

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 346/2010
(22) Anmeldetag: 04.03.2010
(43) Veröffentlicht am: 15.07.2011

(51) Int. Cl. : **G01S 17/89** (2006.01)
G01S 7/48 (2006.01)

(30) Priorität:
22.12.2009 AT A 2021/09 beansprucht.

(73) Patentanmelder:
RIEGL LASER MEASUREMENT SYSTEMS
GMBH
A-3580 HORN (AT)

(72) Erfinder:
RIEGER PETER DIPL.ING.
GROSSAU (AT)
ULLRICH ANDREAS DR.
GABLITZ (AT)
PFENNIGBAUER MARTIN DR.
TULLN (AT)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM LASERSCANNEN**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (14) zum Laserscannen, mit einem Laserscanner (1), der mit einem Meßstrahl (2) einen Abtastwinkel (α , Ω) überstreicht, um an seinem Ausgang (17) eine Folge (7) von winkelmäßig aufeinanderfolgenden Entfernungsmesspunkten (5) zu erzeugen, wobei an den Ausgang des Laserscanners (1) ein steuerbares Unterabtastglied angeschaltet ist, dessen Unterabtastung abhängig von der Winkelstellung des Meßstrahls (2) gesteuert ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Laserscannen mit Hilfe eines solchen Laserscanners.

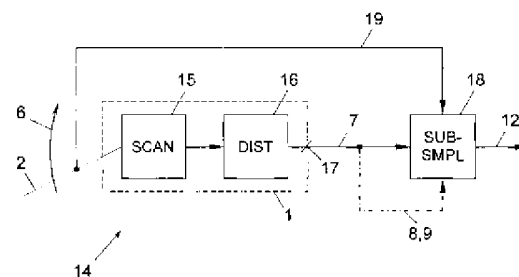
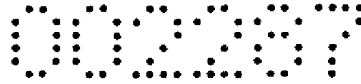


Fig. 5



Zusammenfassung:

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (14) zum Laserscannen, mit einem Laserscanner (1), der mit einem Meßstrahl (2) einen Abtastwinkel (α , Ω) überstreicht, um an seinem Ausgang (17) eine Folge (7) von winkelmäßig aufeinanderfolgenden Entfernungsmesspunkten (5) zu erzeugen, wobei an den Ausgang (17) des Laserscanners (1) ein steuerbares Unterabtastglied (18) angeschaltet ist, dessen Unterabtastung abhängig von der Winkelstellung des Meßstrahls (2) gesteuert ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Laserscannen mit Hilfe eines solchen Laserscanners.

(Fig. 5)

03590

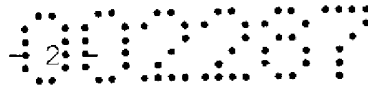
RIEGL Laser Measurement Systems GmbH
A-3580 Horn (AT)

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Laserscannen mit einem Laserscanner, der mit einem Meßstrahl einen Abtastwinkel überstreicht, um an seinem Ausgang eine Folge von winkelmäßig aufeinanderfolgenden Entfernungsmesspunkten zu erzeugen.

Moderne Laserscanner, wie der Laserscanner VMX[®] Typ 250 der Firma RIEGL Laser Measurement Systems GmbH in Horn, Österreich, arbeiten mit sehr hohen Meßraten, welche in kurzer Zeit zu enormen Datenmengen führen. Dies trifft insbesondere auf das sog. mobile Laserscannen („mobile laser scanning“, MLS) zu, bei dem ganze Straßenzüge während der Fahrt mit einem mobilen Laserscanner abgetastet werden, um ein 3D-Abbild des Straßenzuges in Form einer „Punktwolke“ aus Entfernungsmesspunkten zu erzeugen. Schon nach kurzer Zeit fallen hier Datenmengen im Bereich von Terabyte an, deren Nachbearbeitung und Auswertung sehr aufwendig, kostspielig und zeitraubend ist. Anwender von MLS-Systemen klagen daher heute schon oft über nicht mehr handhabbare Punktemengen.

Die Erfindung setzt sich zum Ziel, Vorrichtungen und Verfahren zu schaffen, welche dieses Problem überwinden.

Dieses Ziel wird in einem ersten Aspekt der Erfindung mit einer Vorrichtung zum Laserscannen erreicht, die einen Laserscanner der eingangs genannten Art umfaßt und sich dadurch



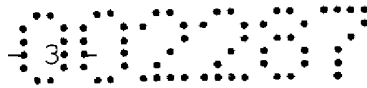
auszeichnet, daß an den Ausgang des Laserscanners ein steuerbares Unterabtastglied angeschaltet ist, dessen Unterabtastung abhängig von der Winkelstellung des Meßstrahls gesteuert ist.

