



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 694 897 A5

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

51 Int. Cl.⁷: **G 01 S 017/08**
G 01 S 007/48
G 01 J 003/14
G 01 S 017/89

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 00193/01

22 Anmeldungsdatum: 02.02.2001

30 Priorität: 23.02.2000 AT A284/00

24 Patent erteilt: 31.08.2005

45 Patentschrift
veröffentlicht: 31.08.2005

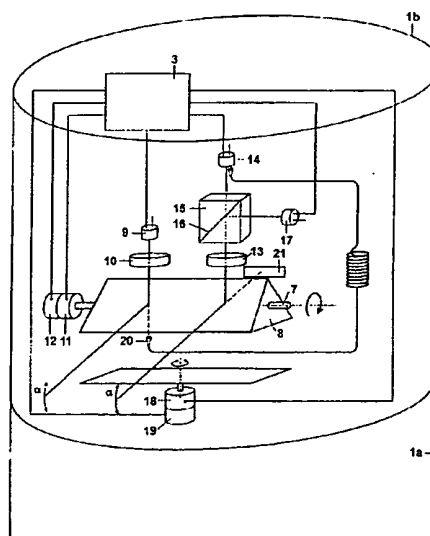
73 Inhaber:
RIEGL Laser Measurement Systems GmbH
Riedenburgerstrasse 48
3580 Horn (AT)

72 Erfinder:
Dr. Johannes Riegl,
3754 Trabenreith (AT)
Dipl.-Ing. Walter Schubert, Bahnhofstrasse 11
3830 Waidhofen/Th (AT)
Dr. Dipl.-Ing. Andreas Ullrich, Paracelsusgasse 6
3003 Gablitz (AT)

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

54 Verfahren zur Aufnahme eines Objektraumes.

57 Ein Verfahren zur Aufnahme eines Objektraumes benutzt einen Laser-Entfernungsmesser und eine Scan-Einrichtung (7, 8, 11) zur Ablenkung der optischen Achsen von Sende- und Empfangseinrichtung (9 bzw. 14, 17). Auf einem Bildausgabe-System, z.B. einem Monitor, werden Bildelemente wiedergegeben, deren Bildschirm-Koordinaten der Strahlenlenkung der Scan-Einrichtung (7, 8, 11) entsprechen. Nach der Scan-Einrichtung (7, 8, 11) wird ein Helligkeits- bzw. Farb-Signal abgeleitet, und diese Signale definieren ein Video-Bild. Jedem Bildelement des Video-Bildes wird ein Entfernungswert zugeordnet, und die Ablenkensysteme der Scan-Einrichtung (7, 8, 11) sind geeignet, einen Teil des Strahlenbündels der Laser-Sende-Diode (9) auf ein Referenzobjekt (21) zu richten, das in einem definierten Abstand von der Sende- und Empfangsdiode (9 bzw. 14, 17) angeordnet ist. Bei Überstreichen dieses Referenzobjektes (21) durch das Sendestrahlensbündel wird dann ein Entfernungswert ermittelt, der zur Kalibrierung des Entfernungsmess-Systems dient. Eine der Ablenkeinrichtungen (8) der Scan-Einrichtung (7, 8, 11) bildet in definierten Bereichen des Ablenkzyklusses die Referenzfläche (21) auf die Empfangs-Diode (17) ab, wobei diese Referenzfläche (21) einen definierten Helligkeitswert aufweist. Ein Video-Prozessor (3) führt während des Überstreichens der Referenzfläche (21) durch das Empfangsstrahlenbündel einen Bildabgleich durch.



Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Um ein solches Verfahren möglichst bedienungsfreundlich und wartungsarm zu gestalten, werden erfindungsgemäss die Merkmale des Kennzeichens des Anspruchs 1 vorgeschlagen.

Durch das erfindungsgemässe Verfahren ergeben sich in vorteilhafter Weise praktisch zwei Kanäle, nämlich einerseits ein Entfernungsmesskanal, der als «aktiv» bezeichnet werden kann, weil er den aktiv Sendesignale abgebenden Sender umfasst, und ein Bildschirmkanal oder Videokanal, auf welchem Bildelemente wiedergegeben werden, der als «passiv» bezeichnet wird, weil er, ohne zur Beleuchtung beizutragen, nur passiv das Videobild aufnimmt.

Durch diese Massnahmen ist gewährleistet, dass beide Kanäle des Systems, also der aktive oder Entfernungsmesskanal und der passive Video-Kanal, ohne besonders Zutun des Bedienungspersonals stets unter optimalen Bedingungen, das heisst also mit maximaler Genauigkeit bzw. mit optimaler Bildwiedergabe, arbeitet, insbesondere wenn nach einer der Weiterbildungen des Anspruchs 3 oder 4 gearbeitet wird, wie noch erläutert wird. In jedem Fall bietet das neue Verfahren damit die Voraussetzung für einen vollautomatischen Betrieb der entsprechenden Anlagen. Je nach Programmierung der Prozessoren kann die Kalibrierung nach Abtastung einer Bildzeile, nach Abtastung eines ganzen Bildes oder nach Abtastung einer definierten Bildzahl erfolgen.

Wird eine Scan-Einrichtung nämlich eingesetzt, welche nur während eines Teiles ihres Ablenkzyklusses Bereiche des Objektfeldes überstreicht, während in den anderen Teilen des Ablenkzyklusses das geometrische Sende-Strahlenbündel auf Bereiche ausserhalb des Objektfeldes gerichtet ist, so werden in einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung die Sende-Impulse in Abhängigkeit von der Winkelposition der Ablenkeinheiten der Scan-Einrichtung ausgelöst, wobei Sende-Impulse nur dann ausgelöst werden, wenn das geometrische Sende-Strahlenbündel das Objektfeld und das, im Allgemeinen ausserhalb des Objektfeldes angeordnete, Referenzobjekt überstreicht.

Zweckmässig wird zur Kalibrierung des Entfernungsmesskanales zumindest die der Sende-Einrichtung zugeordnete Scan-Einrichtung herangezogen, welche geeignet und dazu ausgebildet ist, die optische Achse der Sende-Einrichtung auf einen Bereich ausserhalb des Bildabtastbereiches abzulenken, in welchem sie auf ein optisches System, vorzugsweise einen Lichtleiter, trifft, welches bzw. welcher das ausgesendete optische Signal über eine definierte Wegstrecke der Empfangseinrichtung zuleitet und der Entfernungsmesskanal in Bezug auf diese definierte Entfernung kalibriert wird.

