

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **700 023 B1**

(51) Int. Cl.: **G02B** 26/10 (2006.01)
G01S 7/481 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 01796/07

(22) Anmeldedatum: 21.11.2007

(30) Priorität: 27.11.2006 US 11/604,282

(24) Patent erteilt: 15.06.2010

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.06.2010

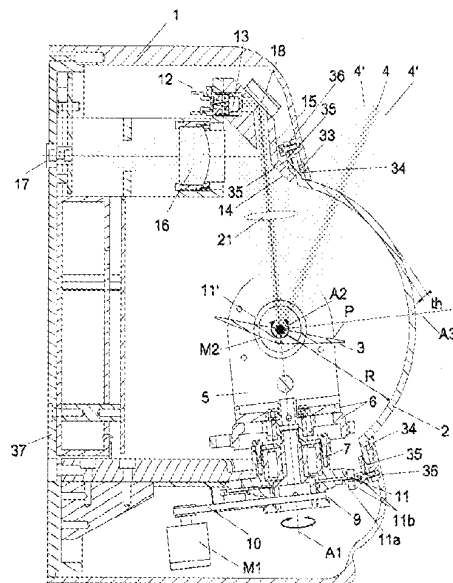
(73) Inhaber:
Riegler Laser Measurement Systems GmbH,
Riedenburg Strasse 48
3580 Horn (AT)

(72) Erfinder:
Rainer Reichert, 3580 Horn (AT)
Andreas Ullrich, 3003 Gablitz (AT)
Martin Pfennigbauer, 3430 Tulln (AT)
Johannes Riegler, 3754 Imnritztal (AT)

(74) Vertreter:
Büchel, von Révy & Partner, Im Zedernpark
9500 Wil SG (CH)

(54) **Scan-Einrichtung.**

(57) Scan-Einrichtung für ein optisches Scanning System bestehend aus einem Gehäuse (1), das eine gerätefesten Laser-Quelle (12), einen Schwingspiegel (3) zur Ablenkung der Laserstrahlen (4) und eine Empfangseinrichtung (17) für reflektierte Laserstrahlung (4') umfasst, ferner aus einer Auswerteeinrichtung, die aus der Laufzeit der Laserstrahlung Entfernungswerte ermittelt, die den jeweiligen Ablenkwinkeln zugeordnet sind, weiters mit einem Fenster (2) aus einem für die Laserstrahlung transparenten Material, welches das Gehäuse (1) verschliesst und durch welches die Sende-Laserstrahlen (4) in den Objektraum austreten und im Objektraum reflektierte Strahlen (4') vorzugsweise durch das genannte Fenster (2) wieder in das Gerät eintreten können, wobei das Fenster (2) sphärisch ausgebildet ist und der Krümmungsmittelpunkt mit dem Schnittpunkt der beiden Drehachsen (A1, A2) des Schwingspiegels (3) zusammenfällt und Korrekturmittel (21) im Strahlengang der Laser-Strahlen (4, 4') vorgesehen sind, welche die optische Wirkung des gekrümmten Fensters (2) kompensieren.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Scan-Einrichtung für ein optisches Scanning System bestehend aus einem Gehäuse, das eine gerätefesten Quelle für, insbesondere impulsförmige, Laserstrahlung umschliesst, ferner Strahl-Ablenkmittel, insbes. in Form eines Schwingspiegels, um Strahlen der Laser-Quelle abzulenken und einen Objektraum rasterartig abzutasten, ferner mit einer Empfangseinrichtung für im Objektraum reflektierte Laserstrahlung und einer Auswerteeinrichtung, die aus der Laufzeit der Laserstrahlung Entfernungswerte ermittelt, die den jeweiligen Ablenkwinkeln zugeordnet sind.

[0002] Laser-Scanner, auch Lidar- oder Laser-Radarsysteme genannt, wurden für ein breites Anwendungsgebiet entwickelt und werden beispielsweise als Systeme zur Erzeugung von Entfernung- bzw. 3D-Bildern oder 3D-Modellen eingesetzt. Bei terrestrischem Einsatz, wie bei der Aufnahme von Bauwerken oder Geländeformationen wird im Allgemeinen eine hohe räumliche Auflösung und Abbildungsqualität gefordert, während die Messdauer, die Wartungsfreiheit des Systems und auch die Resistenz desselben gegenüber Umwelteinflüssen als weniger bedeutend angesehen werden.

[0003] Bei Einsatz solcher Systeme auf bewegten Plattformen, beispielsweise in Fluggeräten, wie in Hubschraubern oder Flächenflugzeugen stehen völlig andere Kriterien im Vordergrund: Das System muss unempfindlich sein gegenüber extremen Umwelteinflüssen, wie Beschleunigungen und Vibrationen, hohen oder tiefen Temperaturen und / oder Luftfeuchtigkeit sowie schnellen Änderungen dieser Parameter. Die Messgeschwindigkeit muss bei schnell bewegten Systemen möglichst hoch sein, wobei aber trotzdem eine hohe Auflösung und Qualität der Messung bzw. der Abbildung gefordert wird. Schliesslich ist in vielen Anwendungsfällen ein grosses Gesichtsfeld von entscheidender Bedeutung.