In einem zweiten Aspekt schafft die Erfindung ein Verfahren zum Laserscannen auf Basis eines Laserscanners der genannten Art, das sich dadurch auszeichnet, daß die Folge mit einer variablen Unterabtastrate unterabgetastet wird, die abhängig von der Winkelstellung des Meßstrahls variiert wird.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß in bestimmten als „uninteressant“ bekannten Bereichen des Abtastwinkels, z.B. dem Fahrbahnboden beim mobilen Laserscannen, der Umfang der Scandaten ohne Abstriche in ihrer praktischen Verwertbarkeit reduziert werden kann, wenn sie dort - d.h. winkelstellungsabhängig - unterabgetastet („ausgedünnt“) werden.

Bevorzugt ist dazu die Unterabtastung in zumindest einem vorgegebenen Bereich innerhalb des Abtastwinkels stärker als außerhalb dieses Bereichs, und insbesondere bevorzugt wird sie dort auf einen vorgegebenen Wert festgesetzt.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die Unterabtastung zusätzlich von der Entfernung der Entfernungsmeßpunkte abhängen, wobei die Unterabtastung umso stärker ist, je geringer die genannte Entfernung ist. Diese Ausführungsform beruht auf dem Umstand, daß bei Laserscannern der hier betrachteten winkelabtastenden Art sich eine starke Abhängigkeit der Punktabstände am Meßobjekt von der jeweils gemessenen Punktentfernung ergibt, was bei den bekannten



Laserscanvorrichtungen und -verfahren zu einer hohen Punktdichte im Nahbereich und einer geringen Punktdichte im Fernbereich der Punktwolke führt. Die Erfindung beruht demgemäß auch auf der Erkenntnis, daß der Umfang der Scandaten ohne Abstriche in ihrer praktischen Verwertbarkeit weiter reduziert werden kann, wenn sie zusätzlich entfernungsabhängig unterabtastet („ausgedünnt“) werden. Mit anderen Worten werden auch umso mehr Scandaten verworfen, je näher die gescannten Objekte sind. Diese Maßnahme kann innerhalb und/oder außerhalb der genannten vorgegebenen Bereiche vorgenommen werden.

Das erfindungsgemäße Unterabtastglied eignet sich aufgrund seines einfachen Aufbaus besonders für eine Echtzeit-Realisierung, d.h. während des laufenden Scanbetriebs („online“), um den Scandatenanfall bereits vor der Abspeicherung zu reduzieren. Alternativ könnte die Unterabtastung auch erst nach einer Rohspeicherung der gesamten Scandaten angewandt werden („offline“), um lediglich ihre Auswertung zu vereinfachen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung mittels das Unterabtastglied die genannte Entfernung jeweils über die letzten vorangegangenen Entfernungsmeßpunkte. Dies eignet sich ebenfalls für eine Echtzeit-Implementierung, weil hierfür lediglich die jeweils letzten Entfernungsmeßpunkte in einem Ringpuffer zwischengespeichert werden müssen.

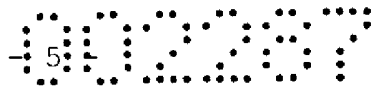
Besonders günstig ist es, wenn das Unterabtastglied so gesteuert ist, daß der in Überstreichrichtung gemessene Abstand



zwischen aufeinanderfolgenden Entfernungsmesspunkten der unterabgetasteten Folge im wesentlichen konstant ist.

Die Erfindung eignet sich auch für den Einsatz bei sog. „mehrzielfähigen“ Laserscannern, das sind Laserscanner, die pro Winkelstellung mehrere in Meßstrahlrichtung hintereinanderliegende Entfernungsmesspunkte erzeugen können. Solche Mehrzielsituationen treten auf, wenn der Laserstrahl auf mehrere in seinem Strahlquerschnitt liegende, in der Entfernung gestaffelte Ziele trifft, beispielsweise Blattwerk oder Zäune vor einem größeren Objekt im Hintergrund, an Objektkanten, od.dgl. Auch in solchen Situationen kann die Erfindung mit Vorteil eingesetzt werden, wenn für die Bildung der Folge nur die jeweils hintersten Entfernungsmesspunkte verwendet und auch jeweils diese Entfernungsmesspunkte zur Steuerung der Unterabtastrate herangezogen werden, d.h. das Unterabtaastglied nur von den Entfernungen der jeweils hintersten Entfernungsmesspunkte einer Winkelstellung gesteuert ist und seine Unterabtaastung nur auf die jeweils hintersten Entfernungsmesspunkte anwendet. Die jeweils in einer Winkelstellung weiter vorne liegenden Entfernungsmesspunkte werden nicht unterabgetastet bzw. „ausgedünnt“ und passieren die Vorrichtung unverändert.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Unterabtaastung zusätzlich vom Reflexionsvermögen der abgetasteten Objekte abhängt. Auf diese Weise kann die Auflösung bei „interessanten“ Objekten im Nahbereich, welche sich durch ein von ihrer Umgebung unter-



schiedliches Reflektionsvermögen auszeichnen, selektiv erhöht werden. Solche Objekte können beispielsweise ein reflektierender Mittel- oder Randstreifen der Straße sein, für dessen genaue Lagebestimmung eine lokal erhöhte Punktauflösung von Vorteil ist. Bevorzugt ist die Unterabtastung daher umso stärker, je geringer das Reflexionsvermögen der abgetasteten Objekte ist, um eine selektive Erhöhung der Auflösung von hochreflektierenden Objekten im Nahbereich zu erreichen.