In einer Variante der Erfindung wird zur Kalibrierung des Entfernungsmesskanales zumindest die der Sende-Einrichtung zugeordnete Scan-Einrichtung herangezogen, die geeignet ist, die optische Achse der Sende-Einrichtung auf einen Bereich ausserhalb des Bildabtastbereiches abzulenken, in welchem sie auf eine Empfangs-Einrichtung trifft, welche bei Aktivie-

rung durch ein optisches Signal ein Empfangs-Signal generiert, das einer definierten Entfernung entspricht. Dieses Signal wird der Empfangseinrichtung des Entfernungsmesskanal zugeführt, wobei dieser Kanal in Bezug auf dieses Referenz-Signal kalibriert wird.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die Zeichnung.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Anlage zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens;

Fig. 2 veranschaulicht ein Detail der Einrichtung gemäss Fig. 1;

Fig. 3 zeigt den Strahlengang einer Ablenkeinheit der Scan-Einrichtung gemäss Fig. 1;

Fig. 4 ist schliesslich ein Block-Schalt diagramm der Einrichtung nach Fig. 1.

Fig. 1 zeigt eine Anlage zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens, mit welcher zu einem an sich bekannten, sogenannten Entfernungsbild ein deckungsgleiches Video-Bild aufgezeichnet werden kann. Die Anlage umfasst den eigentlichen Messkopf 1, der auf einem Stativ 2 angeordnet ist. Die Signale des Messkopfes 1 werden einem Steuergerät 3 zugeleitet, das einen Signalprozessor enthält und gegebenenfalls in den Messkopf 1 integriert ist, welcher die vom Messkopf 1 stammenden Signale verarbeitet und einem Monitor 4 eines Computers 5 zuführt, auf welchem sie in Form eines Entfernungsbildes, z.B. in Falschfarbendarstellung, als Video-Schwarz-Weiss- oder Farbbild wiedergegeben werden können. Im Allgemeinen wird man ein Entfernungsbild wiedergeben, dem ein Video-Farbbild überlagert ist.

Die Art der Bilddarstellung kann über den Computer 5 eingegeben werden, der das Steuergerät 3 entsprechend ansteuert. Das Steuergerät 3 steuert andererseits auch den Messkopf 1 mit den Ablenkeinheiten und dem Entfernungsmess- und Videokanal an. Der Messkopf 1 selbst ist zweiteilig und umfasst einen ersten stationären Teil 1a der fix am Stativ 2 befestigt ist. Am Messkopfunterteil 1a ist der Oberteil 1b drehbar gelagert. Durch einen in Fig. 1 nicht dargestellten Antriebsmotor wird der Oberteil um eine vertikale Achse in eine oszillierende Schwenkbewegung entsprechend den Pfeilen 6 versetzt. Der Messkopfoberenteil enthält ein mit hoher Geschwindigkeit um eine horizontale Achse 7 umlaufendes 3-seitiges Spiegelprisma 8, das die Strahlen des Entfernungsmess- und Video-Aufzeichnungs-Systems um eine horizontale Achse ablenkt. Durch diese Einrichtung wird daher der Objektraum mit einem vertikalen Fächer zeilenweise abgetastet. Durch Verschwenken des Messkopf-Oberteiles 1b um eine vertikale Achse überstreicht dieser Fächer das gesamte Objektfeld und nimmt damit ein komplettes Entfernungsbild und ein mit diesem deckungsgleiches Videobild auf. Zu jedem Rasterelement des Raumes, das durch die beiden Ablenkwinkel α und ϕ definiert ist, gehört ein Entfernungswert und ein Helligkeitswert bzw. ein Farbwert-Tripel entsprechend den 3 Grundfarben. Dieser zu jedem Raster-Element gehörige Datensatz wird zur weiteren Verarbeitung in einem Speicher abgelegt.

Fig. 2 zeigt die Scan-Einrichtung des Messkopfes 1 mit zusätzlichen Einzelheiten. Vom Steuergerät 3 wird eine als Sendeeinrichtung bzw. Laser-Sender dienende Laser-Diode 9 gespeist, deren Strahlung durch eine Optik 10 ins Unendliche abgebildet wird. Das im Wesentlichen parallel ausgerichtete Strahlenbündel wird durch das 3-seitige, verspiegelte Prisma 8 in eine Richtung abgelenkt, welches um eine Achse 7 rotiert und durch einen Motor 11 angetrieben wird. Durch einen mit dem Motor 11 verbundenen Winkeldecoder 12 wird ein Stellungssignal α an das Steuergerät 3 rückgemeldet. Durch die Drehung des Prismas 8 überstreicht das Laser-Strahlenbündel im Objektraum einen Winkel von ca. 80° . Die Laser-Strahlung wird von im Objektraum befindlichen Zielen reflektiert und von einer Optik 13 auf eine die Empfangseinrichtung bildende Empfangsdiode 14 konzentriert. Das entsprechende Empfangs-Strahlenbündel wird durch das gleiche Spiegelprisma 8 umgelenkt, so dass Sende- und Empfangsstrahlen im Wesentlichen parallel ausgerichtet werden. Zwischen der Optik 13 und der Diode 14 ist ein Strahlenteilungsprisma 15 angeordnet, dessen teilverspiegelte Teilungsfläche 16 dichroitisch beschichtet ist, so dass Infra-Rot-Laserlicht diese Fläche praktisch ungeschwächt passieren kann, während sichtbares Licht auf eine Empfangs-Diode 17 reflektiert wird. Diese Diode 17 liefert ein Helligkeits-Signal, das in dem Steuergerät 3 zu einem Schwarz-Weiss-Video-Bild verarbeitet wird. Anstelle der Diode 17 kann ein Dioden-Trippl vorgesehen werden, deren einzelne Dioden entsprechend den 3 Grundfarben sensibilisiert sind. Mit einer solchen Einrichtung kann zusätzlich zu dem Entfernungsbild ein deckungsgleiches Farb-Video-Bild erzeugt werden.

Wie bereits eingangs erwähnt, wird durch das rotierende Spiegelprisma 8 der Objektraum in Form von vertikalen Zeilen abgetastet. Die oben beschriebenen Einrichtungen sind im Messkopf-Oberteil 1b angeordnet. Dieser Oberteil wird durch einen Motor 18 in eine um eine vertikale Achse oszillierende Bewegung in eine horizontale Richtung versetzt. Ein mit dem Motor 18 verbundener Winkeldecoder 19 liefert an das Steuergerät 3 ein dem Ablenkwinkel ϕ entsprechendes Rückmeldesignal.