[0004] Zur Erreichung einer möglichst hohen Abtastgeschwindigkeit und Unempfindlichkeit gegenüber Beschleunigungen, ist es wesentlich, dass die Strahlablenmittel möglichst geringe Massen bzw. Trägheitsmomente aufweisen. Dieses Ziel kann durch eine entsprechende Anordnung bzw. Lagerung der Strahlablenmittel, insbesondere des Schwingspiegels, erreicht werden. Diese Lagerung umfasst erste Lager zur drehbaren Lagerung der genannten Strahl-Abtastmittel um eine erste Drehachse und zweite Lager zur drehbaren Lagerung der genannten Strahl-Ablenkmittel um eine zweite Drehachse, die im Wesentlichen normal zur ersten Drehachse gerichtet ist und mit dieser einen Schnittpunkt definiert. Zum Schutz des Systems ist ein Fenster aus einem für die Laserstrahlung transparenten Material vorgesehen, welches das Gehäuse verschliesst und durch welches die Sende-Laserstrahlen in den Objektraum austreten und im Objektraum reflektierte Strahlen vorzugsweise durch das genannte Fenster wieder in das Gerät eintreten können.

[0005] Die obigen Ziele werden erfindungsgemäss dadurch erreicht, dass das Fenster in an sich bekannter Weise sphärisch ausgebildet ist, wobei der Krümmungsmittelpunkt des Fensters mit dem genannten Schnittpunkt der Drehachsen im Wesentlichen zusammenfällt und vorzugsweise Korrekturmittel im Strahlengang der Laserstrahlen vorgesehen sind, welche die optische Wirkung des gekrümmten Fensters kompensieren.

[0006] Bei bekannten Systemen ist vorgeschlagen worden, das Fenster in Form einer Kuppel auszubilden, um ein möglichst grosses Gesichtsfeld zu erhalten. Dies ist besonders bei Zielerfassungssystemen von Bedeutung, wie sie in den US-Patentschriften Nr. 4 039 246 und 4 024 392 beschrieben sind. Bei Zielerfassungssystemen ist wohl primär von Bedeutung zu wissen, in welchem Bereich (Quadranten) des Gesichtsfeldes sich das Ziel befindet. Daher sind Abweichungen und Verzeichnungen der optischen Abbildung nur von untergeordneter Bedeutung. Gemäss der erstgenannten US-Patentschrift ist ein Spiegelteleskop vorgesehen, dessen Primär- und Sekundärspiegel um eine gemeinsame Achse drehbar angeordnet sind. Beide Spiegel sind gegenüber der Drehachse geringfügig gekippt und werden mit unterschiedlicher Drehzahl angetrieben. Die optischen Achsen der eintretenden Strahlenbündel beschreiben dadurch Schleifen, die in Summe ein rosettenartiges Abtastmuster ergeben. Das System arbeitet rein passiv, das heisst es wird nur die von den Zielen emittierte Strahlung ausgewertet. Eine Entfernungsmessung ist daher bei diesem System nicht möglich. Das rosettenartige Abtastmuster hat im zentralen Bereich eine hohe Auflösung, im peripheren Bereich eine geringe. Um dies zu kompensieren, ist das Spiegelteleskop kardanisch gelagert und wird einem einmal erfassten Ziel so nachgeführt, dass sich dieses stets im Zentrum des Gesichtsfeldes befindet. Das kardanisch gelagerte Spiegelteleskop ist durch eine transparente, sphärische Kuppel abgedeckt. Das System ist nicht in der Lage, ein Objektfeld mit konstanter Auflösung und Abbildungsqualität abzutasten und weist darüber hinaus sehr grosse Massen und Trägheitsmomente auf, so dass es empfindlich gegen Beschleunigungen und Vibrationen ist.

[0007] In der US-Patentschrift 4 039 246 ist ein ähnliches System beschrieben. Auch hier wird ein Spiegelteleskop eingesetzt, welches kardanisch gelagert ist. Die Strahlen eines ortsfesten Lasers werden über ein komplexes Prismensystem durch die Lager der Kardan-Rahmen ins Zentrum des Spiegelteleskops gelenkt und werden in der optischen Achse des Systems ausgesandt. Die Laser-Strahlung dient der Beleuchtung des Gesichtsfeldes, so dass auch Ziele erfasst werden können, die keine Strahlung emittieren. Die reflektierten Laserstrahlen werden durch den Teleskopspiegel auf einen 4-Quadranten-Sensor gelenkt. Über eine entsprechende Steuereinrichtung wird das Teleskop dem erfassten Ziel nachgeführt. Optional kann ein TV-Kamerasystem vorgesehen sein, so dass das Ziel auch beobachtet werden kann. Auch in diesem Fall ist das Spiegelteleskop durch eine transparente Kuppel abgedeckt.

[0008] Keines der beiden Systeme weist einen Laserentfernungsmesser auf, so dass sie nicht geeignet sind, Daten aufzunehmen, aus denen Entfernungsbilder oder auch 3D-Modelle entwickelt werden können. Bei diesen Zielerfassungssystemen sind daher auch die Anforderungen an die Abbildungsqualität und Verzeichnungsfreiheit vergleichsweise gering.

[0009] Vorteilhaft enthält das Gehäuse der erfindungsgemässen Scan-Einrichtung eine gerätebeste Empfangseinrichtung, die von der Laserquelle emittierte, von den Strahl-Ablenkmittel abgelenkte, durch das Fenster ausgesandte, von einem im Gesichtsfeld befindlichen Objekt reflektierte und durch das sphärisch gekrümmte Fenster wieder in das Gehäuse eintretende Laserstrahlen empfängt, wobei die reflektierten Strahlen, bevorzugt von den Strahl-Ablenkmittel des Sendestrahles, abgelenkt und auf die gerätebeste Empfangseinrichtung gerichtet werden.

[0010] Weitere Vorteile ergeben sich, wenn die Sendestrahlen und die auf die Empfangseinrichtung gerichteten, reflektierten Laserstrahlen koaxial verlaufen, wobei zwischen den Strahl-Ablenkmitteln und der Laserquelle bzw. der Empfangseinrichtung ein an sich bekannter Strahlenteiler für die beiden Strahlen vorgesehen ist.

