen Sende- und Empfangstrahlenbündel im Bereich zwischen der Sende- und Empfangseinrichtung einerseits und dem rotierenden Spiegel andererseits identisch ist. Der rotierende Spiegel ist von einem Gehäuse mit einem Fenster aus einem für die Laserstrahlung transparentem Material umschlossen, wobei das Fenster zumindest in seinem optisch wirksamen Bereich von Drehflächen begrenzt ist, deren Achsen identisch mit der Rotationsachse des rotierenden Spiegels sind.

[0002] Bei bekannten Einrichtungen dieser Art werden zylindrische oder kegelförmige Fenster eingesetzt. Diese Fenster wirken als optische Elemente und fuhren durch die unterschiedlichen, richtungsabhängigen Krümmungen Abberationen in das optische System der Sende- und der Empfangseinrichtung ein, die zur Erzielung einer hohen Abbildungsqualität durch asphärische Korrekturlinsen kompensiert werden müssen.

[0003] In der AT 504 580 ist ein Scanner mit einem opto-elektronischen Entfernungsmesser beschrieben, im Gegensatz zu der eingangs beschriebenen Einrichtung umfasst die Ablenkeinheit allerdings nicht einen rotierenden Spiegel, der eine 2D 360°-Rund-um Abtastung ergibt, sondern einen um zwei Achsen schwingenden Spiegel, der einen 3D Scann ergibt, dies aber mit vergleichsweise limitierten Scann-Winkeln.

[0004] Bei dem bekannten Scanner wird ein sphärisches Fenster eingesetzt, dieses besteht aber entsprechend den limitierten Scann-Winkeln der Ablenkeinheit aus einem relativ kleinen Ausschnitt einer Kugelfläche.

[0005] Der Einsatz von geschlossenen sphärischen Fenstern ist an sich bekannt. So wird in der DE 196 46 932 eine sogen. „Laser-Bilderzeugungseinrichtung“ beschrieben, bei welcher der Strahl einer Laserquelle über ein optisches System auf einen rotierenden Spiegel bzw. gerichtet und von diesem auf eine zylindrische „Bilderzeugungsfläche“ abgelenkt wird. Es fehlt in dem Dokument jeder Hinweis auf eine Entfernungsmessung. Demgemäß gibt es keine Empfangseinrichtung für reflektierte Strahlen und eine Auswerteeinrichtung, die die Laufzeit von Lasersignalen ermittelt und aus dieser die Entfernung berechnet. Damit fehlt aber auch jede Übereinstimmung mit der eingangs beschriebenen Einrichtung.

[0006] Es ist ein Ziel der Erfindung das gesamte optische System für den Sende- und Empfangskanal mit dem optisch wirksamen Fenster bei hoher Abbildungsqualität kostengünstiger zu gestalten und gleichzeitig eine hohe Flexibilität bezüglich der Einstellung des Messfeldes zu erzielen. Diese Ziele werden erfindungsgemäß dadurch gewährleistet, dass das Fenster in an sich bekannter Weise als geschlossene Kugelzonen-Schale ausgebildet ist, wobei der Krümmungsmittelpunkt der Kugelzonen-Schale im Wesentlichen identisch mit dem Schnittpunkt der Rotationsachse des Spiegels mit der reflektierenden Fläche desselben ist und die optische Wirkung des Fensters in der Sender- und in der Empfängeroptik kompensiert ist und die Scann-Einrichtung als 2D 360°-Rund-um-Scanner einsetzbar ist.

[0007] Die Kompensation der optischen Wirkung des Fensters kann durch Einführen einer entsprechenden, sphärischen Linse bzw. Optik in den Sende- und Empfangsstrahlengang erfolgen, es ist aber auch möglich, die Kompensation durch entsprechende axiale Justage der beiden optischen Systeme zu erzielen, was zu einer deutlich wirtschaftlicheren Bauweise führt.