Bei einer ganzen Umdrehung des Spiegelprismas 8 tasten die Strahlen den Objektraum in Form von 3 Zeilen ab. Aus geometrischen Gründen (vgl. hierzu Fig. 3) kann in der gewählten Auslegung von den pro Zeile zur Verfügung stehenden 120° nur ein Winkel von 40° für die Entfernungsmessung und die Bildaufzeichnung genutzt werden. In der in Analogie zur Fernsichttechnik bezeichneten «Abtastlücke» wird der Laserstrahl durch das Prisma 8 auf einen Lichtleiter 20 gelenkt. Der eine definierte Länge aufweisende Lichtleiter 20 leitet den von der Sendediode 9 ausgehende Laserimpuls der Empfangsdiode 14 zu. In einer bestimmten Winkelstellung des Prismas 8 trifft das Laserstrahlenbündel auf den Lichtleiter 20. Das Steuergerät 3 schaltet daher bei einem definierten α -Wert den Signalprozessor auf einen Kalibrierungsmodus, in welchem der von der Entfernungsmesseinrichtung ermittelte Wert mit dem tatsächlichen, durch die Länge des Lichtleiters 20 definierte Entfernung verglichen wird. Bei Abweichungen wird

ein Korrekturwert berechnet, der bei der Berechnung der Entfernung von Zielen im Objektraum aus der Laufzeit der Laserimpulse entsprechend berücksichtigt wird.

5 In analoger Weise wird in der Abtastlücke des Prismas 8 eine Referenzfläche 21 auf die Diode 17 bzw. auf ein entsprechendes Dioden-Trippl abgebildet. Bei Erreichen eines definierten α -Wertes wird der Video-Kanal auf einen Abgleichmodus geschaltet und je nach Ausbildung der Referenzfläche 21 ein Weiss- oder Schwarz-Abgleich durchgeführt. Der Video-Kanal kann natürlich auch auf einen definierten Grauwert abgeglichen werden.

Die Funktion des optischen Systems der Scan-Einrichtung wird anhand der Fig. 3 näher erläutert. Durch die Optik 10 wird die Laserdiode 9 ins Unendliche abgebildet. Das rotierende Spiegelprisma 8 lenkt das Strahlenbündel in den Objektraum ab. Die Fig. 3 zeigt das Prisma 8 in verschiedenen Positionen. Ausgegangen wird von der Position Null. In dieser steht eine Fläche des Spiegelprismas 8 normal auf die optische Achse der Optik 10. Würde in dieser Position ein Laserimpuls ausgelöst, so würde er in sich reflektiert. Das Prisma rotiert entgegen dem Uhrzeigersinn und nimmt die Position V ein, die dem Beginn einer Abtastzeile entspricht. Ab dieser Position werden Laserimpulse ausgelöst. Die Position 2' des Prismas 8 entspricht der Mitte der Abtastzeile, die Position 3' dem Ende dieser Zeile. In der Position 4' fällt das Strahlenbündel auf eine Kante des Prismas 8, das Strahlenbündel wird in zwei Teile 4a und 4b gespalten. In der Position 5' ist eine Spiegelfläche parallel zur optischen Achse der Optik 10 ausgerichtet. Ein Teil 5a des Strahlenbündels passiert ohne Ablenkung das Prisma 8 und fällt auf ein optisches System, das über einen Lichtleiter 20 mit der Empfangsdiode 14 in Verbindung steht. Wird in dieser Position des Prismas 8 ein Laserimpuls ausgelöst, so wird ein Teil desselben über den Lichtleiter 20 der Empfangsdiode 14 zugeleitet.

Das optische System der Scan-Einrichtung des Empfangs-Kanals ist im Wesentlichen gleichartig aufgebaut. Zum Abgleich des Video-Kanals wird das Referenzobjekt bzw. die Referenzfläche 21 in der Stellung 4' des Prismas 8 auf die Empfangsdiode 17 des Video-Kanals abgebildet. Das Referenzobjekt 21 könnte auch in der Position 5' des Prismas 8 oder in einer beliebigen Zwischenstellung auf die Empfangsdiode 17 abgebildet werden.

50 Im obigen Beispiel wird das Objektfeld mit einer Geschwindigkeit von 10 Zeilen pro Minute abgetastet. Infolge der relativ grossen Apertur des Messstrahles und der begrenzten Abmessung des Spiegelprismas, können nur rund 33% einer Umdrehung des Spiegelprismas zur Ablenkung des Messstrahles genutzt werden. Bei einer Zeilenlänge von 1,4 rad (80°) ergibt sich somit eine Messstrahlgeschwindigkeit von 42 rad/s. Mit Rasterelementen von 3mrad x 3mrad und einem Impuls pro Rasterelement beträgt die Einzel-Impulsfrequenz somit 16 kHz.

Die Fig. 4 zeigt in Form eines Blockdiagramms schematisch den Aufbau des Steuergerätes 3 des Laser-Scanners gemäss der Erfindung, wobei in diesem Diagramm nur die den Ablenkeinheiten nachgeschalteten Systeme dargestellt sind. Mit 30 ist ein

Laser-Transmitter bezeichnet, der die Laserdiode 9 ansteuert, welcher die Optik 10 vorgeschaltet ist, die die Emitterzone des Lasers vorzugsweise ins Unendliche abbildet. Neben der Sendeoptik 10 ist eine Empfängeroptik 13 vorgesehen, deren optische Achse parallel zu der der Sendeoptik 10 ausgerichtet ist. Im Strahlengang der Empfängeroptik 13 ist ein Strahlenteilungsprisma 15 vorgesehen. Die Empfängeroptik 13 konzentriert einerseits die von einem im Strahlengang der Sendeoptik befindlichem Ziel im Allgemeinen diffus reflektierte Strahlung auf die Empfangsdiode 14. Mit Vorteil wird als Empfangsdiode 14 eine Avalanche-Diode eingesetzt. Vorzugsweise sind Sende- und Empfangsdioden in ihrer spektralen Charakteristik aufeinander abgestimmt, wobei die Empfangsdiode ihre maximale spektrale Empfindlichkeit in dem Bereich aufweist, in welchem die Sendediode maximal emittiert. Da die Empfangsdiode 14 aber neben der von der Sendediode emittierten und vom Ziel reflektierten Strahlung viel Störstrahlung in Form von Tageslicht oder Licht von den verschiedensten Kunstlichtquellen empfängt, kann es vorteilhaft sein, der Empfangsdiode ein möglichst schmalbandiges, optisches Filter vorzusetzen, welches seine maximale Transmission in dem Spektralband aufweist, in welchem der Laser emittiert.