[0011] Vorzugsweise besteht der Strahlenteiler aus einem Spiegel mit einer zentralen Durchbrechung, durch welche einer der beiden Strahlen, vorzugsweise der Sendestrahle, durchtreten kann, während der andere Strahl an der Spiegeloberfläche reflektiert wird.

[0012] Bei einer Scan-Einrichtung mit einem Schwingspiegel als Strahlablenmittel ergeben sich weitere Vorteile, wenn die optische Achse des auf den Schwingspiegel gerichteten Sende-Laserstrahles mit der ersten Drehachse des Schwingspiegels zusammenfällt.

[0013] Eine weitere Verbesserung ergibt sich, wenn im Strahlengang des Sendestrahles und der im Objektraum reflektierten Strahlung je ein optisches System vorgesehen ist, durch welches einerseits die Laserstrahlung auf eine mittlere Distanz des Objektraumes fokussiert, andererseits die reflektierte Strahlung auf die Empfangseinrichtung konzentriert wird, wobei zumindest in einem dieser Systeme ein Optik-Element mit positiver Brechkraft, beispielsweise eine Korrekturlinse, zur Kompensation der negativen Brechkraft des sphärischen Fensters vorgesehen ist und gegebenenfalls bei einem koaxialen Sende- und Empfangsstrahl die Kompensation durch eine einzige, gemeinsame Korrekturlinse erfolgt, bzw. zumindest eines der beiden optischen Systeme zur Kompensation der Brechkraft des Fensters entsprechend justiert ist.

[0014] Alternativ zur oben angeführten Lösung kann zur Kompensation der negativen Brechkraft des sphärischen Fensters zumindest einer der im Strahlengang angeordneten Spiegel, beispielsweise der Schwingspiegel konkav gekrümmt ausgeführt sein.

[0015] Vorzugsweise ist der Schwingspiegel in einem U-förmigem Lagerbock um die zweite Drehachse schwenkbar gelagert, der auf einem Drehteller angeordnet ist, welcher mittels eines Elektromotors, vorzugsweise eines Schrittmotors, um die erste Drehachse drehbar ist, wobei gegebenenfalls ein Winkeldecoder zur Ermittlung der exakten Ausrichtung des Schwingspiegels um die erste Achse vorgesehen ist.

[0016] Gemäss einem weiteren Merkmal der Erfindung ist der Schwingspiegel durch einen am Lagerbock angeordneten Drehmomentmotor mit begrenztem Drehwinkel um die zweite Achse schwenkbar, wobei gegebenenfalls zur Messung des vom Schwingspiegel tatsächlich erreichten Drehwinkels ein Winkeldecoder vorgesehen ist.

[0017] Um der Anforderung nach besonderer Unempfindlichkeit gegen Umwelteinflüsse zu entsprechen, umschliesst das Gehäuse samt dem sphärischen Fenster die Scaneinrichtung dicht, vorzugsweise gasdicht, wobei entsprechend dichte Durchführungen bzw. Durchführungsstecker für die elektrischen Leitungen und gegebenenfalls auch für Lichtleiter für die Laserstrahlen vorgesehen sind, wobei gegebenenfalls das gasdicht ausgeführte Gehäuse mit einem inerten Gas, vorzugsweise mit Stickstoff, gefüllt und vorzugsweise mit einer Heizung ausgerüstet ist.

[0018] Vorteilhaft steht das Gehäuse in an sich bekannter Weise gegenüber der umgebenden Atmosphäre unter Überdruck, wobei vorzugsweise ein Sensor zur Überwachung des Druckes vorgesehen ist.

[0019] Vorzugsweise weist das sphärische Fenster eine Wandstärke von maximal 4 mm, vorzugsweise 1 bis 2,5 mm, auf und besteht vorteilhaft aus Kunststoff, insbesondere aus Polymethylmethacrylat (PMMA oder Plexiglas).

[0020] Um eine Einstreuung von Sendelaserlicht in den Empfangskanal zu vermeiden, ist das sphärische Fenster, insbesondere an seiner Innenseite mit einem Antireflexbelag beschichtet, der auf die Wellenlänge der von der Laserquelle emittierten Strahlung abgestimmt ist, wobei gegebenenfalls das sphärische Fenster, insbesondere an seiner Aussenseite, mit einem (relativ zur Härte des Fenstermaterials) harten, kratzfesten Belag, beispielsweise aus Siliziumoxyd beschichtet ist.

[0021] Um die Bildung eines störenden Wasser- oder Schmutzfilms bzw. von Tropfen zu vermeiden, ist das sphärische Fenster an seiner Aussenseite mit einem Anti-Regenbelag beschichtet.

[0022] Die Auswirkung störender Reflexe kann auch dadurch unterdrückt werden, dass die Auswerteeinrichtung nur Entfernungswerte weiter verarbeitet, die deutlich grösser als der Radius des sphärischen Fensters sind.

[0023] Um eine Störung durch eine Verschmutzung der Fensteroberfläche zu vermeiden, ermittelt die Auswerteeinrichtung laufend die Amplituden der an dem sphärischen Fenster reflektierten Strahlung als Mass für eine allfällige Verschmutzung desselben und löst gegebenenfalls ein Warnsignal aus.

[0024] Wird die Scan-Einrichtung in Fluggeräten, wie in bemannten oder unbemannten Flächenflugzeugen oder Hubschraubern angewendet, wobei die Achse des Gesichtsfeldes der Scan-Einrichtung im Wesentlichen der Flugrichtung entspricht, sind die Merkmale des Patentanspruches 10 von besonderem Vorteil.

[0025] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels und unter Bezugnahme auf die beigezeichneten, schematischen Zeichnungen.

Die Fig. 1 zeigt im Schnitt einen Laser-Scanner gemäss der Erfindung.