[0008] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, dass bei einer von der 45°-Einstellung abweichenden Spiegelstellung, wodurch anstelle eines ebenen Messfeldes ein Messfeld in Form eines Kegelmantels erzielt wird, was für eine Reihe von Messaufgaben von Vorteil sein kann, sich durch das kugelzonenförmige Fenster eine Änderung der Kompensation der Abberationen der optischen Systeme erübrigt, während bei zylinder- oder kegelförmigen Fenstern die Kompensation der Abberationen dem veränderten Winkel angepasst werden muss.

[0009] Ein weiterer Vorteil des Einsatzes von kugelzonenförmigen Fenstern ist, dass die Technologie zum Schleifen und Polieren, vor allem aber auch zum einfachen Vermessen der Oberflächengüte solcher Formen wesentlich ausgereifter und kostengünstiger ist, als die Erzeugung von Zylinder- bzw. Kegelflächen, sowie Flächen höherer Ordnung.

[0010] In einer vorteilhaften Weiterentwicklung der Erfindung ist der Spiegel um eine Achse, die normal zu seiner Rotationsachse verläuft, einstellbar, so dass die optische Achse des Sende- und des Empfangsstrahlenbündels im Raum Kegelflächen beschreibt, deren Öffnungswinkel durch die Spiegeleinstellung definiert ist.

[0011] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einiger Ausführungsbeispiele und unter Bezugnahme auf die Zeichnung. In dieser stellt die Fig. 1 einen 360°-Rundum bzw. Panorama-Scanner, teilweise im Axialschnitt, dar. Die Figuren 2 und 3 zeigen zwei verschiedene Ausführungsbeispiele in axionometrischer Darstellung.

[0012] Bei dem Scanner gemäß Fig. 1 ist in einem Gehäuse 1 ein gerätefester Lagerbock 2 angeordnet, in welchem mit zwei Wälzlagern 3 ein Rohr 4 gelagert ist. Auf dem Lagerbock 2 ist der Stator 5 eines Elektromotors angeordnet. Der Rotor 6 dieses Motors ist am Rohr 4 befestigt und liegt unmittelbar dem Stator 5 gegenüber. Im Inneren des Rohres 4 ist ein zweites Rohr 7 mit einem relativ kleineren Durchmesser angeordnet. Dieses Rohr 7 wird mit zwei Scheiben 8 und 9 im Rohr 4 fixiert. Die beiden Scheiben weisen große Durchbrüche auf, so dass die Scheiben de facto auf Naben 11 und Felgen 12 reduziert sind, die durch jeweils drei schmale Speichen 10 miteinander verbunden sind.

[0013] Im unteren Bereich des Rohres 4 ist eine Scheibe 13 befestigt, die zusammen mit einem am Lagerbock 2 gerätefest montierten Sensor 14 einen Winkeldecoder ergibt.

[0014] Im oberen Bereich ist das Rohr 4 mit einem zylindrischen, unter 45° abgeschrägten Trägerelement 15 abgeschlossen. An der Schrägfläche dieses Trägerelementes ist ein Spiegel 16 befestigt. Das Rohr 4 weist einen zylindrischen Durchbruch 17 auf, der als Streulichtblende für eintretendes Licht wirkt. Unterhalb des Spiegels 16 ist in einer Fassung 18 eine Linse 19 befestigt.

[0015] Unter dem Rohr 7 ist in einem relativ geringen Abstand gerätefest ein gleichartiges Rohr 26 angeordnet, das in einer zentrischen Bohrung 23 einer Linse 30 fixiert ist. Das Rohr 26 dient als Fassung für eine Optik 24, in deren Brennpunkt 27 eine Laserdiode 29 angeordnet ist. Die Laserdiode 29 wird durch einen Laser-Treiber 37 angesteuert. Ein kleiner Teil der Impulsenergie bzw. der Laserstrahlung wird als Startimpuls einer Auswerteschaltung 36 zugeleitet. Im Brennpunkt 31 der Linse 30 ist eine Photodiode 32 od. dgl. vorgesehen, deren Ausgangssignale der Auswerteschaltung 36 als Echoimpulse zugeleitet werden, in welcher aus der Zeitdifferenz zwischen dem Einlangen des Start- und des Echo-Impulses die Pulslaufzeit und in der weiteren Folge die Entfernung berechnet wird.