Durch das Strahlenteilerprisma 15 wird ein Teil des aus dem Objektraum abgestrahlten Lichtes auf eine Empfangsdiode 17 konzentriert. Vorzugsweise weist das Strahlenteilungsprisma 15 eine dichroitische Verspiegelung 16 auf, welche Strahlung der Wellenlänge der Laserdiode 9 im Wesentlichen ungestört passieren lässt, während kurzwelligere Strahlung, insbes. sichtbares Licht zum überwiegenden Teil auf die Diode 17 reflektiert wird. Anstelle einer einzelnen Empfangsdiode 17 kann auch ein Dioden-Trippl vorgesehen sein, deren Dioden in ihrer spektralen Empfindlichkeit auf die 3 Grundfarben abgestimmt sind. Mit einer solchen Variante kann daher parallel zum Entfernungsbild (aktiver Kanal) über den zweiten, passiven Kanal ein Schwarz-Weiss- oder Farbbild des Objektfeldes aufgezeichnet werden.

Der Lasertransmitter 30 umfasst einen Impuls-generator, der die Laserdiode 9 ansteuert. Der Lasertransmitter gibt, wenn er vom Prozessor 34 entsprechend angesteuert wird, eine Folge von Laserimpulsen, sogenannten Bursts ab. Ein solcher Burst kann je nach vom Prozessor gegebenen Befehl 1-50 Impulse umfassen. Mittels eines vom Prozessor 34 steuerbaren Verzögerungsgenerators 35 können die einzelnen Impulse eines Bursts in ihrer Phasenlage verändert werden, wobei die Phasenverschiebung periodisch erfolgt.

Die von der Diode 14 empfangenen Signale werden in einer Verstärker- und Analog-Signalprozessorstufe 36 verstärkt und bearbeitet. In einer möglichen Ausbildungsform werden die auf diese Weise bearbeiteten Signale in einem Analog/Digital-Konverter 37 mit einer Sample-Frequenz von beispielsweise 60 MHz digitalisiert. Diese gesampelten Echo-Signale werden in einem Speicher 38 abgelegt. Zuzugabe der Phasenverschiebung der Sendeimpulse eines Bursts gegenüber der Samplefrequenz werden die gesampelten Echosignale in verschiedene Speicherzellen

abgelegt. Weist die Phasenverschiebung, wie oben ausgeführt, eine Periodizität von 5 Impulsen auf, so wird der gesampelte Puls nach 5 Impulsen auf den vorhergehenden aufaddiert. Umfasst ein Burst z.B. 50 Impulse, und werden die digitalisierten Impulse mit der Periode 5 «verkämmt», so werden jeweils in einer Speicherzelle 10 Digitalwerte aufaddiert, und die Sample-Frequenz von 60 MHz erscheint um die Periodenzahl der Verkämmung vergrößert, in dem vorliegenden Beispiel auf 300 MHz, so dass das Abtasttheorem in Bezug auf den rekonstruierten Empfangsimpuls eingehalten werden kann.

In einer alternativen Ausführungsform wird mittels einer Zeitintervall-Digitalisierungseinrichtung 37 das Laufzeitintervall zwischen Sende- und Empfangsimpuls digitalisiert und die Ergebnisse in einem Speicher 38 abgelegt.

Getaktet wird die gesamte Einrichtung durch einen Clock-Generator 52. Der Prozessor 34 und der Datenspeicher 38 sind durch einen Datenbus miteinander verbunden, der schematisch angedeutet und mit 39 bezeichnet ist. An diesen Datenbus 39 sind ferner ein Programmspeicher 40 für den Prozessor 34 angeschlossen, sowie ein Datenzwischenspeicher 41, in welchen nach einer ersten Auswertung durch den Prozessor 34 Rohdaten abgelegt werden, die am Ende des Messzyklus ausgelesen werden. Aus diesen Rohdaten wird mit im Programmspeicher abgelegten Algorithmen ein Entfernungswert für jedes einzelne Rasterelement ermittelt.

Das von der Diode (bzw. dem Dioden-Trippl) 17 gelieferte Signal wird in der Video-Prozessorstufe 42 verstärkt und weiter bearbeitet. Dieser Videoprozessor ist über den Bus 39 mit dem Prozessor 34 und den anderen Blöcken des Systems insbesondere mit dem digitalen Bildspeicher 43 und dem Video-Interface 44 in Verbindung. Die zu den einzelnen Rasterelementen gehörigen Bildkoordinaten werden von den beiden Ablenkelektronik-Einheiten 45 und 46 über den Datenbus 39 in das System eingespeist.

Der Prozessor 34 ermittelt aus den Empfangssignalen die Amplitudenwerte, das Signal/Rauschverhältnis etc., legt auf Grund dieser Werte die Zahl der Impulse pro Burst fest und steuert den Laser-Transmitter 30 entsprechend an. Gleichzeitig wird über den Datenbus 39 ein entsprechender Befehl an die Ablenkelektroniken 45 und 46 gesandt. Bei ungünstigen Bedingungen (niedere Amplitude der Empfangsimpulse, geringes Signal/Rauschverhältnis, grosse Messwertstreuung) wird die Zahl der Impulse pro Burst erhöht und die Ablenkgeschwindigkeit der Scan-Einrichtung entsprechend reduziert. Diese Anpassung kann individuell für jedes einzelne Rasterelement, für eine Zeile von Rasterelementen oder für den ganzen Scan-Zyklus erfolgen.

Der Prozessor löst einen Laserimpuls aus, wenn das Spiegelprisma 8 die Position 5' in Fig. 3 einnimmt, bzw. der Winkeldecoder 12 (Fig. 2) dem Prozessor 34 ein Signal zuleitet, das in codierter Form dem der Position 5' zugehörigen Winkel α entspricht. Ein Teil des Laserimpulses wird durch den Lichtleiter 20 der Empfangsdiode 14 zugeleitet. Der Prozessor 34 berechnet aus der Laufzeit des Impulsen und dem bekannten, der Länge des Lichtleiters entsprechenden Entfernung einen Korrekturwert, der

in einem Speicher abgelegt und in der weiteren Folge bei der Berechnung der Entfernungswerte aus den Impulslaufzeiten entsprechend berücksichtigt wird.