Die Fig. 2 veranschaulicht ein Blockschaft-Schema der zugehörigen Elektronik.

[0026] Gemäss der Fig. 1 hat das Gehäuse 1 ein sphärisches, kuppelartiges Fenster 2 hinter welchem ein Schwing Spiegel 3 gelagert ist. Dieser Spiegel 3 dient als Strahl-Scanner, der einen Sendestrah 4 durch das Fenster 2 aussendet. Anstelle des Schwing Spiegels 3 können andere, bekannte Strahlableitrichtungen, wie rotierende Prismen oder rotierende Spiegel etc. eingesetzt werden.

[0027] Das Fenster 2 kann aus Glas, aus Polymethylmethacrylate (PMMA oder Plexiglas) bestehen. Fenster aus diesem Kunststoff werden vorzugsweise mit einer kratzfesten Schutzschicht beschichtet. Sowohl bei Verwendung von Glas als auch von PMMA ist es vorteilhaft, die Oberfläche des Fensters 2 mit einer Antireflex- und/oder einer Anti-Regenschicht zu beschichten. Die Antiregenschicht soll eine Verschmutzung der Oberfläche oder auch eine Tropfenbildung auf dieser vermeiden. Die Stärke «th» des Fensters 2 sollte so gering wie möglich sein, um die optische Wirkung, desselben zu reduzieren. Die Wandstärke des Fensters 2 sollte nicht mehr als 4 mm betragen. Um den Festigkeitsanforderungen zu entsprechen, könnte je nach Fenstergrösse und maximaler Druckdifferenz zwischen dem Gehäuseinneren und der Atmosphäre ein Bereich von 1 mm bis 2,5 mm gewählt werden. Das Fenster 2 weist an seinem Rand einen Flansch 34 auf. Zwischen dem Gehäuse 1 und dem Flansch 34 ist eine O-Ringdichtung 33 eingelegt. Mittels eines Ringes 35 und Spannschrauben 36 wird die O-Ringdichtung 33 niedergespannt. Der Gehäuseboden 37 wird mit an sich bekannten und in Fig. 1 nicht dargestellten Dichtungen abgedichtet. In Fig. 1 nicht dargestellt ist der Durchführungsstecker 20 (Fig. 2), der in sich gasdicht ist und dicht in den Gehäuseboden 37 eingebaut ist. Um den extremen Umweltbedingungen bei einem Einsatz in einem Fluggerät, wie stark wechselnde Temperatur-, Luftfeuchtigkeits- und Druckwerten gerecht zu werden, ohne dass es zu Kondenswasserbildung oder zu einer beschlagenen Fensteroberfläche kommt, ist das gasdicht gekapselte Gehäuse mit Stickstoff gefüllt, dem jede Feuchtigkeit entzogen worden ist. Das Gehäuse steht unter erhöhtem Innendruck, der von einem nicht dargestellten Drucksensor überwacht wird. Bei Absinken des Druckes unter einen vorgegebenen Pegel wird ein Warnsignal ausgelöst. Optional kann im Gehäuse zusätzlich 1 eine nicht dargestellte Heizung vorgesehen sein.

[0028] Um den Spiegel 3 um 2 Achsen schwenkbar zu machen, ist ein im Wesentlichen U-förmiger Lagerbock 5 vorgesehen, der auf einem Drehtisch 6 befestigt ist, welcher Drehtisch in einer Lagerung 7 gelagert ist und eine im Wesentlichen vertikale Achse A1 definiert. Die zwei vertikalen Schenkel des U-förmigen Lagerbockes 5 weisen eine Lagerung auf, die eine im Wesentlichen horizontale Achse A2 definiert, die normal zur vertikalen Achse A1 verläuft. Die Fig. 1 zeigt deutlich, dass sich die beiden Achsen in der reflektierenden Oberfläche P des Spiegels 3 schneiden. Geringfügige Abweichungen von einem exakten Schnittpunkt sind zulässig, solange die dadurch bewirkten Fehler für die konkrete Anwendung akzeptabel sind.

[0029] Um Verzeichnungen und andere Abbildungsfehler zu minimieren, sollte berücksichtigt werden, dass das transparente Fenster 2 als Linse wirkt und solche Verzeichnungen und Abbildungsfehler sowohl im Sende- als auch im Empfangskanal verursachen kann. Vorteilhaft fällt der Schnittpunkt der Achsen A1, A2 möglichst exakt mit dem Krümmungsmittelpunkt des Fensters 2 zusammen. Dadurch kann der Strahl 4 die gesamte Fläche des Fensters 2 überstreichen, ohne dass sich die optische Wirkung des Fensters ändert.

[0030] Um die exakte Koinzidenz des Schnittpunktes der Achsen A1 und A2 sowie der Oberfläche P des Schwing Spiegels 3 und des Krümmungsmittelpunktes des sphärischen Fensters 2 sicherzustellen, sind entsprechende Justageeinrichtungen vorgesehen (nicht dargestellt).

[0031] Gemäss einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird im Interesse einer Minimierung der Abbildungsfehler und Verzeichnungen eine der beiden Achsen A1 und A2, gemäss der Fig. 2, in die Spiegel-Ebene P des Spiegels 3 gelegt. Im Prinzip könnte dies sowohl die Achse A1 als auch die Achse A2 sein, vorzugsweise ist dies aber die horizontale Achse A2.