[0016] Der obere Bereich des Rohres 4 mit dem Spiegel 16 wird durch ein Fenster 33 umschlossen, das als Kugelzonen-Schale ausgebildet ist. Diese Kugelzonen-Schale dient als Fenster für die ausgesandten Laserstrahlen und für die von den Objekten im Messfeld reflektierte Strahlung. Die Kugelzonen-Schale 33 kann aus Glas oder Kunststoff bestehen. Wesentlich ist, dass das verwendete Material für den Wellenlängenbereich der Laserdiode 29 transparent ist. Die Kugelzonen-Schale kann eine Beschichtung aufweisen, die Licht anderer Wellenlängenbereiche ausfiltert.

[0017] Die Kugelzonen-Schale 33 wird an seiner oberen Seite durch eine Kappe 34 verschlos-

sen. Die andere Seite der Schale 33 ist am Gehäuse 1 mittels eines Ringes 35 befestigt. Sämtliche Verbindungen im Bereich der Kugelzonen-Schale 33 aber auch des Gehäuses 1 sind durch nicht dargestellte Dichtungen gegen das Eindringen von Feuchtigkeit und / oder Staub abgedichtet.

[0018] Die Funktion der Einrichtung wird im Folgenden näher erläutert: Die Laser-Diode 29 sendet, angesteuert vom Laser-Treiber 37 Folgen von kurzen Impulsen aus. Die von der Laserdiode 29 ausgesandten Laser-Strahlen werden durch die Optik 24 gebündelt. Die Laserstrahlung wird anschließend in den Rohren 26 und 7 geführt, um störendes Streulicht zu vermeiden. Vorzugsweise weisen die beiden Rohre an ihrer Innenseite Oberflächen mit geringem Reflexionsvermögen auf. Während das Rohr 26 gerätefest angeordnet ist, rotiert das Rohr 7, das in dem Rohr 4 fixiert ist und damit vom Motor 5 und 6 angetrieben wird, mit hoher, konstanter Winkelgeschwindigkeit um die Achse 22. Die Sendestrahlenbündel passieren den zentralen Teil der ebenfalls rotierenden Korrekturlinse 19, werden durch den um die Achse 22 rotierenden Spiegel 16 umgelenkt und treten durch das Kugelzonen-Schalen-Fenster 33 aus dem Gerät aus. Je nach Einsatz des Gerätes wird das Fenster 33 als Kugelzonen-Schale oder als entsprechendes Segment einer solchen ausgeführt. Im ersteren Fall wird der Raum durch einen ebenen, einen Winkel von 360° überstreichenden Laserstrahl-Fächer abgetastet. Die Korrekturlinse 19 ist so ausgelegt, dass die optischen Wirkungen des Kugelzonen-Fensters auf die Strahldivergenz und die Aberrationen weitestgehend kompensiert werden.

[0019] Die Laserstrahlen werden an Objekten im Messfeld reflektiert, wobei ein Teil der Strahlung zum Gerät zurückgeworfen wird. Dieses Empfangsstrahlenbündel tritt durch das Fenster 33 wieder in das Gerät ein und wird durch den rotierenden Spiegel 16 um 90° nach unten abgelenkt, passiert die Korrekturlinse 19, welche die optischen Wirkungen des Fensters 33 kompensiert und wird durch das Rohr 4 zur gerätefesten Photodiode 32 geführt. Das Strahlenbündel wird durch die ortsfeste Linse 30 auf der Photodiode 32 konzentriert. Das Signal der Photodiode 32 wird einer Auswerteschaltung 36 zugeführt, in welcher aus der Zeitspanne zwischen dem von der Laserdiode 29 abgeleiteten Startimpuls und dem von der Photodiode 32 empfangenen Echoimpuls die Pulslaufzeit (time of flight) ermittelt wird, aus welcher direkt die Entfernung zwischen dem Gerät und dem betreffenden Objekt im Messfeld berechnet werden kann. Vom Winkeldecoder 13 und 14 wird der zu dem jeweiligen Entfernungswert gehörige Winkelwert zur Auswerteschaltung 36 gesendet, in welcher aus diesen Daten die Position des Objektes im Messfeld ermittelt wird. Sowohl der Antriebsmotor als auch die gesamte Elektronik wird durch die schematisch dargestellte Stromversorgungseinheit 39 mit Energie versorgt.