Der Prozessor 34 löst ferner in der Position 4' des Spiegelprismas 8 in Fig. 3 einen Abgleich des Video-Kanals aus: Die Empfangs-Optik 13 nimmt in dieser Stellung des Prismas 8 zwei Strahl-Teilbündel 4a und 4b auf. Das Bündel 4a wird durch eine nicht dargestellte Blende ausgeblendet, so dass nur über das Teilbündel 4b Licht auf die Diode 17 gelangen kann. Im Strahlengang dieses Teilbündels liegt das Referenzobjekt 21, welches durch die Optik 13 auf die Diode 17 abgebildet wird. Der Abgleich kann je nach Ausbildung des Referenzobjektes 21 als Weiss- oder Schwarz-Abgleich ausgeführt werden. Weist das Referenzobjekt einen definierten Grauwert auf, kann auf einen solchen Wert abgeglichen werden.

In einer speziellen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens dient die kombinierte Entfernungsmess- und Video-Einrichtung zur Vermessung von Convertern in der Stahlindustrie. Hierbei wird die Scan-Einrichtung in Bezug auf die Converterbirne ausgerichtet und durch das Maul des Converters dessen Innenausmauerung abgetastet und vermessen. Das Ergebnis dieser Messung wird mit einer Messung verglichen, die nach Herstellung oder Überholung der Ausmauerung aufgezeichnet worden ist. Durch Subtraktion des ursprünglichen vom neuen Entfernungsbild können Abweichungen durch Verschleiss und Ausbrüche der Ausmauerung sehr präzise festgestellt werden. Um die Betriebsunterbrechung bei einer solchen Kontrolle des Converters möglichst gering zu halten, erfolgt die Messung unmittelbar nach der Entleerung des Converters bei Temperaturen von rund 1500°C. Da bei diesen Temperaturen die Infra-Rot-Emission der heissen Converterwandung auch in dem Frequenzbereich, in dem die Laserdioden des Entfernungsmessers emittiert, extrem hoch ist, bedarf es sehr schmalbandiger optischer Filter um einen ausreichenden Signal/Rausch-Abstand zu erzielen. Um die Sicherheit der Messung zu verbessern, wird gemäss einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung aus dem Signal des Dioden-Trippels des Farb-Video-Kanals ein Temperatursignal errechnet. Dies ist insofern möglich, als erstens der Converter in erster Näherung als schwarzer Körper angesehen und damit aus dem Energieinhalt der einzelnen Farbkanäle nach dem Wienerschen Gesetz die Temperatur der Strahlungsquelle ermittelt werden kann. Zum anderen ist nicht so sehr die Kenntnis der Temperatur in absoluten Werten entscheidend, sondern vielmehr die der Temperaturunterschiede zwischen verschiedenen Bereichen der Converterausmauerung. Nach Entleeren des Converters kühlt die Ausmauerung rasch ab, wobei ein wesentlicher Teil des Wärmestromes zum Stahlmantel des Converters hin abfließt. Ist nun an einer Stelle ein Teil der Ausmauerung ausgebrochen oder aus anderen Gründen stark verschlissen, so wird dieser Bereich im Vergleich zu unbeschädigten Converterzonen schneller abkühlen. Wird nun aus dem Video-Signal ein Temperaturdifferenz-Signal gewonnen, so kann dieses die Sicherheit der Messung, durch ein zweites, nach einem völlig unterschiedli-

chen Messprinzip gewonnenes Resultat entscheidend verbessern. Dies ist insofern wesentlich, als eine Überholung oder Erneuerung der Ausmauerung eines Converters eine relativ lange Betriebsunterbrechung bedeutet und damit einen entsprechenden Produktionsausfall nach sich zieht. Die Entscheidung, einen Converter zu überholen ist somit betriebswirtschaftlich ausserordentlich bedeutsam. Der Einsatz von zwei unabhängigen Messverfahren kann daher wesentlich zur Absicherung einer solchen schwerwiegenden Entscheidung beitragen.

Für die oben beschriebene Anwendung kann es vorteilhaft sein, zusätzlich zu dem Dioden-Trippl des Video-Kanals eine Infrarot-Empfangsdiode vorzusehen oder die Dioden des Video-Kanals speziell für diese Messaufgabe zu optimieren.

Bei der oben beschriebenen Vermessung des Converters ist vorgeschlagen worden, die Scan-Einrichtung in Bezug auf den Converter exakt auszurichten, so dass ein Vergleich des Ergebnisses der Messung mit einer bei Inbetriebnahme der Converterausmauerung aufgezeichneten Messung möglich ist. Da die exakte Ausrichtung der Scan-Einrichtung relativ zum Converter sehr zeitaufwendig sein kann, werden in einer Variante der Erfindung in an sich bekannter Weise am Converter, vorzugsweise im Bereich des Convertermaules, mindestens drei Referenzpunkte bleibend angeordnet, die bei der Vermessung des Converterinneren mitgemessen werden. Es ist dann nicht erforderlich, die Scan-Einrichtung körperlich in Bezug auf den Converter auszurichten. Es genügt, die Scan-Einrichtung grob einzurichten, die exakte Zuordnung des Koordinaten-Systems der Scan-Einrichtung zum Converter kann dann rein rechnerisch durchgeführt werden.

Die Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen Beispiele beschränkt, sondern kann in vielfacher Weise abgeändert werden.

40 Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufnahme eines Objektraumes mit einem opto-elektronischen Entfernungsmesser nach einem Signal-Laufzeitverfahren mit einer Sende-einrichtung (9) zum Aussenden von optischen Laser-Signalen durch einen Laser-Sender mit einer Sende-Diode und einer Empfangseinrichtung (14, 17) mit mindestens einer Empfangs-Diode (14) zum Empfangen von optischen Laser-Signalen, die von im Objektraum befindlichen Objekten reflektiert werden, ferner mit einer Scan-Einrichtung (7, 8, 11, 18) zur Ablenkung der optischen Achsen von Sende- und Empfangseinrichtung (9 bzw. 14, 17) durch zwei Ablenkeinrichtungen (7, 8, 11 bzw. 18) in zwei orthogonale Richtungen, wobei die optischen Achsen von Sende- und Empfangseinrichtung (9 bzw. 14, 17) im Wesentlichen parallel verlaufen, ferner mit einer Auswerteeinrichtung (3-5), die als Entfernungsmesser aus der Laufzeit bzw. der Phasenlage des ausgesandten optischen Laser-Signals Entfernungswerte ermittelt, wobei die Auswerteeinrichtung (3-5) ein Bildschirm-System (4, 5) umfasst, auf welchem Bildelemente wiedergegeben werden, deren Bildschirm-Koordinaten der Strahlableitung der Scan-Einrichtung (7, 8, 11, 18) entsprechen, und dass nach der