[0032] Um den Spiegel 3 um die Achse A1 zu schwenken ist ein erster Motor M1 vorgesehen, um den Drehteller 6 anzutreiben. Dieser Motor M1 ist vorzugsweise ein Schrittmotor, so dass eine entsprechende Genauigkeit der Bewegung des Drehtellers gewährleistet wird. Der Motor M1 kann den Drehteller 6 direkt antreiben, durch Einschaltung eines Getriebes, insbes. eines Zahnriemens 10 erzielt man erhöhte konstruktive Flexibilität. Die Drehung des Drehtisches 6 wird durch einen Winkel-Encoder 11 überwacht, der beispielsweise eine Winkel-Codierscheibe 11a und einen optischen Lesekopf 11b umfasst. Es kann aber auch jede beliebige Winkel-Encoder-Konstruktion eingesetzt werden, wie andere optische, induktive oder kapazitive Systeme.

[0033] Da der Spiegel 3 um die Achse A2 nur um einen begrenzten Winkel geschwenkt werden muss, ist es vorteilhaft, ihn um diese Achse mit einem Limited Angle Torque Motor (LAT) M2, also mit einem Drehmomentmotor mit begrenztem Drehwinkel anzutreiben. Es können aber auch andere Motortypen eingesetzt werden. Ein dem Encoder 11 ähnlicher Winkel-Encoder kann eingesetzt werden, um die Drehung um die Achse A2 zu überwachen. In der Fig. 1 ist der Winkel-Encoder 11' nur schematisch als Winkel-Codierscheibe angedeutet. Durch die Bewegung des Spiegels 3 um die beiden Achsen

A1 und A2 wird das Gesichtsfeld des Systems durch das Fenster 2 abgetastet, wobei der Spiegel um die Achse A1 mit beispielsweise 2 Hz schwingt, um die Achse A2 hingegen mit beispielsweise 20 Hz. Entsprechend den unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Bewegungen des Spiegels 3 sind die Massen bzw. Trägheitsmomente der bewegten Elemente bezüglich der Achse A2 deutlich geringer als jene bezüglich der Achse A1.

[0034] Im Gehäuse 1 ist ein Laser-Transmitter 12 vorgesehen. Das Laser-Licht wird durch ein entsprechendes optisches System 13, einen Umlenkspiegel 18 und eine (optionale) Korrekturlinse 21 auf den Schwing-Spiegel 3 gelenkt. In dem letzteren Bereich ist die optische Achse identisch mit der Drehachse A1 des Schwingspiegels 3, der den Laserstrahl 4 über die gesamte Höhe und Breite des Fensters 2 führt.

[0035] Der Laserstrahl 4 wird auf ein Objekt, ausserhalb des Fensters 2 gelenkt und wird an diesem Objekt, wie an sich bekannt, reflektiert. Die reflektierten Strahlen 4' treten durch das Fenster 2 in das Gerät ein und treffen auf den Schwingspiegel 3 und werden von diesem auf einen Strahlenteiler gelenkt, der den ausgesandten Sendestrahle 4 vom einfallenden Strahl 4' trennt.

[0036] Die Trennung des Sendestrahles und des einfallenden Strahles kann auf verschiedene Arten erfolgen, beispielsweise mit einem teilverspiegelten Reflektor 14. Da dies aber eine Dämpfung bzw. Abschwächung sowohl des Sende- als auch des einfallenden Signals zur Folge hat, ist es vorteilhaft, den Reflektor mit einer zentralen Bohrung 15 auszuführen, welche ein Durchtreten des dünnen Laserstrahles 4 durch die Bohrung 15 erlaubt, während der Reflektor 14 das relativ grössere Bündel von reflektierten Strahlen 4' durch die Empfänger-Optik 16 auf den Empfänger 17 lenkt. Der Sende- und der Empfangsstrahl verlaufen koaxial und werden gemeinsam vom Schwingspiegel 3 abgelenkt. Da der Empfangsstrahl 4' einen im Wesentlichen kreisförmigen Querschnitt aufweist, ist es vorteilhaft, den Schwingspiegel 3 elliptisch auszuführen, wobei sich die grosse Achse der Ellipse aus dem Durchmesser des Strahlenbündels 4' und dem maximalen Ablenkwinkel des Schwingspiegels 3 ergibt. Der Transmitter 12, die Sendeoptik 13, der Umlenkspiegel 18 und der Strahlenteiler 14, 15 sind fest im Gehäuse angeordnet. Das gleiche gilt für den Empfänger 17 samt der Empfangsoptik 16 und der Korrekturlinse 21.

[0037] Wie in Fig. 2 angedeutet ist, erfolgt die Verbindung zwischen dem Transmitter 12 und dem Empfänger 17 einerseits und den entsprechenden elektronischen Schaltkreisen andererseits, über eine schematisch gezeigte, dichte Steckverbindung 20. Die einzelnen Schaltkreise des Blockschaltbildes werden nachfolgend zusammen mit der Fig. 2 näher erläutert.

[0038] Es wurde bereits oben erwähnt, dass das Fenster 2 durch seine Formgebung als eine sphärische Kuppel die Wirkung einer Linse aufweist. Obwohl der Effekt durch die Massnahmen gemäss der Erfindung klein ist, kann es zweckmässig sein, auch die Restfehler zu eliminieren. Diese Korrektur oder Kompensation kann entweder so ausgeführt werden, dass sie sowohl auf den Sendestrahle 4 als auch auf den einfallenden Strahl 4' wirkt oder auch separat für die beiden Strahlen. Im ersteren Fall besteht dies in der Einführung der Korrekturlinse 21 (Fig. 1) in den Strahlengang. Alternativ kann die Oberfläche des Spiegels 3 zur Kompensation geringfügig konkav gekrümmt ausgeführt werden. Ein dritter Weg der Korrektur der optischen Wirkung des Fensters 2 besteht darin, in die Sende- und/oder die Empfänger-Optik 13 bzw. 16 Korrektur-Elemente einzusetzen. Eine andere, einfache Kompensation der optischen Brechungswirkung des Fensters 2 besteht darin, diese bereits bei der Berechnung der Krümmungen und Brechzahlen der Elemente der optischen Systeme 13 und/oder 16 zu berücksichtigen. In der Praxis wirkt das Fenster 2 als Konkavlinse, welche die Brennweite verlängert. Dieser Effekt kann beispielsweise durch die Verwendung von Linsen mit höheren Brechzahlen in den Optiken 13 und 16 kompensiert werden. Berücksichtigt man jedoch, dass die Verlängerung der Brennweite klein ist und beispielsweise nur 2 mm beträgt, kann man alleine durch Verschiebung und Justage der Optiken 13, 16 oder der Empfänger-Diode 17 oder des Lasersenders bzw. Transmitters 12, um eine entsprechende Distanz, die erforderliche Kompensation erzielen. In Fig. 1 sind im Wesentlichen die optischen Elemente einer bevorzugten Ausführungsform gezeigt.