[0020] In der Fig. 2 ist ein Detail eines anderen Ausführungsbeispiels der Erfindung dargestellt. Die übrigen Bauteile der Einrichtung stimmen weitgehend mit den in der Fig. 1 gezeigten überein. In Analogie mit dem Gerät gemäß Fig. 1 sind zwei miteinander verbundene Rohre 4 und 7 vorgesehen, die gemäß dieser Ausführung über einen Riementrieb durch einen Motor 50 angetrieben werden und um ihre Achse 22 rotieren. Im Gegensatz zu der oben beschriebenen Ausführung ist der am Rohr 4 befestigte Spiegel 51 nicht starr angeordnet sondern in einem U-förmigen Lagerbock 59 um eine Achse 56 schwenkbar gelagert. Die Verstellung des Spiegels 51 erfolgt über einen Kurbeltrieb 52 und 53. An der Schubstange 53 des Kurbeltriebes ist eine Rolle 54 gelagert, welche durch eine nicht dargestellte Feder an eine Steuerscheibe 55 angepresst wird und auf dieser läuft. Wird diese Steuerscheibe 55 in axialer Richtung verschoben, so wird diese Bewegung auf die Rolle 54 übertragen. Über den Kurbeltrieb 52, 53 wird der Spiegel 51 um die Achse 56 verschwenkt. Der Verstellwinkel wird durch einen Winkeldecoder 57 gemessen und der Auswerteschaltung 36 zugeführt. Die Verstellung der Steuerscheibe 55 kann sowohl manuell erfolgen, als auch mit einem gesonderten Antrieb. In Fig. 2 ist ein Linearmotor 58 gezeigt, der die Steuerscheibe 55 entsprechend in axialer Richtung verschiebt. Durch die Verstellung des Ablenkspiegels 51 aus der 45° Stellung wird erreicht, dass die Abtastung des Messfeldes nicht mit einem ebenen Strahlenfächer erfolgt. Der Strahlenfächer beschreibt dann einen Kegelmantel, wobei der Öffnungswinkel des Kegels, durch den Verstellwinkel des Spiegels 51 definiert wird.

[0021] Während die Verstellung des Spiegels 51 gemäß der Fig. 2 primär der Justage und

Verstellung mit geringer Geschwindigkeit dient und damit der zu vermessenden Raum im Wesentlich 2-dimensional abgetastet wird, hat die Einrichtung gemäß der Fig. 3 den Zweck, eine 3-dimensionale Abtastung zu erreichen. Da die Einrichtung einen Abtastwinkel von 360° aufweist, kann damit ein 3-dimensionales Panorama-Entfernungsbild bzw. ein 3-D Panorama-Modell erzeugt werden. Die Einrichtung ist ähnlich aufgebaut, wie der in Fig. 2 gezeigte Scanner. Abweichend vom Gegenstand der Fig. 2 wird die Steuerscheibe 65 permanent angetrieben und weist an der der Rolle 54 zu gewandten Seite eine oder mehrere Nocken auf, die über die Rolle 54 und den Kurbeltrieb 52, 53 den Spiegel in eine hin- und hergehende Schwenkbewegung versetzt. Während der Spiegel 51 mit hoher und konstanter Geschwindigkeit um die Achse 22 rotiert, rotiert die Steuerscheibe 65 mit einer deutlich geringeren Drehzahl, wobei der Raum zeilenweise abgetastet wird. Die Steuerscheibe kann über einen eigenen Antriebsmotor verfügen, sie kann aber auch, wie in Fig. 3 gezeigt wird über ein nicht dargestelltes Reduktionsgetriebe vom Antriebsmotor 50 angetrieben werden. Die exakte Winkelposition des Entfernungsmessstrahles wird einerseits durch einen Decoder 13, 14 (siehe Fig. 1) gemessen, andererseits durch einen an der Achse 56 angeordneten Decoder 57. In Verbindung mit dem zugehörigen Entfernungswert wird damit der Messpunkt im Raum eindeutig definiert.

