

(19)



REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: **AT 411 402 B**

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 1789/2001
(22) Anmeldetag: 14.11.2001
(42) Beginn der Patentdauer: 15.05.2003
(45) Ausgabetag: 29.12.2003

(51) Int. Cl.⁷: **G01S 17/88**
G01S 17/08

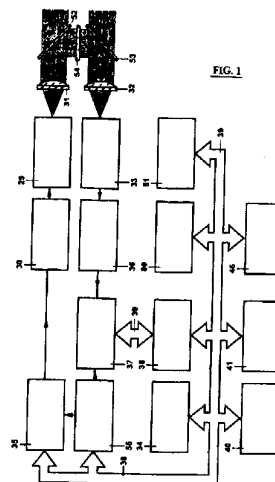
(73) Patentinhaber:

RIEGL LASER MEASUREMENT SYSTEMS GMBH
A-3580 HORN, NIEDERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN ZUR ENTFERNMUNGSMESSUNG MIT EINEM OPTO-ELEKTRONISCHEN ENTFERNMUNGSMESSER

AT 411 402 B

(57) Verfahren zur Entfernungsmessung mit einem Laser-Entfernungsmesser, welcher kontinuierlich Folgen von Laser-Impulsen (82) aussendet, die in einer Empfangseinrichtung (33) für die Echo-Impulse in elektrische Signale umgesetzt werden, und in einer Auswerteeinrichtung aus der Laufzeit der Impulse Entfernungswerte ermittelt werden, wobei ferner Referenzsignale (83) mit definierter Laufzeit generiert und der Empfangseinrichtung (33) zugeführt werden und aus der Abweichung zwischen dem Soll- und dem Istwert der Laufzeit der Referenzsignale (83) ein Wert ermittelt wird, der zur Korrektur der Entfernungsmesswerte benutzt wird, wobei die Referenzsignale in einer mehrzielfähigen Zeitmesseinrichtung (34,37,38) verarbeitet werden und zur Vermeidung von Übersteuerungen einen relativ kleinen Pegel aufweisen, wobei zur Reduktion der statistischen Schwankung des Referenzwertes anschließend eine Durchschnittswertbildung, vorzugsweise in Form einer gleitenden und rückgekoppelten Durchschnittswertbildung mit sogen. Vergessensfaktor, für die ermittelten Laufzeiten der Referenzsignale durchgeführt wird.



Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Entfernungsmessung mit einem optoelektronischen Entfernungsmesser nach einem Signal-Laufzeitverfahren mit einer Sendeeinrichtung, welche kontinuierlich bzw. quasi kontinuierlich Folgen von optischen Impulsen, insbes. von Laser-Impulsen aussendet, die in einer Empfangseinrichtung für die optischen Impulse, die von im Zielraum befindlichen Objekten reflektiert werden, in elektrische Signale umgesetzt werden, und die elektrischen Signale der Sendeeinrichtung und der Empfangseinrichtung einer Auswerteeinrichtung, die eine Zeitmesseinrichtung umfasst, zugeführt werden, in welcher aus der Laufzeit der Impulse Entfernungswerte ermittelt werden, wobei ferner Referenzsignale mit definierter Laufzeit von der Sendeeinrichtung generiert und der Empfangseinrichtung, vorzugsweise optisch über in den Strahlengängen von Sende- und Empfangseinrichtung angeordneten Glasfaser-Lichtleiter oder elektrisch durch Ableitung elektrischer Pulse von der Sendeeinrichtung zugeführt werden wobei aus der Abweichung zwischen dem Soll- und dem Istwert der Laufzeit der Referenzsignale ein Wert ermittelt wird, der zur Korrektur der Entfernungsmesswerte benutzt wird. Verfahren zur kontinuierlichen Kalibrierung von Entfernungsmessern sind bereits vorgeschlagen worden. So ist z.B. in der DE 101 05 774 A1 ein Laserscanner beschrieben, bei welchem aus dem Strahlengang des Laser-Senders mit einem Lichtleiter Licht abgezweigt und dem Empfänger zugeführt wird. Eine Schwierigkeit bei dieser und ähnlichen Lösungen besteht darin, dass Referenzimpulse, die zu hinreichend geringen statistischen Schwankungen in der Entfernungsmessung führen, die Empfangseinrichtung übersteuern und damit Messimpulse, welche die Empfangseinrichtung mit geringer Amplitude erreichen, überdecken bzw. verfälschen.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zeitlich vor den Messimpulsen Referenzimpulse generiert werden, welche auf optischem oder elektrischem Weg der Empfangseinrichtung zugeführt und in einer mehrzielfähigen Zeitmesseinrichtung verarbeitet werden, wobei diese Referenzimpulse zur Vermeidung von Übersteuerungen einen relativ kleinen Pegel aufweisen und zur Reduktion der statistischen Schwankung des Referenzwertes anschließend eine Durchschnittswertbildung, vorzugsweise in Form einer gleitenden und rückgekoppelten Durchschnittswertbildung mit dem sogen. Vergessensfaktor, für die durch die Auswerteeinrichtung ermittelten Laufzeiten der Referenzsignale durchgeführt wird, wobei dieser Durchschnittswert in an sich bekannter Weise zur Korrektur der zugehörigen Entfernungsmesswerte herangezogen wird.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels und unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Die Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild eines Laser-Entfernungsmessers gemäß der Erfindung, die Fig. 2 zeigt in einem Zeit-Diagramm die Sende- und Empfangsimpulse. In der Fig. 3 ist das Blockschaltbild einer Variante zu der in der Fig. 1 gezeigten Einrichtung dargestellt.

Die Figur 1 zeigt in Form eines Blockdiagramms schematisch den Aufbau des Steuergerätes 3 des Laser-Scanners gemäß der Erfindung. Mit 30 ist eine Laser-Ansteuereinheit bezeichnet, der einen Impulsgenerator umfasst, welcher kontinuierlich bzw. quasi-kontinuierlich eine Folge von Impulsen abgibt und damit eine Laserdiode 29 ansteuert. Getriggert wird die Ansteuereinheit 30 vom Mikroprozessor 34, gegebenenfalls über einen Verzögerungsgenerator 35. Der Laserdiode 29 ist eine Optik 31 vorgeschaltet, welche die Emitterzone des Lasers 29 vorzugsweise ins Unendliche abbildet. Neben der Sendeoptik 31 ist eine Empfängeroptik 32 vorgesehen, deren optische Achse parallel zu der der Sendeoptik 31 ausgerichtet ist. Die Empfängeroptik 32 konzentriert die von einem im Strahlengang der Sendeoptik 31 befindlichem Ziel, im allgemeinen diffus reflektierte Strahlung auf einen Photodioden-Empfänger 33. Mit Vorteil wird als Empfangsdiode 33 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 33 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 29 emittiert.

Im Strahlengang der Optik 31 ist ein teildurchlässiger Spiegel 52 vorgesehen; über einen weiteren teildurchlässigen Spiegel 53 wird das aus dem Sende-Strahlengang ausgespiegelte Laser-Licht direkt dem Empfänger 33 zugeleitet. Um eine Übersteuerung des Empfangskanals zu ver-

meiden, wird zusätzlich ein Graufilter 54 in den Strahlengang eingebracht. Durch diese Einrichtung werden, entsprechend abgeschwächt, Anteile der von der Laser-Diode 29 ausgesendeten Impulse auf direktem Weg der Empfänger-Diode 33 zugeleitet. Das Diagramm gemäß Fig. 2 veranschaulicht Sende- und Empfangsimpulse. Mit 82 ist der Sendeimpuls bezeichnet, 83 ist der stark abgeschwächte Referenzimpuls, der nach einer definierten Zeit t_1 empfangen wird. Der von einem Ziel im Objektraum reflektierte Laser-Impuls 84 trifft nach einer Zeit t_2 auf die Empfänger-Diode 33.