[0039] Wie in Fig. 2 ersichtlich, ist eine Treiberstufe 22, 22' je einem der Motoren M1 und M2 zugeordnet. Diese Treiberstufen 22, 22' werden von einem Scanner-Controller 23 so angesteuert, dass sich eine synchrone Bewegung des Spiegels 3 ergibt. Um eine solche synchrone Bewegung zu erzielen, werden andererseits dem Scanner-Controller 23 die Ausgangssignale der beiden Winkel-Encoder 11, 11' zugeführt. Der Scanner-Controller wird durch eine Stromversorgungsstufe 24' gespeist. Ein Ausgangssignal des Scanner-Controllers 23 wird einem ersten Interface 25 zugeführt, welches mit dem Laser-Controller 26 kommuniziert, um die Transmitterstufe 12' zu steuern, welche den Lasertransmitter 12 (Fig. 1) umfasst. In einer anderen Ausführungsform der Erfindung sendet der Lasertransmitter 12 Impulse zu beliebigen Zeiten aus, während der Spiegel 3 andererseits eine beliebige Stellung einnimmt.

[0040] Diese Kommunikation des Laser-Controllers 26 in Verbindung mit dem Scanner-Controller 23 ermöglicht dem ersten Interface 25, Informationssignale basierend auf Laser-Synchron-Signalen (Laser Clock) zu generieren, welche den Beginn eines Count-downs definieren, der zur Bestimmung der Laufzeit (Time of Flight) eines Laser-Impulses dient. Diese Informationssignale umfassen auch die Scann-Winkel-Daten und lösen einen Befehl an das zweite Interface 27 aus, welches seinerseits die notwendigen Signal-Informationen an einen Mikroprozessor 28 sendet, um die die Entfernung und gegebenenfalls andere Informationen zu bestimmen. Der Mikroprozessor 28 empfängt Signale von der Empfangsstufe 17' nachdem diese in einer Digitalisierungsstufe 29 digitalisiert worden sind. Die Empfangsstufe ist abweichend von Fig. 1 nicht innerhalb des Gehäuses 1 angeordnet, sondern in einer separaten Elektronikeinheit 31. Die Verbindung zur Empfangsstufe 17' erfolgt über ein Glasfaserkabel 32 und eine entsprechende optische Steckverbindung im Stecker 20. Da die ermittelte Pulslaufzeit (Time of Flight) die Entfernung in Richtung des Sendestrahles 4 (Fig. 1) ergibt und die Winkel-En-

coder 11, 11' über das zweite Interface eine 2-dimensionale Information liefern, bezüglich welcher der Entfernungswert in Richtung des Laserstrahles 4 die dritte Dimension ergibt, verfügt der Mikroprozessor 28 über alle notwendigen Daten, um ein Entfernungs- bzw. ein 3D-Bild zu erzeugen. Der Mikroprozessor kann ein solches Bild generieren und über ein drittes Interface 30 einem Display bzw. einem Monitor (nicht dargestellt) zuführen. Eine geeignete Software im Mikroprozessor 28 oder in einer separaten Stufe, die einer an sich bekannten CAD-Software ähnlich und geeignet ist, ein dreidimensionales Bild zu erzeugen, kann direkt oder in einer modifizierten Version benutzt werden, um das 3-D-Bild am Bildschirm beliebig zu drehen.