[0022] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Beispiele beschränkt, sondern kann in vielfacher Weise abgeändert werden ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. So kann z.B. der Spiegel 51 durch einen eigenen Antriebsmotor auf der Achse 56 direkt angetrieben werden, wobei er mit einer konstanten Drehzahl um die Achse 56 rotiert.

[0023] Die in Fig. 1 dargestellte sphärische Korrekturlinse kann gemäß einer weiteren Variante der Erfindung entfallen. Die Kompensation der optischen Wirkung des Kugelzonen-Fensters wird in einem solchen Fall durch eine axiale Verschiebung der Linsen 24 und 30 bewirkt, so dass die Laserdiode 29 wieder im Brennpunkt 27 der Linse 24 zu liegen kommt und die Photodiode 32 im Brennpunkt 31 der Linse 30.

[0024] Die das Fenster bildende Kugelzonen-Schale 33 kann abweichend von der in der Fig. 1 gezeigten Ausführung auch unsymmetrisch ausgeführt sein, wobei bevorzugt der die Schale oben begrenzende Kugel-Breitenkreis im Vergleich zum unteren einen kleineren Durchmesser aufweist.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Abtastung eines Objektraumes mit einem opto-elektronischen Entfernungsmesser nach einem Signal-Laufzeitverfahren mit einer Sendeeinrichtung zum Aussenden von Laser-Impulsen und einer Empfangseinrichtung zum Empfangen von Laserstrahlung, die von im Zielraum befindlichen Objekten reflektiert wird,, ferner mit einer Auswerteeinrichtung, die aus der Laufzeit der Echosignale Objektentfernungen ermittelt, ferner mit einer Scann-Einrichtung zur Ablenkung der optischen Achsen von Sende- und Empfangseinrichtung in mindestens eine Richtung, wobei die Sende- und Empfangsstrahlenbündel im Wesentlichen koaxial verlaufen und die Scann-Einrichtung einen um eine Achse rotierenden Spiegel umfasst und die Rotationsachse desselben mit der optischen Achse der koaxialen Sende- und Empfangstrahlenbündel im Bereich zwischen der Sende- und Empfangseinrichtung einerseits und dem rotierenden Spiegel andererseits identisch ist und der rotierende Spiegel von einem Gehäuse mit einem Fenster aus einem für die Laserstrahlung transparentem Material umschlossen ist, wobei das Fenster zumindest in seinem optisch wirksamen Bereich von Drehflächen begrenzt ist, deren Achsen mit der Rotationsachse des rotierenden Spiegels identisch sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Fenster (33) in an sich bekannter Weise als geschlossene Kugelzonen-Schale ausgebildet ist, wobei der Krümmungsmittelpunkt (M) der Kugelzonen-Schale im Wesentlichen identisch mit dem Schnittpunkt der Rotationsachse (22) des Spiegels (16) mit der reflektierenden Fläche desselben ist und die optische Wirkung des Fensters (33) in der Sender- und in der Empfängeroptik (26, 19 bzw. 30, 19) kompensiert ist und die Scann-Einrichtung als 2D 360°-Rund-um-Scanner einsetzbar ist (Fig. 1)
2. Einrichtung nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spiegel (51) um eine Achse (56), die normal zu seiner Rotationsachse (22) verläuft, einstellbar ist, so dass die optische Achse des Sende- und des Empfangsstrahlenbündels im Raum Kegelflächen beschreibt, deren Öffnungswinkel durch die Spiegeleinstellung definiert ist. (Fig. 2)

