



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2008 014 912.8
(22) Anmelddatag: 19.03.2008
(43) Offenlegungstag: 24.09.2009
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 19.01.2023

(51) Int Cl.: **G01S 17/48 (2006.01)**
G01S 7/48 (2006.01)
A47L 9/28 (2006.01)
A47L 11/40 (2006.01)
G01S 17/93 (2020.01)
G01C 3/06 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Vorwerk & Co. Interholding GmbH, 42275
Wuppertal, DE**

(74) Vertreter:
**Rieder & Partner mbB Patentanwälte -
Rechtsanwalt, 42329 Wuppertal, DE**

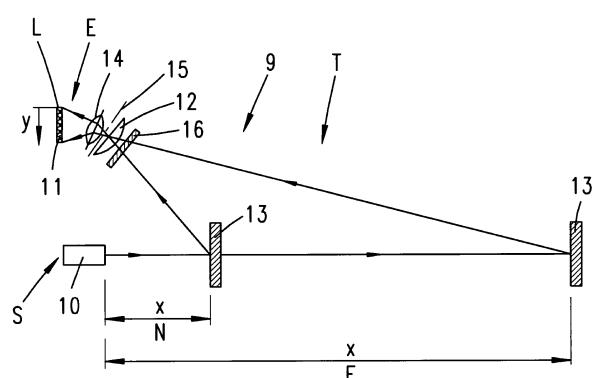
(72) Erfinder:
**Meyer, Frank, 58640 Iserlohn, DE; Wallmeyer,
Mario, 40219 Düsseldorf, DE; Zuber, Daniel, Dr.,
42111 Wuppertal, DE; Windorfer, Harald, Dr., 40822
Mettmann, DE; Meggle, Martin, 33442 Herzebrock-
Clarholz, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

| | | |
|----|-----------------|----|
| DE | 38 21 892 | C1 |
| DE | 101 14 362 | A1 |
| DE | 101 45 150 | A1 |
| DE | 102 20 037 | A1 |
| DE | 197 57 847 | A1 |
| DE | 10 2004 001556 | A1 |
| DE | 10 2005 012 107 | A1 |
| DE | 10 2007 004 609 | A1 |
| DE | 698 05 598 | T2 |

(54) Bezeichnung: **Selbsttätig verfahrbare Bodenstaub-Aufsammlergerät**

(57) Hauptanspruch: Selbsttätig verfahrbare Bodenstaub-Aufsammlergerät (1), nämlich Reinigungsroboter, mit elektromotorisch angetriebenen Verfahrrädern (3), einem Gerätekörper, einem Staubsammelbehälter und einer Gerätehaube (6), wobei das Bodenstaub-Aufsammlergerät (1) mit einer Hinderniserkennung versehen ist, wobei die Hinderniserkennung ein optisches Triangulationssystem (T) ist mit einer Lichtquelle (10, 10') und einer ein optisches Element in Form einer Empfängerlinse (12) für die reflektierten Lichtstrahlen und ein lichtempfindliches Element (11) aufweisenden Empfängereinheit (E), wobei die Lichtstrahlen in der Empfängereinheit (E) so beeinflusst sind, dass es nach einer Bündelung durch die Empfängerlinse (12) zumindest zugeordnet zu größeren realen Entfernungen zu dem Hindernis (13, 13') zu größeren Abständen der auftreffenden Lichtstrahlen auf dem lichtempfindlichen Element (11) kommt, dadurch gekennzeichnet, dass das Triangulationssystem (T) beweglich aufgehängt ist und/oder kardanisch aufgehängt ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein selbsttätig verfahrbares Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, mit elektromotorisch angetriebenen Verfahrrädern, einem Gerätegehäuse, einem Staubsammelbehälter und einer Gerätehaube, wobei das Bodenstaub-Aufsammelgerät mit einer Hinderniserkennung versehen ist, wobei die Hinderniserkennung ein optisches Triangulationssystem ist mit einer Lichtquelle und einer ein optisches Element in Form einer Empfängerlinse für die reflektierten Lichtstrahlen und ein lichtempfindliches Element aufweisenden Empfängereinheit, wobei die Lichtstrahlen in der Empfängereinheit so beeinflusst sind, dass es nach einer Bündelung durch die Empfängerlinse zumindest zugeordnet zu größeren realen Entfernungen zu dem Hindernis zu größeren Abständen der auftreffenden Lichtstrahlen auf dem lichtempfindlichen Element kommt.

[0002] Bodenstaub-Aufsammelgeräte sind bekannt, so beispielsweise aus der DE 102 42 257 A1.

[0003] Einen mobilen Roboter mit einem Triangulationssystem zeigt des Weiteren die DE 10145150 A1.

[0004] Beim Befahren eines Raumes mittels eines selbsttätig verfahrbaren Bodenstaub-Aufsammelgerätes muss dieses Gegenstände und Raumbegrenzungen erkennen und durch angemessene Rangier- und Ausweichbewegungen reagieren. In diesem Zusammenhang ist es bekannt zur Hinderniserkennung optische Abstandssensoren einzusetzen. Bei Erkennung eines den Verfahrtsweg des Gerätes blockierenden Gegenstandes wird das Empfangssignal des optischen Sensors von einem Mikroprozessor verarbeitet, der das Stoppen der Antriebsräder veranlasst bzw. eine entsprechende Verhaltensstrategie des Gerätes auslöst.