Die von der Empfänger-Diode 33 empfangenen Signale werden in einer Verstärker- und Analog-Signalprozessorstufe 36 verstärkt, bearbeitet und in einer möglichen Ausführungsform dem Analog- / Digital-Converter 37 zugeleitet, der vom Clock-Generator 55 getaktet wird.

In dem A-/ D-Converter 37 werden der Referenzimpuls und der Echo-Impuls bzw. die Echo-Impulse digitalisiert. Die gesampelten Echo-Signale werden in einem Speicher 38 abgelegt und stehen für die weitere Verarbeitung durch den Prozessor 34 zur Verfügung. Der Empfangskanal ist mehrzielfähig ausgelegt und kann daher in einem Messzyklus die Laufzeiten mehrerer Impulse ermitteln.

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. Nach einer ersten Auswertung durch den Prozessor 34 werden die Rohdaten in einem entsprechenden Segment des Speichers 38 abgelegt. Durch die geringen Pegel der Referenzimpulse unterliegen die für diese ermittelten Laufzeiten einer starken statistischen Streuung, so dass diese nicht unmittelbar zu einer Kalibrierung des Systems herangezogen werden können. Sämtliche Daten können über eine Schnittstelle 44 ausgelesen werden, über welche andererseits dem Gerät Programmänderungen oder Befehle zugeleitet werden können. Die Schnittstelle 44 kann zusätzlich auch über ein Display verfügen.

Die Laufzeitwerte werden einem Diskriminator 80 zugeführt, der die Laufzeitwerte, die kleiner t_3 (Fig.2) sind einer Stufe 81 zuführt. Bei diesen Werten handelt es sich somit ausschließlich um Referenzwerte. In der Stufe 81 werden aus den Referenzwerten aufeinanderfolgender Messzyklen Durchschnittswerte errechnet, durch welche die statistischen Schwankungen ausgeglichen werden. Diese Durchschnittswertbildung erfolgt kontinuierlich in Form einer gleitenden und rückgekoppelten Durchschnittswertbildung mit dem sogen. Vergessensfaktor. Nach diesem Algorithmus werden der aktuelle Wert und die Werte aus der nächsten Vergangenheit voll berücksichtigt, während weiter zurückliegende Werte mit immer geringerem Gewicht in die Durchschnittswertbildung eingehen.

Aus der bekannten, durch die Geometrie des optischen Systems definierten Soll-Laufzeit des Referenzimpulses und der gemittelten Ist-Laufzeit wird ein Korrekturfaktor ermittelt, der für eine kontinuierliche Kalibrierung des Entfernungsmessers herangezogen wird. Eine allfällige Drift der verschiedenen Bauteile und Komponenten wird damit laufend ausgeglichen und dadurch eine maximale Messgenauigkeit erzielt.

Das Blockschaltbild gemäß Fig. 3 zeigt eine Alternative zu der oben beschriebenen Einrichtung, wobei für gleiche Teile bzw. Komponenten gleiche Bezugszeichen verwendet werden. Die Laseraansteuereinheit 30 wird in diesem Fall von einem Pulsgenerator 42 angesteuert, der seinerseits von dem Prozessor 34 getriggert wird. Von der Laseraansteuereinheit 30 wird ein elektrischer Referenzimpuls abgeleitet, wobei der Strompuls durch die Laserdioden 29 als Basis herangezogen wird. In der Stufe 47 wird ein Referenzpuls gebildet, der gegenüber dem von 30 abgeleiteten Puls abgeschwächt und zeitlich versetzt ist. Dieser Referenzimpuls wird schließlich bei 48 elektrisch in das Empfänger-Frontend eingekoppelt und wirkt damit parallel zur Photodiode 33. Durch die elektrische Einkopplung des Referenzsignals kann das optische System verglichen mit der Lösung gemäß Fig. 1 wesentlich vereinfacht werden. Die Einrichtung verfügt über eine mehrkanalige Zeitmesseinrichtung 49, eine sogen. TDC (time-to digital-converter). Dieser werden die diskriminierten Empfangsimpulse von der Analog-Signalprozessorstufe 36 zugeleitet, sowie ein von der Ansteuereinheit 30 direkt abgeleiteter Startimpuls. Vom TDC werden, bezogen auf einen beliebigen Referenzzeitpunkt, an den Prozessor 34 Zeitwerte für den Startimpuls, den Referenzimpuls und die vom Zielobjekt reflektierten Echo-Impulse (Zielimpulse) zugeleitet. Durch Differenzbildung der Zeitwerte einerseits der Referenz- und Zielimpulse und andererseits der Startimpulse berechnet der Prozessor die Roh-Laufzeitwerte. Der Prozessor führt auch die gleitende Durchschnittswertbildung der Referenzwerte durch.