Scan-Einrichtung (7, 8, 11, 18) aus dem Strahlengang von Sende- (9) und/oder Empfangseinrichtung (14, 17) ein Helligkeits- und/oder Farbsignal abgeleitet wird und diese Signale in ihrer Gesamtheit ein Video-Helligkeits- bzw. -Farbbild definieren, wobei jedem Bildelement dieses Video-Bildes ein Entfernungswert und ein Raumwinkel (α bzw. φ) zugeordnet wird, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der beiden Ablenkeinrichtungen (7, 8, 11 bzw. 18) der Scan-Einrichtung (7, 8, 11, 18) geeignet ist, einen Teil des Strahlenbündels des Laser-Senders (9) auf ein Referenzobjekt (21) zu richten, das in einem definierten Abstand von der Sende- und Empfangsdiode (9 bzw. 14, 17) angeordnet ist, wobei bei Überstreichen dieses Referenzobjektes (21) durch das Sendestrahlenbündel mit Hilfe der Auswerteeinrichtung (3-5) ein Entfernungswert ermittelt wird, der als Referenzwert zur Kalibrierung des Entfernungsmessers (3, 5) dient, und zumindest eine der Ablenkeinrichtungen (7, 8, 11 bzw. 18), welche nur während eines Teiles ihres Ablenkzyklusses Bereiche des Objektfeldes abtastet und die entsprechenden Strahlenbündel auf die mindestens eine Empfangs-Diode (14 bzw. 17) richtet, in anderen Teilen des Ablenkzyklusses eine Referenzfläche (21) auf die Empfangs-Diode bzw. -Dioden (14 bzw. 17) abbildet, wobei diese Referenzfläche (21) einen definierten Helligkeitswert aufweist und während des Überstreichens der Referenzfläche (21) durch das Empfangsstrahlenbündel ein Bildabgleich, z.B. ein Weiss- oder Schwarz-Abgleich durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, mit einer Ablenkeinrichtung, welche nur während eines Teiles ihres Ablenkzyklusses Bereiche des Objektfeldes überstreicht, während in den anderen Teilen des Ablenkzyklusses das geometrische Sende-Strahlenbündel auf Bereiche ausserhalb des Objektfeldes gerichtet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Sende-Impulse in Abhängigkeit von der Winkelposition der Ablenkeinrichtungen (7, 8, 11 bzw. 18) der Scan-Einrichtung (7, 8, 11, 18) ausgelöst werden, wobei Sende-Impulse nur dann ausgelöst werden, wenn das geometrische Sende-Strahlenbündel das Objektfeld und das, im Allgemeinen ausserhalb des Objektfeldes angeordnete, Referenzobjekt (21) überstreicht.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kalibrierung des Entfernungsmesskanals zumindest die der Sendeeinrichtung (9) zugeordnete Scan-Einrichtung (7, 8, 11, 18) dazu ausgebildet ist, die optische Achse der Sende-Einrichtung in einen Bereich ausserhalb des Bildabtastbereiches abzulenken, in welchem sie auf ein optisches System, vorzugsweise einen Lichtleiter (20), trifft, welches bzw. welcher das ausgesendete optische Signal über eine definierte Wegstrecke der Empfangseinrichtung (14) des Entfernungsmesskanals zuleitet und der Entfernungsmesskanal in Bezug auf diese definierte Entfernung kalibriert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kalibrierung des Entfernungsmessers (3, 5) zumindest die der Sende-Einrichtung (9) zugeordnete Scan-Einrichtung (7, 8, 11, 18) dazu ausgebildet wird, die optische Achse der Sende-Einrichtung (9) in einen Bereich ausserhalb des Bildabtastbereiches abzulenken, in welchem sie

auf die Empfangs-Einrichtung (14) des Entfernungsmesskanals trifft, welche bei Aktivierung durch ein optisches Signal ein Empfangs-Signal generiert, das einer definierten Entfernung entspricht und dieses Signal der Empfangseinrichtung (14) des Entfernungsmesskanals zuführbar ist und dieser in Bezug auf dieses Signal kalibriert wird.