Gemäß einem weiteren bevorzugten Merkmal der Erfindung überstreicht der Meßstrahl in an sich bekannter Weise den Abtastwinkel mit einer im wesentlichen konstanten Winkelgeschwindigkeit, sodaß sich die Vorrichtung und das Verfahren besonders für herkömmliche Laserscanner mit kontinuierlich rotierenden Spiegeln zur Lenkung des Meßstrahls eignen.

Weitere Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtungen und Verfahren ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, welches auf die begleitenden Zeichnungen Bezug nimmt, in denen zeigen:

die Fig. 1 bis 3 schematisch den Strahlverlauf eines winkelmäßig abtastenden Laserscanners beim Auftreffen auf Objekte in unterschiedlicher Entfernung in einer Perspektivansicht, einer Vorderansicht bzw. einer Schnittansicht in der Ebene einer Scanzeile;

die Fig. 4a bis 4c die Scanzeile von Fig. 3 als Folge von Entfernungsmeßpunkten vor, während und nach dem Unterabtastschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens; und



Fig. 5 ein Blockschaltbild der Vorrichtung der Erfindung.

In den Fig. 1 bis 3 und 5 ist ein Laserscanner 1 gezeigt, der mit einem Meßstrahl 2 einen Abtastwinkel überstreicht. Der Abtastwinkel kann ein Raumwinkel Ω sein, wie in Fig. 1 gezeigt, der nach einem bestimmten Abtastmuster, z.B. zeilenweise, vom Meßstrahl 2 überstrichen wird, wie es z.B. bei 3D-Laserscannern der Fall ist. Alternativ kann der Abtastwinkel auch lediglich ein flächiger Winkel α sein, wie es in Fig. 3 für eine der Scan- bzw. Abtastzeilen des 3D-Laser-Scanners 1 gezeigt ist, d.h. der Laserscanner 1 kann auch ein sog. 2D-Laserscanner sein.

Sowohl der Raumwinkel Ω eines 3D-Laserscanners 1 als auch der Abtastwinkel α eines 2D-Laserscanners 1 können beliebig groß sein, z.B. der Raumwinkel Ω bis zu 4π srad (eine volle Kugeloberfläche) oder der Flächenwinkel α bis zu 2π rad (ein voller Kreisumfang).

Der Meßstrahl 2 des Laserscanners 1 kann sowohl ein kontinuierlicher als auch ein gepulster Laserstrahl sein, aus dessen Reflexion an einem Meßpunkt eines Objektes 3, 4 in herkömmlicher Art und Weise - z.B. mittels Interferenz- bzw. Phasenmessung zwischen ausgesandtem und reflektiertem Laserstrahl oder mittels Impulslaufzeitmessung bei gepulstem Laserstrahl - die Entfernung des Meßpunktes ermittelt werden kann.

Das Überstreichen des Abtastwinkels α , Ω mit dem Meßstrahl 2 liefert dementsprechend eine Folge von Entfernungsmeßpunkten 5 („Punktewolke“) der solcherart abgetasteten Oberflächen der

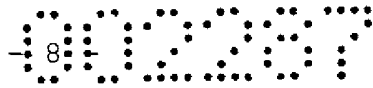


Objekte 3, 4. Beispielsweise ergibt sich bei dem in Fig. 3 gezeigten Überstreichen des Abtastwinkels α in Überstreichrichtung 6 eine Folge 7 von winkelmäßig aufeinanderfolgenden Entfernungsmeßpunkten 5, wie sie in Fig. 4a gezeigt ist.

Um eine unnötig hohe Auflösung naher Objekte (hier des Objektes 3) in der Punktwolke zu vermeiden, kann die Folge 7 abhängig von der jeweiligen Entfernung 8, 9 der Entfernungsmeßpunkte 5 unterabgetastet werden, wie in den Fig. 4b und 4c aufeinanderfolgend dargestellt. Die Unterabtastrate, d.h. das Ausmaß bzw. die „Stärke“ der Unterabtastung, ist dabei umso größer, je geringer die jeweilige Entfernung 8, 9 ist.