Patentansprüche

1. Scan-Einrichtung für ein optisches Scanning System bestehend aus einem Gehäuse (1), das eine geräte feste Laser-Quelle (12) für Sendelaserstrahlen umschließt, ferner aus Strahl-Ablenkmitteln (3), um Strahlen der Laser-Quelle abzulenken und einen Objektraum rasterartig abzutasten, ferner aus einer Empfangseinrichtung (17) für im Objektraum reflektierte Laserstrahlung und einer Auswerteeinrichtung (31), die aus der Laufzeit der Laserstrahlung Entfernungswerte ermittelt, die den jeweiligen Ablenkwinkeln zugeordnet sind, ferner aus ersten Lagern zur drehbaren Lagerung der genannten Strahl-Ablenkmittel (3) um eine erste Drehachse und aus zweiten Lagern zur drehbaren Lagerung der genannten Strahl-Ablenkmittel um eine zweite Drehachse, die im Wesentlichen normal zur ersten Drehachse gerichtet ist und mit dieser einen Schnittpunkt definiert, weiters aus einem Fenster (2) aus einem für die Laserstrahlung transparenten Material, welches das Gehäuse (1) verschliesst, und durch welches die Sende-Laserstrahlen der Laser-Quelle (12) in den Objektraum austreten, dadurch gekennzeichnet, dass das Fenster (2) sphärisch ausgebildet ist, wobei der Krümmungsmittelpunkt mit dem genannten Schnittpunkt der Drehachsen (A1, A2) im Wesentlichen zusammenfällt, und dass eine Korrekturanordnung (21) zur Kompensation der optischen Wirkung des gekrümmten Fensters (2) im Strahlengang der Laserstrahlen (4, 4') mindestens der Laser-Quelle (12) vorgesehen ist.
2. Scan-Einrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der folgenden Merkmale erfüllt ist:
 - a) die Laser-Quelle (12) für Laserstrahlung ist zur Abgabe von Laser-Impulsen ausgebildet;
 - b) die Strahl-Ablenkmittel (3) weisen einen um die erste und zweite Drehachse schwenkbaren Schwingsspiegel auf;
 - c) die Empfangseinrichtung (17) liegt in einem Strahlengang hinter dem Fenster (2), durch welches im Objektraum reflektierte Strahlen wieder in das Gehäuse (1) eintreten.
3. Scan-Einrichtung nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (1) eine so angeordnete geräte feste Empfangseinrichtung (17) umfasst, die von der Laserquelle (12) emittierte, von den Strahl-Ablenkmitteln (3) abgelenkte, durch das Fenster (2) ausgesandte Laserstrahlung (4), welche von einem im Gesichtsfeld befindlichen Objekt reflektiert wird, durch das sphärisch gekrümmte Fenster (2) wieder in das Gehäuse (1) eintretende reflektierte Laserstrahlung empfängt, wobei die reflektierten Laserstrahlen (4'), bevorzugt von den Strahl-Ablenkmitteln (3) der Sendelaserstrahlen (4), abgelenkt und auf die geräte feste Empfangseinrichtung (17) lenkbar sind.
4. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendelaserstrahlen (4) und die auf die Empfangseinrichtung (17) gerichteten, reflektierten Laserstrahlen (4') koaxial verlaufen, wobei zwischen den Strahl-Ablenkmitteln (3) und der Laserquelle (12) bzw. der Empfangseinrichtung (17) ein Strahlenteiler (14, 15) für die beiden Strahlen (4, 4') vorgesehen ist, und dass vorzugsweise der Strahlenteiler aus einem Spiegel (14) mit einer zentralen Durchbrechung (15) besteht, durch welche einer der beiden Strahlen (4, 4'), vorzugsweise der Sendelaserstrahl (4) durchtreten kann, während der andere Strahl (4') an der Spiegeloberfläche (14) reflektierbar ist.
5. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche mit einem Schwingsspiegel als Strahlablenmittel, dadurch gekennzeichnet, dass die Laser-Quelle (12) für Laser Strahlung wenigstens eines der folgenden Merkmale erfüllt:
 - a) die optische Achse des auf den Schwingsspiegel (3) gerichteten Sende-Laserstrahles (4) fällt mit der ersten Drehachse (A1) des Schwingsspiegels (3) zusammen;
 - b) im Strahlengang des Sendelaserstrahles (4) und der im Objektraum reflektierten Laserstrahlen (4') ist je ein optisches System (13; 16) vorgesehen, welches je einerseits die Sendelaserstrahlen (4) auf eine mittlere Distanz des Objektraumes fokussiert, andererseits die reflektierten Laserstrahlen (4') auf die Empfangseinrichtung (17) konzentriert, wobei zumindest in einem dieser Systeme ein Optik-Element mit positiver Brechkraft, beispielsweise eine Korrekturlinse, zur Kompensation der negativen Brechkraft des sphärischen Fensters vorgesehen ist.
6. Scan-Einrichtung nach Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem koaxialen Sende- und Empfangsstrahl (4; 4') die Kompensation durch eine einzige, gemeinsame Korrekturlinse (21) erfolgt und/oder dass zur Kompensation der negativen Brechkraft des sphärischen Fensters (2) zumindest eines der beiden optischen Systeme (13, 16) entsprechend justiert ist und/oder zumindest einer der im Strahlengang angeordneten Spiegel (3, 14, 18), beispielsweise der Schwingsspiegel (3), konkav gekrümmt ausgeführt ist.
7. Scan-Einrichtung nach einem der Patentansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwingsspiegel (3) in einem U-förmigen Lagerbock (5) um die zweite Drehachse (A2) schwenkbar gelagert ist, der auf einem Drehteller (6)

angeordnet ist, welcher mittels eines Elektromotors (M1), vorzugsweise eines Schrittmotors, um die erste Drehachse (A1) drehbar ist.