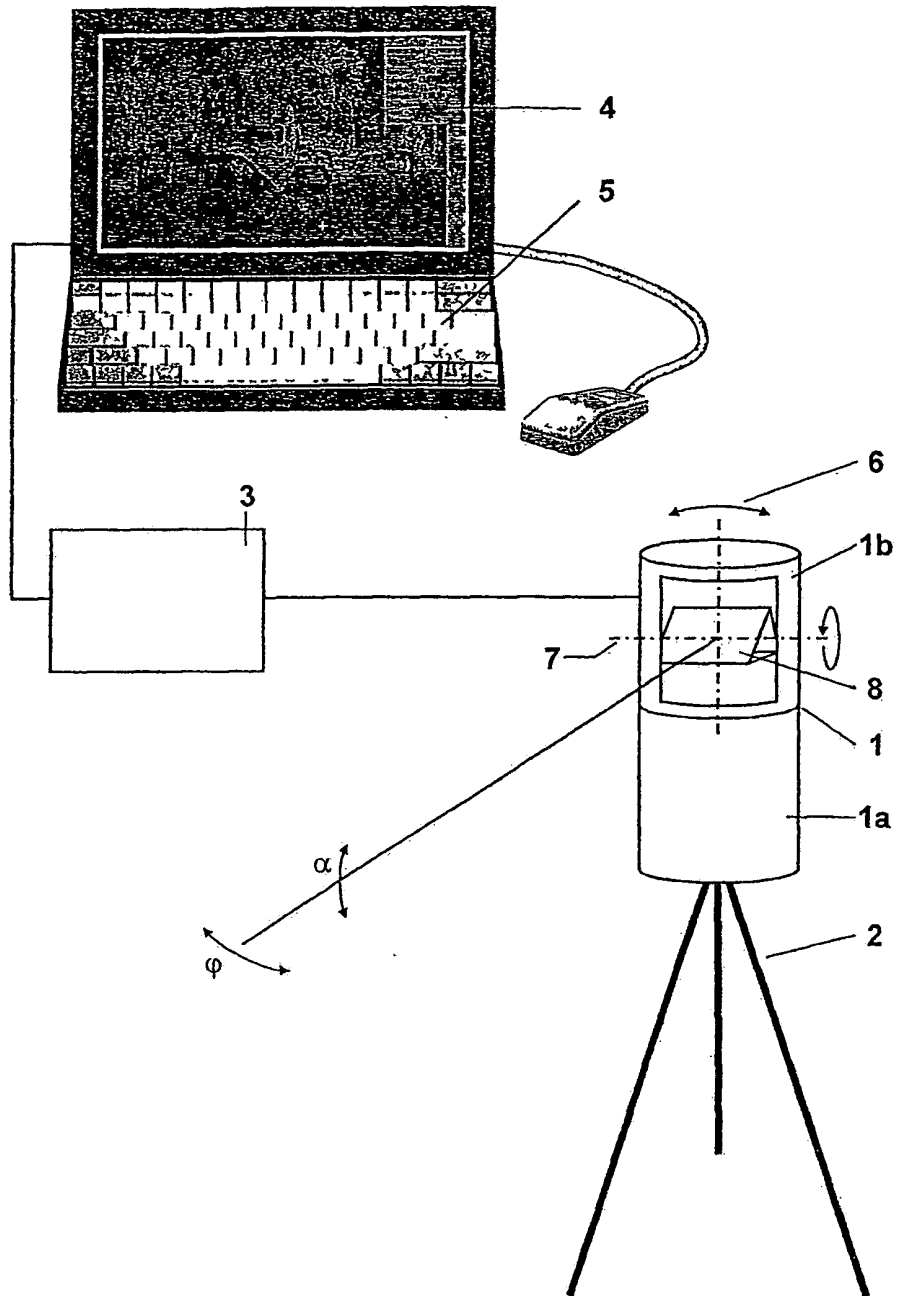


FIG. 1

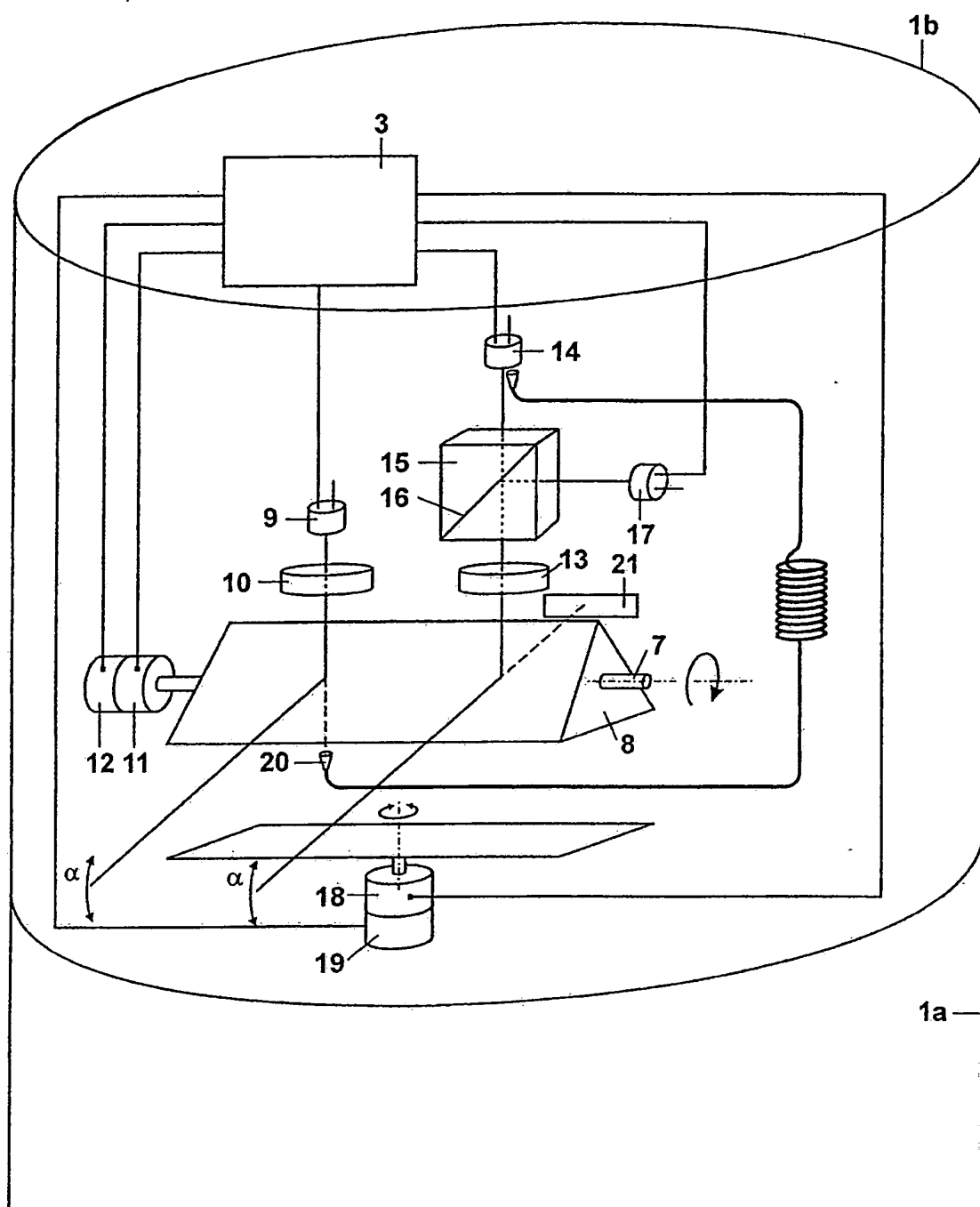


FIG. 2