[0005] Darüber hinaus sind Triangulationssysteme bekannt, bei denen ein Lichtpunkt aus unterschiedlichen Entfernungen durch ein optisches Element in Form einer Empfängerlinse auf unterschiedliche Stellen eines lichtempfindlichen Elements abgebildet wird. Aus dem elektrischen Ausgangssignal dieses Elements kann auf die Entfernung geschlossen werden. Solche optischen Triangulationssysteme sind insbesondere für den Nahbereich ausgelegt. Für den Fernbereich entgegen erweisen sich solche Triangulationssysteme weniger geeignet, da mit zunehmender Entfernung des Hindernisses zum Gegenstand bzw. zum Bodenstaub-Aufsammelgerät die Kennlinie zur Ermittlung der Entfernung zunehmend flach verläuft, was die exakte Ermittlung des Hindernisabstandes erschwert.

[0006] Für den Fernbereich sind des Weiteren Lösungen mit einer Korrekturlinse bekannt, die das

im empfängerfernen Bereich reflektierte Licht desto stärker bricht, je weiter weg sich das reflektierende Objekt vom Empfänger befindet. Eine solche Detektionseinrichtung offenbart beispielsweise die DE 102 20 037 A1.

[0007] Des Weiteren ist es im Stand der Technik beispielsweise aus der DE 10 2004 001 556 A1 bekannt, lichtempfindliche Elemente oder Linsen zum Zwecke einer optischen Filterung zu beschichten.

[0008] Laserscanner mit einer auf einer Drehplatte angeordneten Triangulationseinrichtung sind beispielsweise aus der DE 197 57 847 A1 bekannt. Die DE 3 821 892 C1 zeigt darüber hinaus einen rotierenden Laserentfernungsmesser mit einer Energieversorgung über Schleifkontakte. Darüber hinaus offenbaren auch die Druckschriften DE 10114 362 A1, DE 10 2007 004 609 A1, DE 698 05 598 T2 und DE 10 2005 012 107 A1 Laserscanner-Systeme.

[0009] Im Hinblick auf den vorbeschriebenen Stand der Technik wird eine technische Problematik der Erfindung zunächst darin gesehen, ein selbsttätig verfahrbares Bodenstaub-Aufsammelgerät bzw. einen Gegenstand mit einer Sensoranordnung der in Rede stehenden Art hinsichtlich der Abstandsmessung zu einem Hindernis mittels eines optischen Triangulationssystems so zu verbessern, dass optimale Abstandsmessungen auch möglich sind, wenn das Gerät seine horizontale Orientierung verliert, beispielsweise bei Überfahren eines Gegenstandes.

[0010] Zur Lösung dieser Aufgabe wird vorgeschlagen, dass das Triangulationssystem beweglich aufgehängt ist und/ oder eine kardanische Aufhängung aufweist. Hierdurch ist dieses stets horizontal ausgerichtet, auch dann, wenn das Gerät seine horizontale Orientierung verliert, beispielsweise bei Überfahren eines Gegenstandes wie einer Türschwelle oder dgl. Die Aufhängung ist in bevorzugter Ausgestaltung mit eigenen Sensoren, beispielsweise Neigungssensoren ausgestattet, die die Neigung des Gerätes als Stellgröße an Aktoren, zum Beispiel Elektromotoren weitergeben, die das Triangulationssystem aufnehmende Drehplatte bzw. das Triangulationssystem selbst immer in der Horizontalen halten. Alternativ kann auch ein passives Rückstellsystem vorgesehen sein, das ohne eigene Sensoren oder Aktoren auskommt, so beispielsweise durch Gewichtskraft oder Kreiselwirkung.

[0011] Die Lichtstrahlen in der Empfängereinheit werden so beeinflusst, dass es nach einer Bündelung durch die Empfängerlinse zumindest zugeordnet zu größeren realen Entfernungen zu dem Hindernis zu größeren Abständen der auftreffenden Lichtstrahlen auf dem lichtempfindlichen Element kommt. Dem Fernbereich zugeordnet, das heißt

zugeordnet größerer realer Entfernung zu einem Hindernis, ist eine steile Kennlinie erreicht, die eine genaue Entfernungsmessung auch zu Hindernissen im Fernbereich zulässt. Die Korrektur erfolgt vor Auftreffen des Lichtstrahls auf das lichtempfindliche Element, nämlich im Bereich der die optischen Elemente aufweisenden Empfängereinheit. Auf aufwändige elektronische Einrichtungen zur Aufarbeitung der vom lichtempfindlichen Element bei Lichtbeaufschlagung ausgesendeten Signale ist verzichtet, was sich insbesondere bei einem Bodenstaub-Aufsammlergerät von Vorteil erweist, da ein solches Gerät in der Regel einen begrenzten Bauraum aufweist. Dadurch ist eine einfache, darüber hinaus störunempfindliche und genaue Auswertung des Entfernungssignals realisiert. Die Beeinflussung der Lichtstrahlen in der Empfängereinheit ist bevorzugt begrenzt auf den Fernbereich, so dass eine Anpassung des Kennlinienverlaufs im Fernbereich an den Kennlinienverlauf des Nahbereichs erreicht wird. Alternativ erfolgt die Beeinflussung über den gesamten Messbereich, also beinhaltend den Nah- und Fernbereich. So kann weiter eine Beeinflussung der Lichtstrahlen in der Empfängereinheit eine Beeinflussung der Kennlinie bis hin zu einem proportionalen Zusammenhang von Hindernisabstand zu Lichtstrahlpositionierung auf dem lichtempfindlichen Element erreicht werden. Bei einem antiproportionalen Zusammenhang und einem damit sich einstellenden Kurvenverlauf der Kennlinie ist zufolge der Beeinflussung zumindest der Kurvenverlauf so korrigiert, dass sich ein realer Differenzabstand zwischen zwei entfernt liegenden Hindernissen sich auf dem lichtempfindlichen Element durch einen empfängerseitig ohne jeden weiteren Aufwand erfassbaren Lichtpunktstand ausdrückt. Das Signal des lichtempfindlichen Elements kann darüber hinaus auch neben der Entfernungsermittlung zu einem Objekt auch Informationen über die Oberflächenbeschaffenheit bzw. den Reflektionsgrad des Objekts liefern, wozu in Abhängigkeit von auf dem lichtempfindlichen Element auftreffenden Lichtpunkt resultierende Ströme ermittelt werden.