Die Erfindung ist nicht auf das oben beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. So kann anstelle der beiden Teilungsspiegel 52 und 53 Licht aus dem Sendestrahlangang mit einem Lichtleiter in den Empfängerstrahlengang geleitet werden. Es ist zur Erzeugung eines Referenzimpulses auch möglich, anstelle einer optischen Kopplung zwischen Sende- und Empfangskanal ein Signal auf elektrischem Weg vom Lasertransmitter 30 direkt in den Verstärker 36 des Empfangskanals einzuspeisen.

Die Erfindung ist auch nicht auf Laser-Scanner beschränkt sondern kann mit den gleichen Vorteilen auch auf andere kontinuierlich arbeitende Entfernungsmesser angewendet werden, wie sie z.B. zur Abstandskontrolle für Kran- und andere Förderanlagen, als Andockhilfen für Flugzeuge an den Gates der Flughafengebäude oder zur Verkehrsüberwachung eingesetzt werden.

PATENTANSPRUCH:

Verfahren zur Aufnahme eines Objektraumes mit einem opto-elektronischen Entfernungsmesser nach einem Signal-Laufzeitverfahren mit einer Sendeeinrichtung., welche kontinuierlich bzw. quasi kontinuierlich Folgen von optischen Impulsen, insbes. von Laser-Impulsen aussendet, die in einer Empfangseinrichtung für die optischen Impulse, die von im Zielraum befindlichen Objekten reflektiert werden, in elektrische Signale umgesetzt werden und die elektrischen Signale der Sendeeinrichtung und der Empfangseinrichtung einer Auswerteeinrichtung, die eine Zeitmesseinrichtung umfaßt, zugeführt werden, in welcher aus der Laufzeit der Impulse Entfernungswerte ermittelt werden, wobei ferner Referenzsignale mit definierter Laufzeit von der Sendeeinrichtung generiert werden und der Empfangseinrichtung, vorzugsweise optisch über in den Strahlengängen von Sende- und Empfangseinrichtung angeordneten Glasfaser-Lichtleitern oder elektrisch durch Ableitung elektrischer Pulse von der Sendeeinrichtung, zugeführt werden, wobei aus der Abweichung zwischen dem Soll- und dem Istwert der Laufzeit der Referenzsignale ein Wert ermittelt wird, der zur Korrektur der Entfernungsmesswerte benutzt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

zeitlich vor den Mess-Impulsen Referenzimpulse generiert werden, welche auf optischem oder elektrischem Weg der Empfangseinrichtung zugeführt werden und in einer mehrzielfähigen Zeitmesseinrichtung verarbeitet werden, wobei diese Referenzimpulse zur Vermeidung von Übersteuerungen einen relativ kleinen Pegel aufweisen und zur Reduktion der statistischen Schwankung des Referenzwertes anschließend eine Durchschnittswertbildung, vorzugsweise in einer gleitenden und rückgekoppelten Weise mit dem sogen. Vergessensfaktor, für die durch die Auswerteeinrichtung ermittelten Laufzeiten der Referenzsignale durchgeführt wird, wobei dieser gleitende Durchschnitt in an sich bekannter Weise zur Korrektur der zugehörigen Entfernungsmesswerte herangezogen wird.