Dies ist aus Fig. 4b ersichtlich, wonach in einem ersten Abschnitt 10 der Folge 7, in welchem die Entfernungsmeßpunkte 5 die größere Entfernung 9 zum hinteren Objekt 4 haben, die Unterabtastrate 1:1 (= keine Unterabtastung) ist, wogegen in einem zweiten Abschnitt 11, in welchem die Entfernungsmeßpunkte 5 die geringere Entfernung 8 zum vorderen Objekt 3 haben, die Unterabtastrate 2:1 beträgt. Im Abschnitt 11 wird somit nur jeder zweite Entfernungsmeßpunkt 5 für die weitere Verarbeitung behalten und jeder andere zweite Entfernungsmeßpunkt 5 verworfen. Im Ergebnis (Fig. 4c) führt dies im bestmöglichen Fall zu einer unterabgetasteten Folge 12 mit Entfernungsmeßpunkten 5, die jeweils in Überstreichrichtung 6 gemessen einen im wesentlichen konstanten Abstand A (siehe Fig. 3) haben.

Die Unterabtastrate wurde im vorliegenden Beispiel als Verhältnis von „ursprünglicher“ Meßrate zu „ausgedünnter“ Meß-

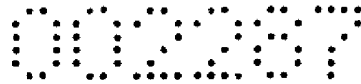


rate definiert. Es versteht sich, daß auch andere Definitionen der Unterabtastrate verwendet werden können, solange die Unterabtastung umso stärker ist, je geringer die Entfernung ist.

Die Entfernung 8, 9 der Entfernungsmeßpunkte 5, welche die Unterabtastrate bestimmt, wird bevorzugt über die jeweils zuletzt vorangegangenen Entfernungsmeßpunkte 5 gemittelt, wie durch das gleitende Mittelungsfenster 13 in Fig. 4b angedeutet.

In einer Variante des geschilderten Verfahrens kann die Unterabtastrate nicht nur von der Entfernung, sondern auch vom Reflektionsvermögen der abgetasteten Objekte 3, 4 abhängen. Das Reflexionsvermögen läßt sich aus den Amplituden- bzw. Helligkeitswerten der Entfernungsmeßpunkte 5 unter Berücksichtigung der bekannten Gesetzmäßigkeit, daß die reflektierte Helligkeit (Amplitude) von der Entfernung abhängt, ermitteln. Damit kann die Unterabtastrate z.B. für höherreflektierende Objekte im Nahbereich selektiv wieder verringert werden, d.h. dort die Folge 7 lokal weniger stark ausgedünnt werden, um die Punktauflösung vorübergehend zu erhöhen.

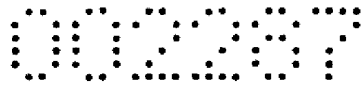
Die weitere Abhängigkeit der Unterabtastrate vom Reflexionsvermögen der abgetasteten Objekte bzw. von den Amplituden bzw. Helligkeitswerten der Entfernungsmeßpunkte kann mit der erörterten ersten Abhängigkeit der Unterabtastrate von der Entfernung der Entfernungsmeßpunkte auf beliebige Weise kombiniert werden, z.B. durch Verknüpfung in einer Gewichtungsfunktion, deren Ergebnis die Unterabtastrate steuert.



Wenn der Laserscanner 1 ein mehrzielfähiger Laserscanner ist, der pro Winkelstellung seines Meßstrahls 2 mehrere in Richtung des Meßstrahls 2 hintereinanderliegende Entfernungsmesspunkte 5 erzeugen kann, dann wird die Unterabtastrate bevorzugt nur von den Entfernungen 8, 9 der jeweils hintersten (entferntesten) mehrerer hintereinanderliegender Entfernungsmesspunkte 5 gesteuert. Ferner wird die unterabzutastende Folge 7 nur aus diesen jeweils hintersten Entfernungsmesspunkten 5 gebildet, d.h. die jeweils in einer Winkelstellung des Laserscanners 1 weiter vorne liegenden Entfernungsmesspunkte 5 werden nicht unterabgetastet bzw. ausgedünnt.

Innerhalb des Abtastwinkels α , Ω können auch vorgegebene (Winkel-)Bereiche definiert werden, in denen die Unterabtastrate auf einen vorgegebenen Wert festgesetzt wird, z.B. einen hohen Wert, um dort die Punktwolke stark auszudünnen. Dies kann nützlich sein, um die Punktauflösung in bestimmten Abtastwinkelbereichen des Laserscanners, die aufgrund seiner Einbaulage z.B. häufig abgeschattet sind oder wenig Relevantes scannen, wie den Fahrbahnboden, auf geringeren Wert, einen geringeren Wertebereich, oder z.B. auf einen vorgegebenen Mindestwert zu reduzieren.

In dem bzw. den genannten vorgegebenen Bereich(en) kann die Unterabtastrate auch zusätzlich entfernungsabhängig sein, beispielsweise mit verstärkter oder verringerter Entfernungsempfindlichkeit gegenüber dem restlichen Abtastwinkel. Alternativ kann die Unterabtastrate ausschließlich von der Winkel-

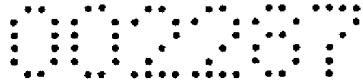


stellung des Meßstrahls 2 abhängig sein, d.h. ohne jedwede
Entfernungsabhängigkeit, beispielsweise auch jeweils auf ver-
schiedene vorgegebene Werte(bereiche) für verschiedene Berei-
che des Abtastwinkels α , Ω festgesetzt.