[0012] Weitere Merkmale der Erfindung sind nachstehend, auch in der Figurenbeschreibung, oftmals in ihrer bevorzugten Zuordnung zum Gegenstand des Anspruchs 1 oder des Anspruchs 2 oder zu Merkmalen weiterer Ansprüche erläutert. Sie können aber auch in einer Zuordnung zu nur einzelnen Merkmalen des Anspruches 1 oder Anspruches 2 oder des jeweiligen weiteren Anspruches oder jeweils unabhängig von Bedeutung sein.

[0013] So ist in einer bevorzugten Ausgestaltung des Gegenstandes vorgesehen, dass die größeren Abstände der auftreffenden Lichtstrahlen auf dem lichtempfindlichen Element durch eine zusätzlich zur Empfängerlinse vorgesehene Korrekturlinse erreicht sind. Entsprechend ist die Beeinflussung der Lichtstrahlen in der Empfängereinheit allein

durch optische Mittel erreicht. Die Empfängerlinse fängt die vom zu messenden Hindernis reflektierten Lichtstrahlen auf und bündelt diese, während die in Strahlungsrichtung betrachtet hinter der Empfängerlinse angeordnete Korrekturlinse den Strahlenbündel gezielt so umlenkt, dass es zu der gewünschten größeren Beabstand der auftreffenden Lichtstrahlen auf dem lichtempfindlichen Element kommt. Die Kennlinie des gebündelten Lichtflecks auf dem lichtempfindlichen Element ist so modifiziert, dass sich auch im Fernbereich eine gute Auswertbarkeit der Abstandsmessung ergibt. Die Kennlinie wird zufolge der Zwischenschaltung der Korrekturlinse steiler. In weiterer Ausgestaltung kann zusätzlich zu der Empfängerlinse und der Korrekturlinse mindestens eine weitere Linse vorgesehen sein. So ist diesbezüglich vorgesehen, dass die weitere Linse bei Ausbildung der Empfängerlinse als Sammellinse zur Bündelung des reflektierten Lichts ausgebildet ist.

[0014] Zufolge dieser Ausgestaltung wird das Sammeln und Bündeln der Lichtstrahlen aufgeteilt auf zwei hintereinander geschaltete Linsen. Der der Bündelung dienenden weiteren Linse ist die Korrekturlinse nachgeschaltet.

[0015] Um eine besonders gute Abbildung des gebündelten und über die Korrekturlinse gerichteten Lichtpunktes auf dem lichtempfindlichen Element zu erreichen, ist in einer bevorzugten Weiterbildung des Gegenstandes zugeordnet der Empfängereinheit eine optische Blende vorgesehen. In weiterer Ausgestaltung können auch mehrere solcher optischen Blenden in der Empfängereinheit vorgesehen sein. Eine Blende kann hierbei vor der in Lichtstrahlungsrichtung betrachteten ersten Linse, also der Empfängerlinse, weiter zwischen zwei Linsen, beispielsweise zwischen Empfängerlinse und Korrekturlinse oder auch zwischen der letzten Linse, beispielsweise Korrekturlinse und dem lichtempfindlichen Element positioniert sein.

[0016] Auch erweist es sich von Vorteil, wenn zugeordnet der Empfängereinheit ein optisches Filterelement vorgesehen ist. Dieses Filterelement weist für die Wellenlängen des für die Messung verwendeten Lichtstrahls eine maximale Durchlässigkeit auf, während Wellenlängen, die nicht in dem Lichtstrahl enthalten sind vom Filterelement geblockt werden. Durch diese Maßnahme werden Störeinflüsse von weiteren Lichtquellen, beispielsweise Umgebungslicht, reduziert und die Leistungsfähigkeit des lichtempfindlichen Elements erhöht. Ein optisches Filterelement kann hierbei wahlweise vor der ersten Linse, zwischen zwei Linsen oder zwischen der letzten Linse und dem lichtempfindlichen Element positioniert sein. In weiterer Ausgestaltung kann in diesem Zusammenhang zur optischen Filtrierung des reflektierten Lichts das lichtempfindliche Element oder ein optisches Element, wie eine Linse, beschichtet oder

eingefärbt sein, welche Beschichtung oder Einfärbung die Funktion des Filterelementes übernimmt.