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

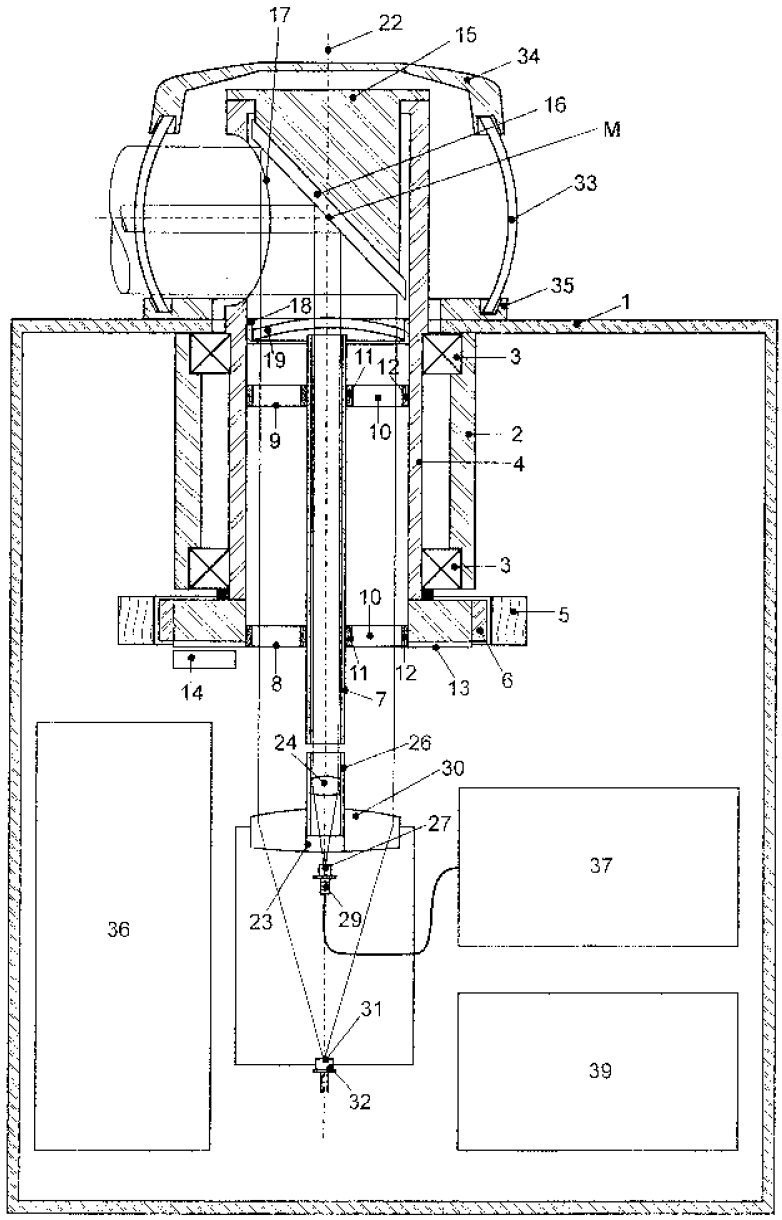

17
22
15
34
16
M
33
35
1
18
19
11
12
3
9
10
2
4
3
10
5
14
8
11
12
13
6
7
24
26
30
27
36
37
23
29
31
39
32

FIG. 2

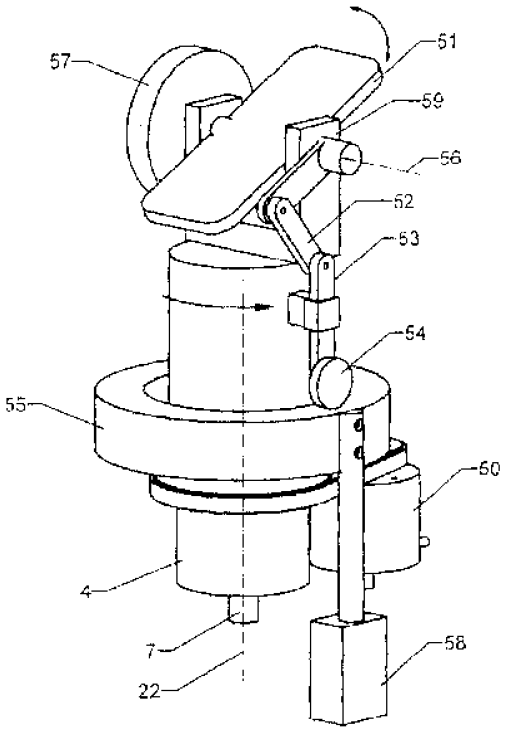


FIG. 3