Alternativ kann die Unterabtastrate gemäß einer beliebigen
vorgegebenen Funktionsbeziehung - ausschließlich oder zusätz-
lich zu den erörterten Abhängigkeiten von der Entfernung
und/oder dem Reflexionsvermögen der Entfernungsmeßpunkte bzw.
abgetasteten Objekte - von der Winkelstellung des Meßstrahls 2
abhängig sein.

Fig. 5 zeigt eine beispielhafte Ausführungsform einer Vor-
richtung 14 zur Durchführung des erörterten Laserscanverfah-
rens. Die Vorrichtung 14 umfaßt zum einen den Laserscanner 1,
der sich wie hier dargestellt aus einem optisch-elektronisch-
mechanischen Laserscanmodul 15 und einer nachgeschalteten
elektronischen Entfernungsmeßeinrichtung 16 zusammensetzt, um
die Entfernungsmeßpunkte 5 zu ermitteln, welche an einem Aus-
gang 17 als Folge 7 zur Verfügung stehen.

An den Ausgang 17 ist ein Unterabtastglied 18 angeschal-
tet, dessen Unterabtastrate von der Winkelstellung des Meß-
strahls 2 gesteuert ist (Pfeil 19), wie weiter oben erläutert.
Optional kann die Unterabtastrate zusätzlich von den jeweili-
gen (gegebenenfalls gemittelten) Entfernungen 8, 9 der Entfer-
nungsmeßpunkte 5 der Folge 7 gesteuert sein. Die am Ausgang
des Unterabtastglieds 18 erhaltene unterabgetastete Folge 12



kann anschließend der weiteren Verarbeitung und Auswertung zugeführt werden, wie in der Technik bekannt.

Wenn der Laserscanner 1 wie oben erörtert ein mehrzielfähiger Laserscanner ist, dann wird die Unterabtastrate des Unterabtastglieds 18 - wenn sie auch entfernungsabhängig gesteuert ist - nur von den Entfernungen 8, 9 der jeweils hintersten Entfernungsmesspunkte 5 einer Winkelstellung des Laserscanners 1 gesteuert und das Unterabtastglied 18 wendet die entfernungsabhängige Unterabtastfunktion auch nur auf diese jeweils hintersten Entfernungsmesspunkte 5 an. Die jeweils in einer Winkelstellung weiter vorne liegenden Entfernungsmesspunkte 5 passieren das Unterabtastglied 18 unverändert oder winkelstellungsabhängig unterabgetastet.

Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsformen beschränkt, sondern umfaßt alle Varianten und Modifikationen, die in den Rahmen der angeschlossenen Ansprüche fallen.

Patentansprüche:

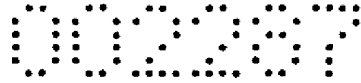
1. Vorrichtung zum Laserscannen, mit einem Laserscanner (1), der mit einem Meßstrahl (2) einen Abtastwinkel (α , Ω) überstreicht, um an seinem Ausgang (17) eine Folge (7) von winkelmäßig aufeinanderfolgenden Entfernungsmeßpunkten (5) zu erzeugen, dadurch gekennzeichnet, daß an den Ausgang (17) des Laserscanners (1) ein steuerbares Unterabtastglied (18) angeschaltet ist, dessen Unterabtastung abhängig von der Winkelstellung des Meßstrahls (2) gesteuert ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterabtastung in zumindest einem vorgegebenen Bereich innerhalb des Abtastwinkels (α , Ω) stärker ist als außerhalb dieses Bereichs.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterabtastung in zumindest einem vorgegebenen Bereich innerhalb des Abtastwinkels (α , Ω) auf einen vorgegebenen Wert festgesetzt ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterabtastung zusätzlich von der Entfernung (8, 9) der Entfernungsmeßpunkte (5) abhängt, wobei die Unterabtastung umso stärker ist, je geringer die genannte Entfernung (8, 9) ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Unterabtastglied (18) so gesteuert ist, daß außerhalb des vorgegebenen Bereichs der in Überstreichrichtung (6) ge-



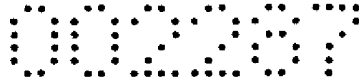
messene Abstand (A) zwischen aufeinanderfolgenden Entfernungsmesspunkten (5) der unterabgetasteten Folge (12) im wesentlichen konstant ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, mit einem mehrzielfähigen Laserscanner, der pro Winkelstellung mehrere in Meßstrahlrichtung hintereinanderliegende Entfernungsmesspunkte erzeugen kann, dadurch gekennzeichnet, daß das Unterabtastglied (18) von den Entfernungen (8, 9) der jeweils hintersten Entfernungsmesspunkte (5) einer Winkelstellung gesteuert ist und seine Unterabtastung nur auf die jeweils hintersten Entfernungsmesspunkte (5) anwendet.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterabtastung zusätzlich vom Reflexionsvermögen der abgetasteten Objekte (3, 4) abhängt, wobei die Unterabtastung umso stärker ist, je geringer das Reflexionsvermögen der abgetasteten Objekte (3, 4) ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßstrahl (2) den Abtastwinkel (α , Ω) mit einer im wesentlichen konstanten Winkelgeschwindigkeit überstreicht.