[0017] Je nach Abstand des zu messenden Objekts bzw. des zu erfassenden Hindernisses und seiner Oberflächenbeschaffenheit (Reflektionsgrad) wird so viel Licht auf das lichtempfindliche Element reflektiert, dass dieses ohne weitere Maßnahmen fotoelektrisch gesättigt wird. In diesem Zustand ist eine sinnvolle Signalauswertung nicht möglich, es kommt zu Fehlmessungen. Diese Problematik betrifft in besonderem Maße Bodenstaub-Aufsammlergeräte der in Rede stehenden Art, die in Haushalten eingesetzt werden, da dort ein weites Spektrum an Materialien (zum Beispiel helle, gut reflektierende Tapeten oder dunkle, schlecht reflektierende textile Materialien) und stark wechselnde Lichtverhältnisse (zum Beispiel direkte Sonneneinstrahlung im Sommer, abgedunkelte Räume) vorliegen, die das lichtempfindliche Element nicht stören dürfen. Um dieser Problematik zu begegnen ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass mindestens eine der in der Empfängereinheit verwendeten Linsen modifiziert ist. Die Modifikation besteht darin, dass die für die Lichtübertragung aktiven Flächen der modifizierten Linsen optisch deaktiviert sind. Dies bedeutet, dass sie kein Licht durchlassen. Die Problematik der Sättigung tritt vorwiegend im Nahbereich auf, wo aufgrund des Aufbaus eines Triangulationssystems mehr Licht von der Empfängereinheit gesammelt werden kann als im Fernbereich. Die optische Deaktivierung ist in einer bevorzugten Ausgestaltung durch mechanische Trennung des Linsenbereiches erreicht. Alternativ kann die optische Deaktivierung durch eine Beschichtung mit einer optisch dämpfenden oder undurchlässigen Schicht erreicht sein. Weiter besteht die Möglichkeit einer graduellen Einfärbung der Linse, so dass im Nahbereich eine effektive Abdunklung der optisch aktiven Fläche erreicht wird, im Fernbereich jedoch eine maximale Lichtübertragung vorliegt. Sinnvollerweise werden nur solche Linsenbereiche optisch deaktiviert, die nur im Nahbereich optisch aktiv sind, im Fernbereich aber kein Licht übertragen. Dadurch wird im Fernbereich eine hohe Lichtstärke realisiert, im Nahbereich hingegen eine Sättigung vermieden. Weiterhin ist diesbezüglich möglich die entsprechenden Bereiche für den Nahbereich nicht vollständig zu deaktivieren, sondern zum Beispiel per Beschichtung so zu modifizieren, dass nur noch ein Teil der Lichtenergie hindurchgelassen wird. Idealerweise ergibt sich eine durchgehende Helligkeitsverteilung von 100 % im Fernbereich bis zu einer festgelegten Intensität im Nahbereich von beispielsweise 20 bis 90 %, weiter beispielsweise 50 % auf dem lichtempfindlichen Element.

[0018] Anstelle von Volllinsen, wie sie aus optischen Anwendungen bekannt sind, wird in einer alternativen Weiterbildung des Erfindungsgegenstandes

eine Fresnellinse verwendet. Eine solche Fresnellinse zeichnet sich durch eine gegenüber Volllinsen wesentlich geringere Dicke aus, weist entsprechend einer Volllinse gegenüber ein geringeres Gewicht und einen kleineren Bauraum auf. Weiter alternativ sind auch holografische Linsen verwendbar.

[0019] Eine weitere Erhöhung der Unempfindlichkeit des lichtempfindlichen Elements gegen störende äußere Lichteinflüsse, wie beispielsweise Umgebungslicht, ist in einer Weiterbildung des Erfindungsgegenstandes dadurch erreicht, dass zugeordnet der Lichtquelle des Triangulationssystems ein separater Lichtsensor vorgesehen ist. Die dem lichtempfindlichen Element nachgeschaltete Auswerteelektronik erhält bei Aktivierung der Lichtquelle über den zugeordneten separaten Lichtsensor ein Signal, wodurch der Signalverlauf der Lichtquelle mit dem des lichtempfindlichen Elements synchronisiert werden kann. Der separate Lichtsensor kann in diesem Zusammenhang als gesondertes Bauteil der Lichtquelle zugeordnet vorgesehen sein. Des Weiteren kann die Lichtquelle eine Laserdiode mit integrierter Monitordiode sein.

[0020] Um eine sensorbasierte Navigation mittels eines optischen Triangulationssystems für ein selbsttätig verfahrbares Bodenstaub-Aufsammlergerät, darüber hinaus aber auch für verfahrbare Gegenstände zu realisieren, welche Navigation auf der Verwendung nur einer Sensoranordnung, beinhaltet ein Triangulationssystem, beruht, wird zur Vermeidung von toten Winkeln vorgeschlagen, dass das Triangulationssystem um eine vertikale Achse drehbar angeordnet ist. Zufolge dieser Ausgestaltung kann mittels nur einem Triangulationssystem bzw. nur einer Sensoranordnung die gesamte Umgebung des Gerätes bzw. des Gegenstandes auf Hindernisse überprüft werden. So ist bevorzugt eine Drehung des Triangulationssystem um die vertikale Achse von 360° und mehr vorgesehen. In einer Weiterbildung des Gegenstandes ist das Triangulationssystem auf einer gegenüber dem feststehenden Gerätgehäuse um eine vertikale Achse drehbaren Platte angeordnet. Diese kann beispielsweise eine Decke einer das Chassis des Gerätes überfangenden Haube sein. Alternativ kann auch die gesamte, das Chassis übergreifende Haube die Drehplatte bilden. Alternativ zu einem kontinuierlich drehbaren Triangulationssystem kann dieses oder eine dieses aufnehmende Drehplatte eine alternierende Schwenkbewegung durchführen und dabei einen definierten Winkelbereich abscannen. Durch entsprechende Gestaltung der Schwenkeinrichtung sind auch Schwenkwinkel von mehr als 360° realisierbar. Bei Verwendung von mehr als einem Triangulationssystem genügen Schwenkwinkel von weniger als 360°.