HIEZU 3 BLATT ZEICHNUNGEN

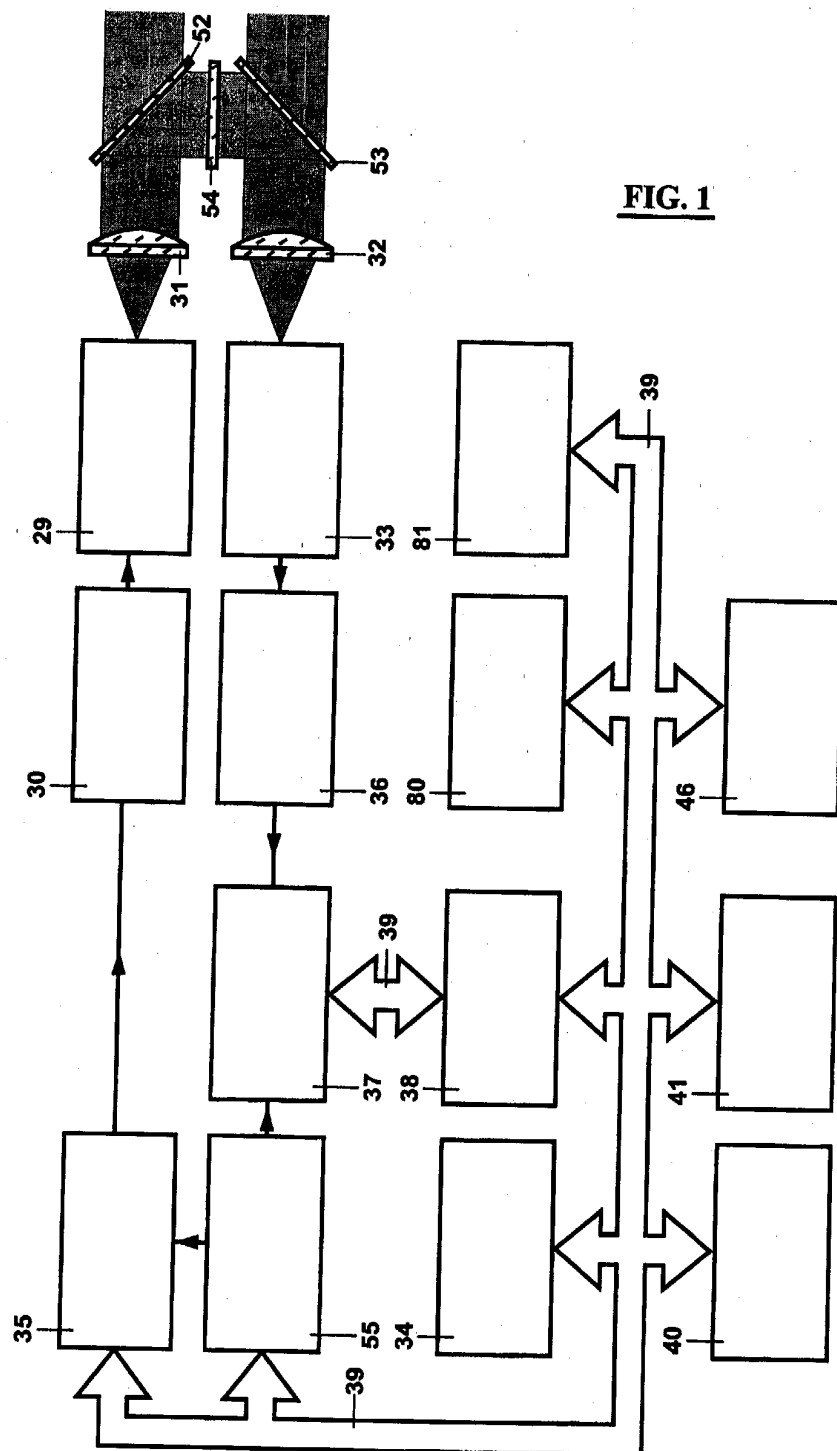


FIG. 1

FIG. 2