9. Verfahren zum Laserscannen mittels eines Laserscanners (1), der mit einem Meßstrahl (2) einen Abtastwinkel (α , Ω) überstreicht, um eine Folge (7) von winkelmäßig aufeinanderfolgenden Entfernungsmesspunkten (5) zu erzeugen, dadurch gekennzeichnet, daß die Folge (7) mit einer variablen Unterab-



tastrate unterabgetastet wird, die abhängig von der Winkelstellung des Meßstrahls (2) variiert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterabtastrate in zumindest einem vorgegebenen Bereich innerhalb des Abtastwinkels (α , Ω) stärker ist als außerhalb dieses Bereichs.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterabtastrate in zumindest einem vorgegebenen Bereich innerhalb des Abtastwinkels (α , Ω) auf einen vorgegebenen Wert festgesetzt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterabtastrate zusätzlich abhängig von der Entfernung (8, 9) der Entfernungsmeßpunkte (5) variiert wird, wobei die Unterabtastung umso stärker ist, je geringer die genannte Entfernung (8, 9) ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterabtastrate so variiert wird, daß außerhalb des vorgegebenen Bereichs der in Überstreichrichtung (6) gemessene Abstand (A) zwischen aufeinanderfolgenden Entfernungsmeßpunkten (5) der unterabgetasteten Folge (12) im wesentlichen konstant ist.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13 zum Laserscannen mittels eines mehrzielfähigen Laserscanners, der pro Winkelstellung mehrere in Meßstrahlrichtung hintereinanderliegende Entfernungsmeßpunkte erzeugen kann, dadurch gekennzeichnet, daß für die Bildung der Folge (7) nur die jeweils hintersten



Entfernungsmeßpunkte (5) verwendet und auch jeweils diese Entfernungsmeßpunkte (5) zur Steuerung der Unterabtastrate herangezogen werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterabtastung zusätzlich vom Reflexionsvermögen der abgetasteten Objekte (3, 4) abhängt, wobei die Unterabtastung umso stärker ist, je geringer das Reflexionsvermögen der abgetasteten Objekte (3, 4) ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßstrahl (2) den Abtastwinkel (α , Ω) mit einer im wesentlichen konstanten Winkelgeschwindigkeit überstreicht.