[0021] Der Antrieb der Drehplatte erfolgt in bevorzugter Ausgestaltung über einen gesonderten Elekt-

romotor, der weiter in dem Gerät bzw. dem Gegenstand angeordnet ist. Dieser Elektromotor kann über ein Zahnrad- oder Zugmittelgetriebe auf die Drehplatte einwirken. Vorteilhaft erweist sich eine Ausgestaltung, bei welcher der Antrieb für die Drehplatte an den Antrieb für die Verfahrräder gekoppelt ist. So ist ein direkter Zusammenhang zwischen der Bewegung des Gerätes und dem Abscannen des Umgebungsreiches erreicht. Die Kopplung kann beispielsweise mittels Zahnrad- oder Zugmittelgetriebe realisiert sein.

[0022] Auch ist vorgesehen, dass die rotierende bzw. alternierende Drehplatte und das auf der Drehplatte angeordnete Triangulationssystem von einer Haube überdeckt sind. Die drehenden Teile sind zufolge dieser Ausgestaltung vor direktem Zugriff und äußeren Einflüssen geschützt. Um hierbei die ordnungsgemäße Funktion des Triangulationssystems weiterhin zu sichern, ist die Abdeckung bzw. die Haube zumindest teilweise transparent ausgebildet. Es sind entsprechend Bereiche bereitgestellt, durch welche die Lichtstrahlen ausgesandt und wieder empfangen werden können. Das oder die Triangulationssysteme der Drehplatte sind entsprechend höhenmäßig dem transparenten Haubenbereich zugeordnet. In weiterer vorteilhafter Weise ist der transparente Bereich der Haube als optische Blende und/oder optisches Filterelement ausgebildet, so weiter beispielsweise durch entsprechende Beschichtung des transparenten Bereiches. Diese Behandlung der transparenten Bereiche der Haube führen zu einer besseren Abbildung des Lichtpunktes auf dem lichtempfindlichen Sensor und/oder zur Reduzierung von Störeinflüssen beispielsweise durch Umgebungslicht.

[0023] Auf der Drehplatte können mehrere Triangulationssysteme bevorzugt gleichmäßig über den Umfang verteilt angeordnet sein. Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit die Drehplatte neben den Triangulationssystemen mit weiteren Überwachungselementen zu versehen, wie beispielsweise Ultraschallsensoren oder Kamerasyteme zur Bildverarbeitung.

[0024] Ist ein drehbares oder alternierendes Triangulationssystem vorgesehen, so ist dieses mit Energie zu versorgen. Weiter sind die Abstandsinformationen zum Gerät bzw. zum Gegenstand zu übermitteln. Hierzu ist zunächst vorgesehen, dass zur Energieversorgung des Triangulationssystems auf der Drehplatte eine Schleifring-/Schleifikontakte-Anordnung vorgesehen ist. So kann die Drehplatte Schleifikontakte aufweisen, während das dieser gegenüber feststehende Gerät Schleifringe trägt. Auch die umgekehrte Anordnung ist diesbezüglich möglich. Weiter alternativ besteht die Möglichkeit der Energieversorgung über die Relativbewegung zwischen Drehplatte und Gerätegehäuse. So ist hier-

durch ein Generator aufgebaut, wobei beispielsweise eine feststehende Welle des Gerätes einen Stator bildend mit Permanent- oder Elektromagneten in wechselnder Polung versehen ist und die Drehplatte als Rotor mit einzelnen Spulen versehen ist. Bei Drehung der Drehplatte wird entsprechend in den Spulen Strom induziert, der von dem Triangulationssystem genutzt werden kann. Diese Art der Energieerzeugung entspricht in ihrer Wirkungsweise einem Synchrongenerator. Weiter alternativ können auch andere Generatorprinzipien für die Energieübertragung genutzt sein, so beispielsweise in Art von Asynchrongeneratoren.

[0025] Für die Informationsübertragung von Triangulationssystem zum Gerät bzw. zum Gegenstand kann nicht nur ausschließlich bei Verwendung einer Drehplatte, sondern darüber hinaus auch bei Verwendung eines feststehenden Triangulationssystems ein optisches System vorgesehen sein, mittels welchem die vom lichtempfindlichen Element empfangenen Signale übertragen werden. Hierzu kann beispielsweise die Drehplatte eine Lichtquelle aufweisen, die durch wechselndes An- und Ausschalten ein digitalkodiertes Signal aussendet. Im Gerät bzw. im Gegenstand befindet sich hierbei eine Empfangseinheit, die das Lichtsignal aufhängt und an die Steuerung des Gerätes bzw. an eine Auswerteelektronik weiterleitet. Alternativ zur optischen Übertragung können die Abstandsinformationen auch über Funk übermittelt werden, wozu beispielsweise die Drehplatte eine Sendeantenne und das Gerät bzw. der Gegenstand eine Empfangsantenne aufweist. Weiter alternativ kann die Übertragung der Signale des lichtempfindlichen Elements auch induktiv erfolgen, dies insbesondere im Zusammenhang mit einer das Triangulationssystem tragenden Drehplatte indem an der Drehplatte und am dieser gegenüber feststehenden Gerätegehäuse jeweils eine Spule vorgesehen sind, die durch einen engen Luftspalt getrennt sind. Wird die Spule in der Drehplatte mit Wechselstrom bestromt, so bildet sich dieser durch Induktion in der Empfängerspule im Gerät ab, wodurch eine Signalübertragung möglich ist. Im Zusammenhang mit einer Energieversorgung des auf einer Drehplatte angeordneten Triangulationssystems über eine Schleifring-/Schleifikontakte-Anordnung kann diese Anordnung zugleich auch zur Übertragung kodierter Signale benutzt werden, so weiter beispielsweise durch Überlagerung der Energieversorgung von einer hochfrequenten Wechselspannung.