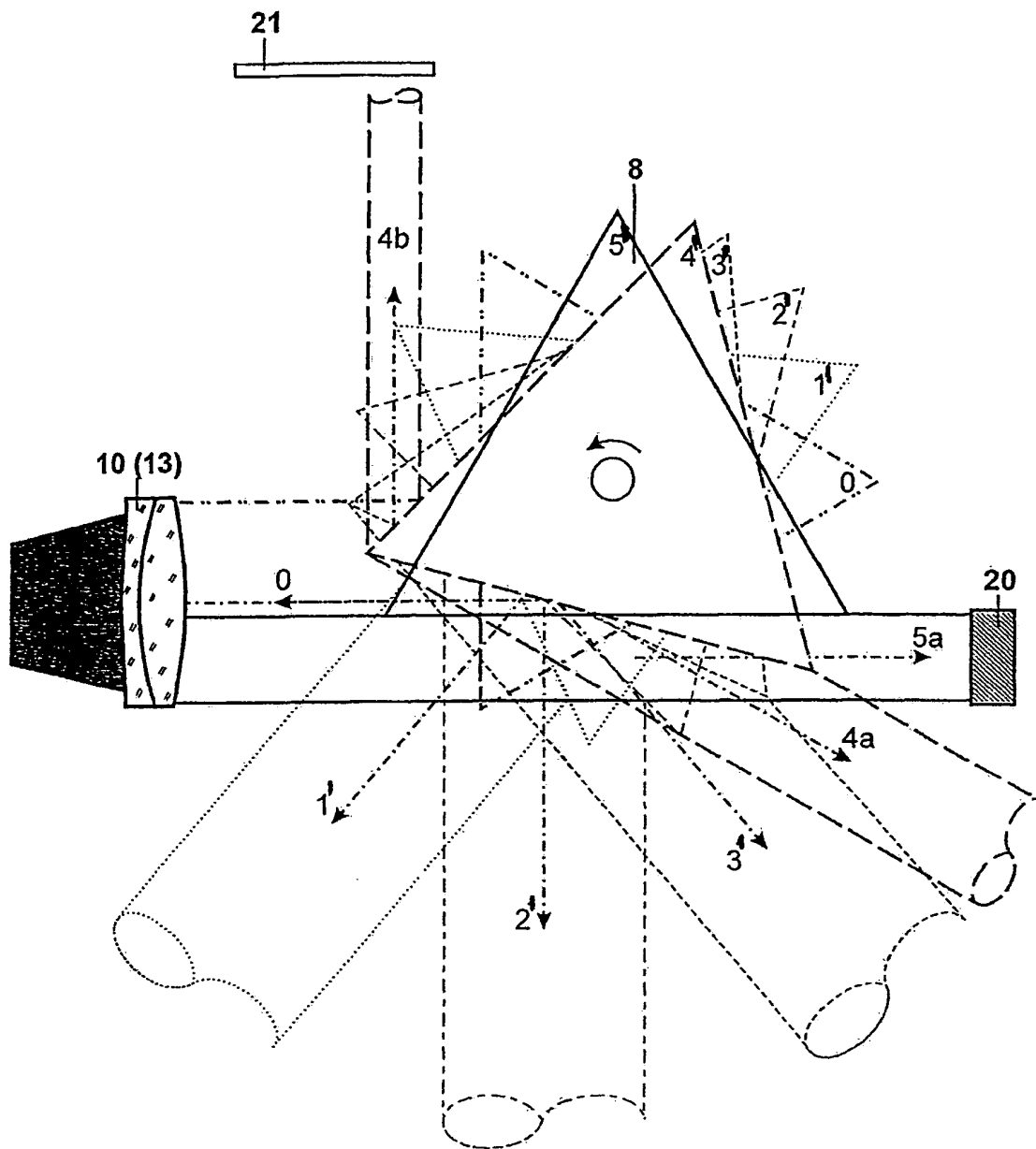


FIG. 3

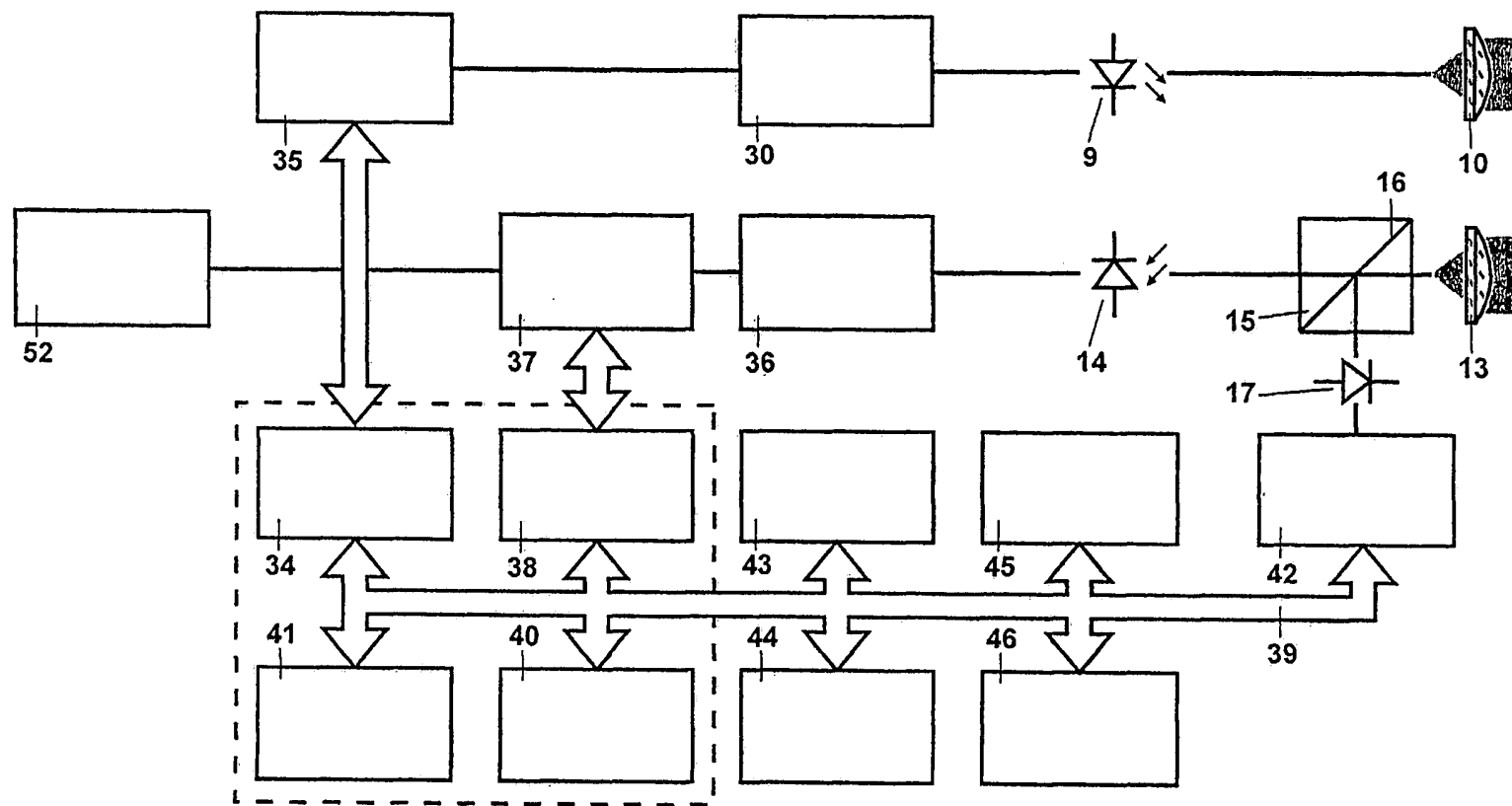


FIG. 4