8. Scan-Einrichtung nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Winkeldecoder (11) zur Ermittlung der exakten Ausrichtung des Schwingspiegels (3) um die erste Drehachse (A1) vorgesehen ist und dass vorzugsweise der Schwingspiegel (3) durch einen am Lagerbock (5) angeordneten Drehmomentmotor (M2) mit begrenztem Drehwinkel um die zweite Drehachse (A2) schwenkbar ist.
9. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (1) wenigstens eines der folgenden Merkmale aufweist:
 - a) das Gehäuse (1) umschliesst samt dem sphärischen Fenster (2) das Innere der Scan-Einrichtung dicht, vorzugsweise gasdicht, wobei entsprechend dichte Durchführungen bzw. Durchführungsstecker (20, 32 Fig. 2) für Leitungen zu Bauteilen, wie denen der Strahl-Ablenkmittel (3) bzw. der Auswerteeinrichtung (31), für die reflektierten Laserstrahlen (4') vorgesehen sind;
 - b) das gasdicht ausgeführte Gehäuse (1) ist mit einem inerten Gas, vorzugsweise mit getrocknetem Stickstoffgas, gefüllt;
 - c) das Gehäuse (1) steht gegenüber der umgebenden Atmosphäre unter Überdruck, wobei bevorzugt ein Sensor zu Überwachung des Druckes vorgesehen ist;
 - d) in seinem Inneren ist eine Heizung vorgesehen.
10. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das sphärische Fenster (2) mindestens eines der folgenden Merkmale aufweist:
 - a) es weist eine Wandstärke von max. 4 mm, vorzugsweise 1 bis 2,5 mm auf und besteht vorzugsweise aus Kunststoff, insbesondere aus Polymethylmethacrylat oder Plexiglas;
 - b) es ist, insbesondere an seiner Innenseite, mit einem Antireflexbelag beschichtet, der auf die Wellenlänge der von der Laserquelle (12) emittierten Strahlung abgestimmt ist;
 - c) es ist, insbesondere an seiner Aussenseite, mit einem gegenüber dem Fenstermaterial harten, kratzfesten Belag, beispielsweise aus Siliziumoxyd, beschichtet;
 - d) es ist an seiner Aussenseite mit einem Anti-Regenbelag beschichtet, um die Bildung eines Wasser-Filmes bzw. von Tropfen zu vermeiden.
11. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (31) wenigstens eine der folgenden Eigenschaften aufweist:
 - a) sie trifft eine Auswahl, indem sie nur Entfernungswerte weiter verarbeitet, die grösser, wie ein Vielfaches grösser, insbesondere um eine Grössenordnung grösser, als der Radius des sphärischen Fensters (2) sind;
 - b) sie ermittelt die Amplituden der an dem sphärischen Fenster (2) reflektierten Strahlung als Mass für eine allfällige Verschmutzung desselben und gibt diese Amplituden als Signal ab;
 - c) durch sie oder durch einen nachgeordneten Computer ist aus den gemessenen Entfernungswerten und den zugeordneten Ablenkwinkeln ein 3D-Bild bzw. Modell berechenbar.
12. Fluggerät, wie ein bemanntes oder unbemanntes Flächenflugzeug oder ein Hubschrauber, mit einer Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei die Scan-Einrichtung so angeordnet ist, dass die Achse des Gesichtsfeldes der Scan-Einrichtung im Wesentlichen der Flugrichtung entspricht, dadurch gekennzeichnet, dass die Daten der Auswerteeinrichtung (31) zusammen mit Daten des Fluggerätes, wie Position, Lage, Geschwindigkeit, Kurs, Steig- bzw. Sinkgeschwindigkeit einem Computer zuführbar sind, welcher aus diesen das Risiko einer Kollision mit einem im Gesichtsfeld der Scan-Einrichtung ermittelten ortsfesten oder bewegten Objekt berechnet und bei Feststellung eines solchen Risikos ein Warnsignal auslöst bzw. ein entsprechendes Ausweichmanöver einleitet.

Fig. 1

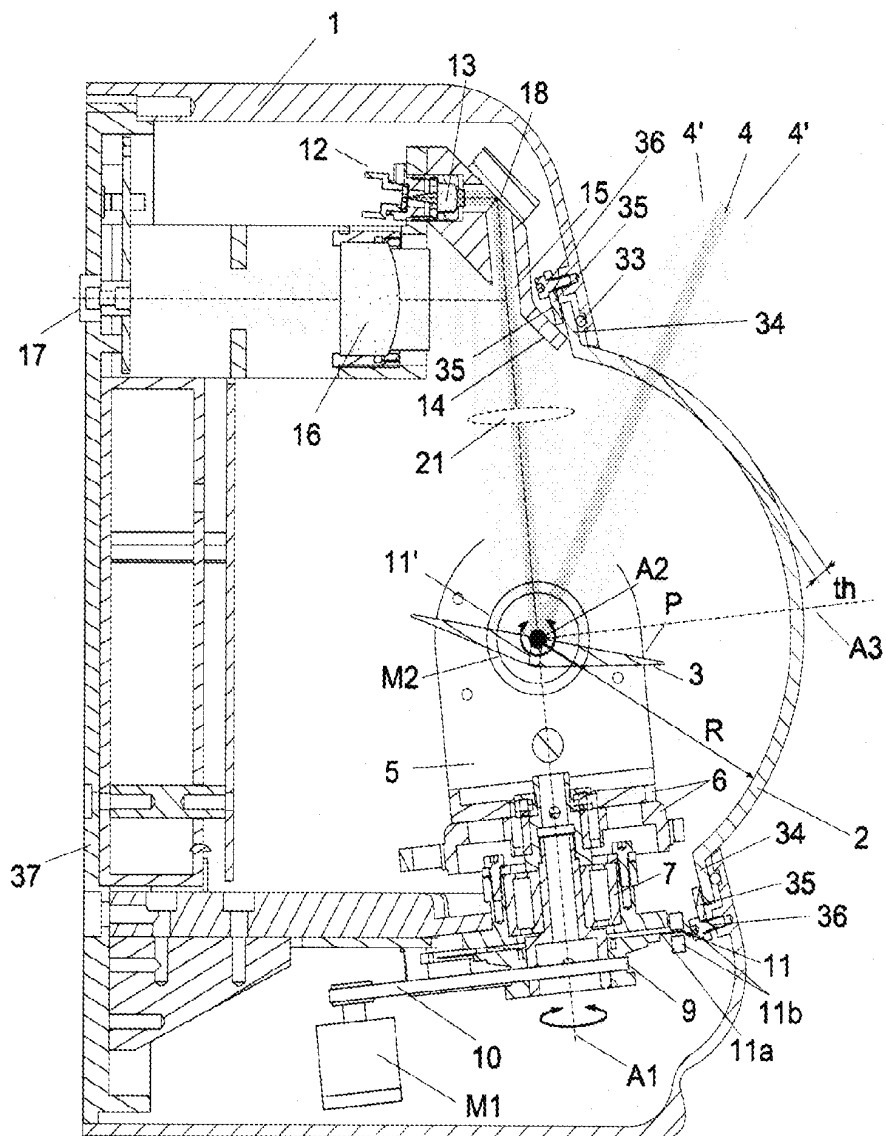


Fig. 2