[0026] In einer Weiterbildung des Erfindungsgegenstandes ist vorgesehen, dass zur Erfassung des Drehwinkels des Triangulationssystems zum feststehenden Gerätegehäuse ein Sensor vorgesehen ist. Entsprechend wird der Winkel zwischen dem Triangulationssystem und der Längsachse des Aufsammlergeräts bzw. Gegenstands durch ein Winkelmess-

system erfasst. Hierdurch ist bei einem Bodenstaub-Aufsammelgerät der in Rede stehenden Art erreicht, dass dieses die Umgebung bei drehbarer bzw. alternierender Anordnung des Triangulationssystems kontinuierlich abscannen kann und die so gewonnenen Informationen über die Umgebung mit Hilfe eines Winkelsensors mit der jeweiligen Orientierung abgleichen kann. So ist eine zielgerichtete Navigation des Aufsammelgeräts ermöglicht. Zur Umsetzung des Winkelsensors sind verschiedene Prinzipien anwendbar, so beispielsweise durch Anordnung von optischen Sensoren wie Gabellichtschranke mit Rändelscheibe, weiter Potentiometer, Reed-Relais, Hall-Sensoren oder Kontakte an einer oder mehreren Winkelpositionen zwischen Triangulationssystem bzw. Drehplatte und feststehendem Geräteteil.

[0027] Das lichtempfindliche Element des Triangulationssystems ist in bevorzugter Ausgestaltung ein eindimensionales Element, so weiter durch entsprechende linienförmige Ausgestaltung desselben, entlang welcher lichtempfindlichen Linie der vom Hindernis reflektierte und durch die optischen Elemente gebündelte und gegebenenfalls korrigierte Lichtstrahl trifft, wobei weiter ein Ende des linienförmigen, lichtempfindlichen Elements einen Nullpunkt definiert.

[0028] Aus dem Abstand des auf das linienförmige, lichtempfindliche Element auftreffenden Lichtpunktes zum Nullpunkt lässt sich mittels einer entsprechenden Auswerteelektronik der Abstand zwischen Triangulationssystem und Hindernis ermitteln, wobei mit zunehmendem Abstand des Lichtpunktes zum Nullpunkt auch der Abstand des Geräts zum Hindernis steigt. Darüber hinaus ist in einer Weiterbildung bevorzugt, dass das lichtempfindliche Element ein zweidimensionales Element ist, so entsprechend ein Element in flächiger Bauweise, wobei hier der Nullpunkt durch eine Randkante oder Randkantenbereich des zweidimensionalen Elements definiert ist, welche Randkante bzw. Randkantenbereich quer zur Verlagerungsrichtung des auftreffenden Lichtpunktes bei unterschiedlichen Abstandsmessungen ausgerichtet ist.

[0029] Das lichtempfindliche Element ist ein PSD-Element (position sensitive device). Ein solches PSD-Element liegt in linienförmiger oder alternativ in flächiger Bauweise vor. Auch die Verwendung von sogenannten Kamerachips (CCD- oder CMOS-Elemente) kann vorgesehen sein. Auch solche optischen Sensoren in Form von Kamerachips können als linienförmige bzw. eindimensionale oder flächige bzw. zweidimensionale Ausführungen vorliegen.

[0030] Die Lichtquelle sendet in einer Ausführungsform sichtbares Licht aus. Alternativ kann auch eine Lichtquelle verwendet werden, welches für den Men-

schen Licht im nicht sichtbaren Spektralbereich aussendet, so beispielsweise Infrarotlicht, wobei weiter grundsätzlich als Lichtquellen beispielsweise Laserdioden oder herkömmliche Leuchtdioden (LEDs) Verwendung finden können. Weiter sendet die Lichtquelle in einer Ausgestaltung des Erfindungsgegenstandes Licht mit genau einer Wellenlänge aus, sogenanntes monochromatisches Licht. Alternativ wird vorgeschlagen, dass die Lichtquelle Licht mit mehreren Wellenlängen aussendet bzw. Licht in Spektralbereichen. Dies bewirkt, dass der Abstand zu Hindernissen mit unterschiedlichen Oberflächeneigenschaften oder Farben zuverlässig bestimmt werden kann. Bei Verwendung von monochromatischem Licht besteht die Gefahr, dass die Entfernung des Aufsammelgeräts zu einem Hindernis gemessen werden soll, welches Hindernis genau diese Wellenlänge besonders schlecht reflektiert. In diesem Fall besteht die Gefahr von Fehlmessungen. Durch die Verwendung von Licht mit mehr als einem spektralen Anteil ist einer solchen Fehlmessung entgegengewirkt. Dies erweist sich insbesondere im Zusammenhang mit einem selbsttätig verfahrbaren Bodenstaub-Aufsammelgerät der in Rede stehenden Art von Vorteil, da dieses in Haushalten navigiert und dort eine Vielzahl von Materialien mit unterschiedlichen Farbgebungen und Oberflächeneigenschaften vorliegen.