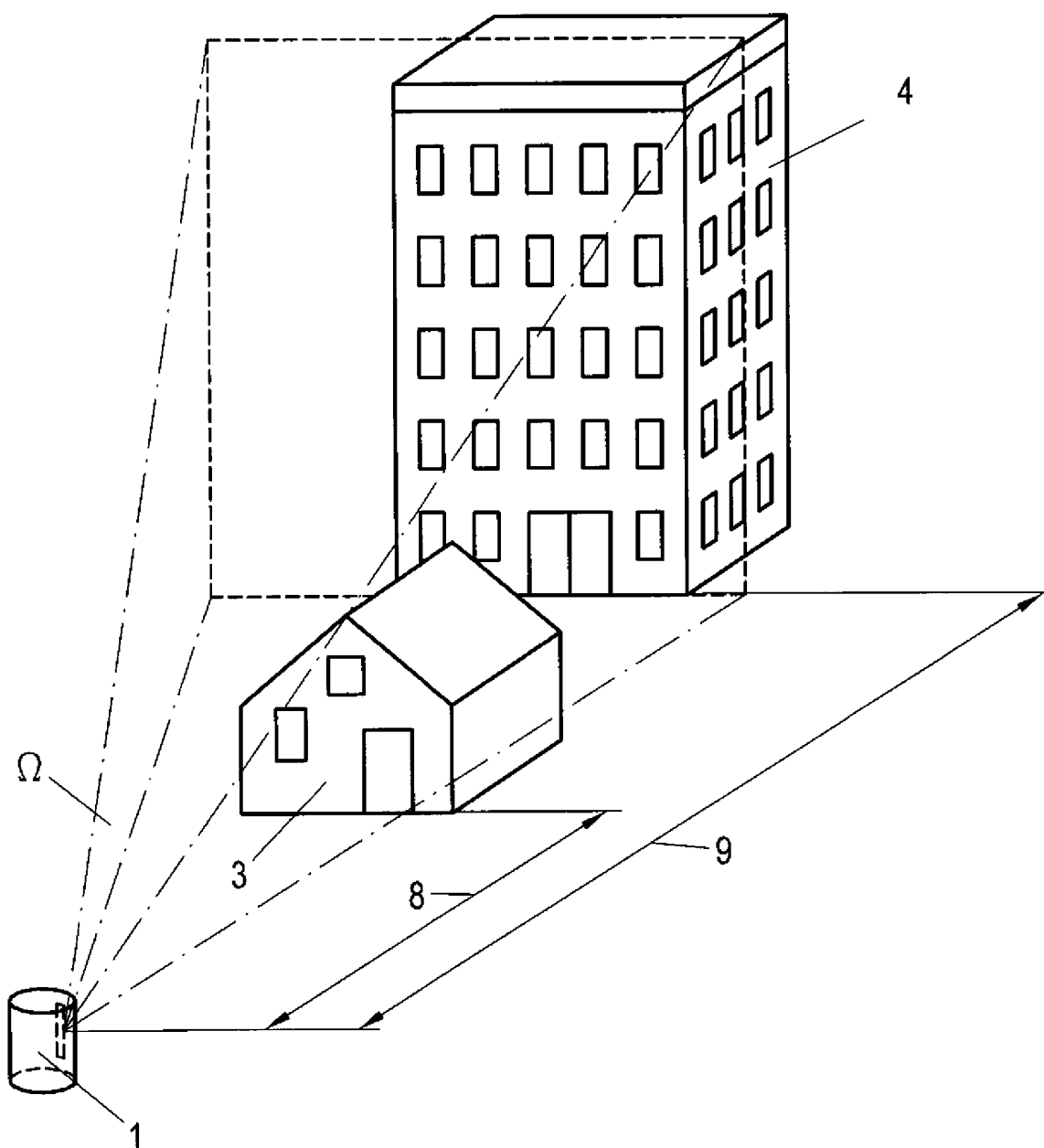
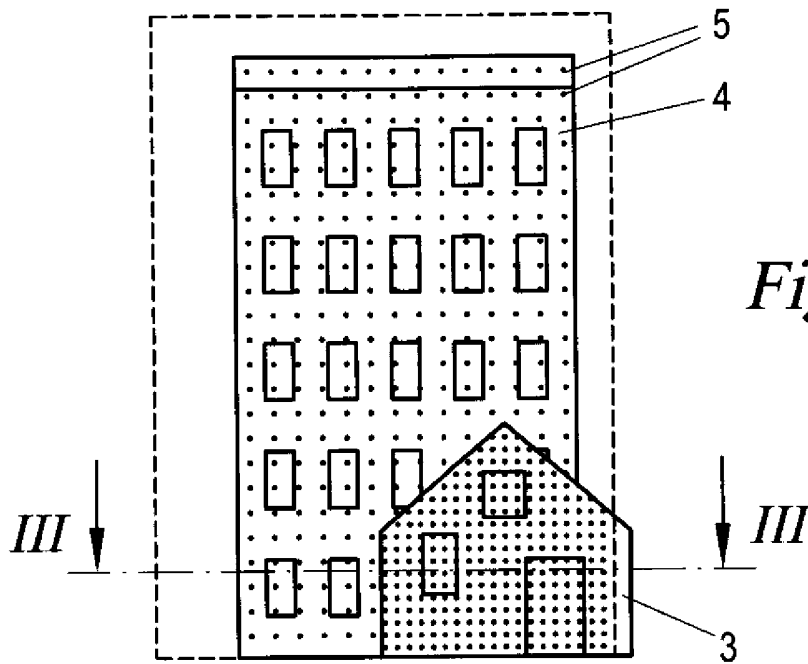
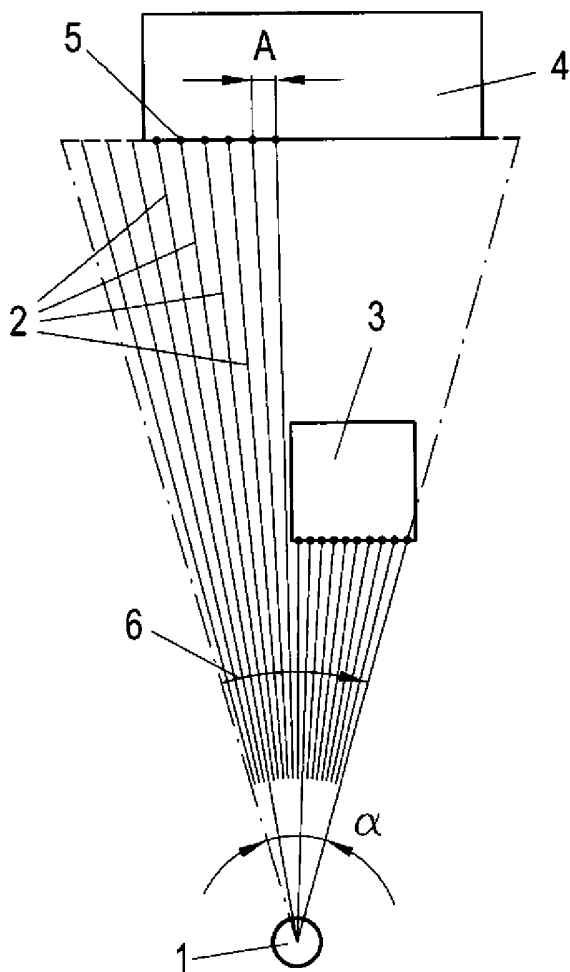