[0031] Zur Erweiterung des Messbereiches wird vorgeschlagen, dass zwei oder mehr Lichtquellen vorgesehen sind. Die beiden Lichtquellen werden in einer Anordnung so platziert, dass sich zwei kürzere Messbereiche ergeben, welche sich zu einem längeren Gesamt-Messbereich addieren. Hierdurch wird die Leistungsfähigkeit des Triangulationssystems erhöht. Alternativ wird vorgeschlagen, zwei oder mehr lichtempfindliche Elemente vorzusehen, die in unterschiedlichen Abständen zu einer oder mehreren Lichtquellen angeordnet sind. Sind mehrere Lichtquellen oder lichtempfindliche Elemente vorgesehen, ist es wichtig, dass in der Signalauswertung bekannt ist, in welchem Messbereich sich das zu messende Objekt befindet, da sonst keine eindeutige Messung möglich ist. In diesem Zusammenhang ist in bevorzugter Ausgestaltung vorgesehen, dass die Sensoren bzw. die Lichtquellen untereinander so synchronisiert sind, dass eine Messung nur dann erfolgt bzw. ein Lichtsignal nur dann gesendet wird, wenn die Auswerteelektronik dies dem entsprechenden lichtempfindlichen Element oder der entsprechenden Lichtquelle eindeutig zuordnen kann.

[0032] Wird nur ein lichtempfindliches Element, aber mehr als eine Lichtquelle verwendet, so kann das Problem der Synchronisation in vorteilhafter Weise auch so gelöst sein, dass die Lichtquellen Licht mit unterschiedlichen Wellenlängen aussenden. Wird ein lichtempfindliches Element verwendet, das Wellenlängen des einfallenden Lichtes detektieren kann,

so kann dies für eine eindeutige Messung verwendet werden.

[0033] In weiterer Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass bei einer Lichtquelle, die Licht im Spektralbereich aussendet zusätzlich zu den optischen Elementen ein dispergierendes Element vorgesehen ist. Ein solches dispergierendes Element ist ein optisches Element, das in Abhängigkeit des verwendeten Lichts eine unterschiedliche Brechkraft besitzt, so beispielsweise in Form eines optischen Prismas. In diesem Zusammenhang erweist es sich weiter von Vorteil, Licht mit mehr als einer Wellenlänge für die Abstandsmessung zu verwenden. Das Licht wird durch das dispergierende Element in seine spektrale Bestandteile zerlegt, die dadurch auf unterschiedliche Stellen des lichtempfindlichen Elements gelenkt werden. So erweist es sich weiter von Vorteil, wenn zur Dispersion das lichtempfindliche Element eingefärbt ist, so dass über die Messung der abstandsabhängigen Position einer oder mehrerer Wellenlängen auf dem nicht empfindlichen Element ähnlich der konventionellen Abstandstriangulation die Entfernung zu einem Hindernis gemessen werden kann.

[0034] Insbesondere bei eindimensionalen, so weiter linienförmigen lichtempfindlichen Elementen ist eine exakte Ausrichtung der weiter verwendeten optischen Elemente wie Linsen und lichtempfindliches Element nötig, um exakte Messungen durchführen zu können. Die gesamte Optik des Triangulationssystems ist hierbei so genau justiert, dass der Lichtfleck auf dem lichtempfindlichen Element auftrifft. So ist in diesem Zusammenhang bekannt Lichtstrahlen mit einem kreisförmigen Querschnitt zu verwenden, so dass im Empfänger ein runder Lichtfleck mit einem linienförmigen lichtempfindlichen Element zur Deckung gebracht wird. Um den dafür notwendigen Justieraufwand möglichst zu vermeiden bzw. zu minimieren, wird weiter vorgeschlagen, dass der auf das lichtempfindliche Element auftreffende Lichtfleck zweidimensional aufgeweitet ist, so insbesondere in vertikaler Richtung, das heißt quer zur Erstreckungsrichtung des eindimensionalen lichtempfindlichen Elements. Zufolge dieser Ausgestaltung reduziert sich zumindest der Justageaufwand in vertikaler Richtung. Die Aufweitung des Lichtfleckes erfolgt durch entsprechende Formung des Lichts an der Lichtquelle und beispielsweise durch eine spezielle Vorsatzoptik und/ oder im Empfangsbereich, beispielsweise durch Anordnung spezieller, so genannter Zylinderlinsen. Anstelle einer Aufweitung des Lichtfleckes in Querrichtung zum linienförmigen lichtempfindlichen Element kann auch ein zweidimensionales lichtempfindliches Element verwendet werden. Auch in diesem Fall ist die Justage deutlich vereinfacht. Auch erweist sich eine solche Anordnung während des Betriebs insbesondere eines selbsttätig verfahrbaren Bodenstaub-Aufsammlergeräts der in

Rede stehenden Art von Vorteil. Erschütterungen, beispielsweise ausgelöst durch Überfahren von Türschwellen oder dgl. führen nicht zu Fehlmessungen, da insbesondere Vertikalausschläge des auftreffenden Lichtpunktes aufgefangen sind.