Fig. 1

*Fig. 2**Fig. 3*

00207

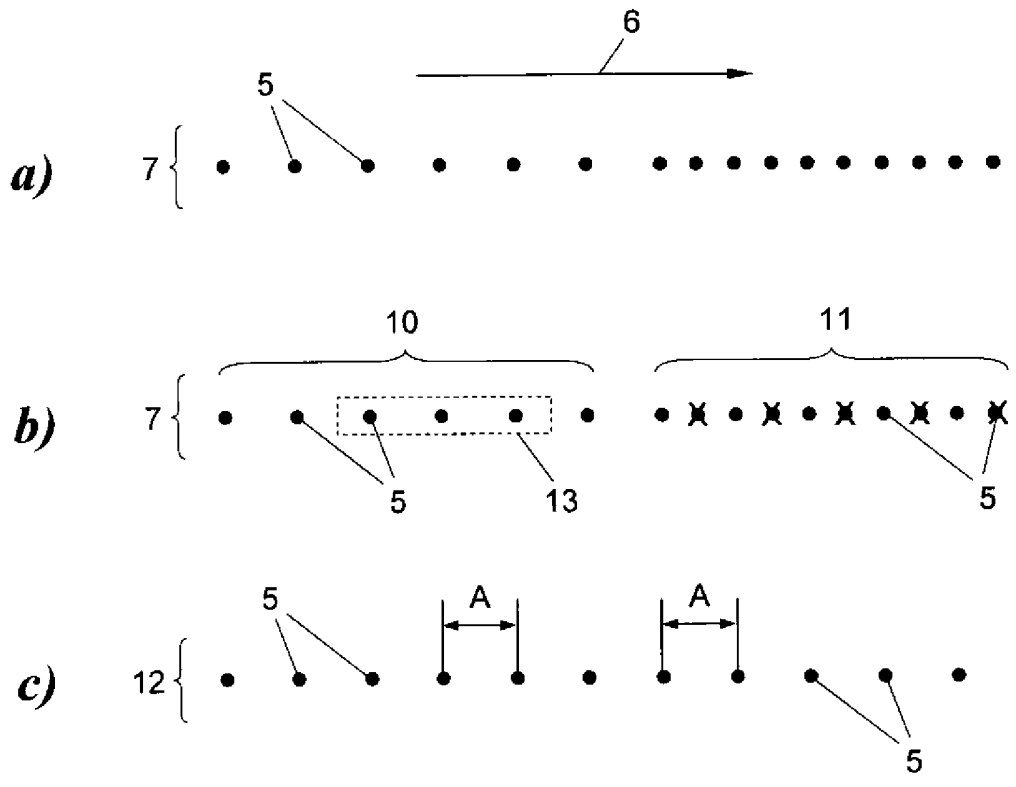


Fig. 4

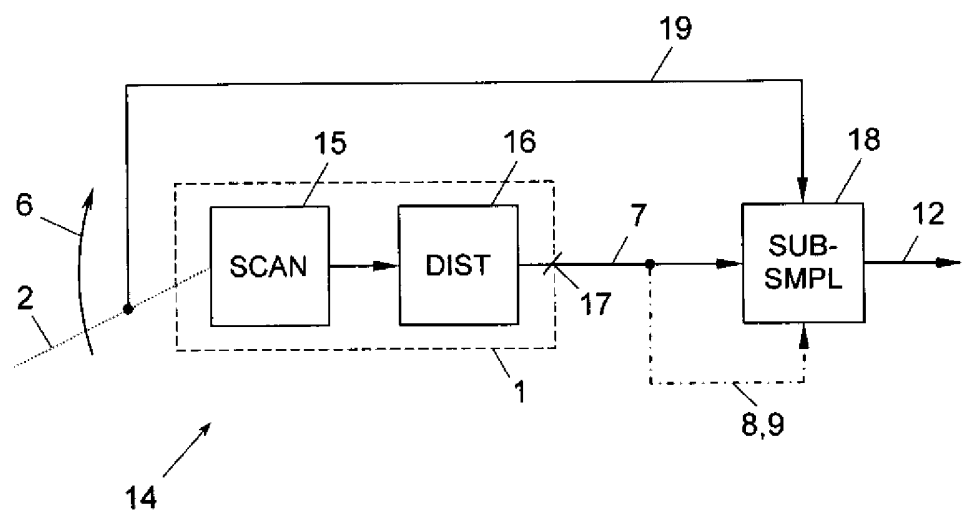


Fig. 5