[0035] Bei den bekannten optischen Triangulationsystemen zur Abstandsmessung besteht das Problem, dass im Nahbereich auf das lichtempfindliche Element eine wesentlich höhere Lichtmenge fällt als im Fernbereich. Dies kann dazu führen, dass im Nahbereich eine Sättigung des lichtempfindlichen Elements auftritt, wodurch eine sinnvolle Messung erschwert wird. Um dieser Problematik zu begegnen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das lichtempfindliche Element so angeordnet ist, dass in dem Nahbereich zugeordneten Elementbereich eine weniger große Fokussierung erreicht ist als in dem Fernbereich zugeordneten Elementbereich. Dies ist erreicht durch gezielte translatorische und/ oder rotatorische Versetzung des lichtempfindlichen Elements, so dass im Fernbereich noch eine ausreichende Fokussierung und damit ein hoher Energieeintrag in das lichtempfindliche Element erzielt wird, im Nahbereich jedoch eine schlechtere Fokussierung bzw. ein schlechterer Energieeintrag. Durch die Verkipfung des lichtempfindlichen Elements wird ein kontinuierlicher Übergang der Signalschwächung zwischen Nah- und Fernbereich erzielt.

[0036] Im Zusammenhang mit einem drehbaren bzw. alternierenden Triangulationssystem mit dem Ziel einer Rundum-Navigation ist in einer Weiterbildung des Erfindungsgegenstandes vorgesehen, dass das lichtempfindliche Element feststehend und die mit dem lichtempfindlichen Element zusammenwirkenden optischen Elemente drehbar angeordnet sind. So ist beispielsweise die Lichtquelle fest im Aufsammelgerät oder dem Gegenstand montiert, während eine drehbare Platte eine drehbare Einrichtung aufweist, die den Lichtstrahl zusammen mit den übrigen optischen Empfängerelementen wie beispielsweise Spiegel oder Prisma rotieren lässt. Dies führt zu einem geringeren Bauraum des Triangulationssystems, insbesondere der Empfängereinheit, was insbesondere im Fall eines Bodenstaub-Aufsammelgeräts von Vorteil ist. Sinngemäß kann diese Lösung auch auf ein Triangulationssystem angewendet werden, welches nicht rotiert, sondern kontinuierlich pendelt und so einen gewissen Winkelbereich scannt.

[0037] Zur Verbesserung der Gebrauchseigenschaften eines optischen Triangulationssystems insbesondere bei Verwendung in einem Bodenstaub-Aufsammelgerät ist vorgesehen, dass das Triangulationssystem in vertikaler Richtung oszilliert. Hierdurch werden Abstandsmessungen auf unterschiedlichen vertikalen Höhen durchgeführt, was sich insbesondere bei der Navigation eines selbsttätig

verfahrbaren Aufsammelgeräts in einem Haushalt von Vorteil erweist, da hierdurch beispielsweise Absätze, Räume unterhalb von Schränken oder ähnliche Hindernisse erfasst werden können. Das gesamte Triangulationssystem oder auch nur Teile desselben oszillieren hierbei mechanisch in vertikaler Richtung und erfasst so Entfernung zu Hindernissen in unterschiedlichen Höhen. Alternativ wird in diesem Zusammenhang vorgeschlagen, dass als Lichtquelle ein linienförmiger Laser vorgesehen ist, welcher mit einem flächigen, das heißt zweidimensionalen lichtempfindlichen Element zusammenwirkt. Auch können Lichtquellen auf unterschiedlichen vertikalen Höhen vorgesehen sein, welche mit einem zweidimensionalen lichtempfindlichen Element oder mit einem oszillierenden lichtempfindlichen Element zusammenwirken.

[0038] Im Allgemeinen beginnt der Fernbereich in einem Triangulationssystem der in Rede stehenden Art in der Entfernung, in der sich die Sensorkennlinie deutlich abflacht. Beispielsweise beginnt der Fernbereich bei einem Abstandssensor mit einer Reichweite von 300 cm etwa ab 100 cm. In einer groben Einteilung ist das untere Drittel der Reichweite des Sensors als Nahbereich und die oberen zwei Drittel als Fernbereich bezeichnet, wobei weiter die Definition des Nah- und Fernbereiches in Bezug auf Signalschwächung abhängig ist vom verwendeten lichtempfindlichen Element. In der Praxis ist von einem graduellen Übergang zwischen den beiden Bereichen auszugehen. Prinzipiell beginnt der Bereich der Abschwächung im Nahbereich, sobald mit einer Übersteuerung des lichtempfindlichen Elements aufgrund von zu hoher Lichtintensität auszugehen ist.

[0039] Nachstehend ist die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung, welche lediglich Ausführungsbeispiele darstellt, näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 in perspektivischer Darstellung ein Bodenstaub-Aufsammelgerät;

Fig. 2 eine perspektivische Unteransicht des Bodenstaub-Aufsammelgeräts;

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Triangulationssystems zur Anordnung an dem Bodenstaub-Aufsammelgerät, eine erste Ausführungsform betreffend;

Fig. 4 eine Kennliniendarstellung der Messwerte eines lichtempfindlichen Elements des Triangulationssystems;

Fig. 5 eine Teildarstellung eines Triangulationssystems in einer zweiten Ausführungsform;

Fig. 6 den synchronisierten Signalverlauf einer Lichtquelle zu dem eines lichtempfindlichen Elements bei einem Triangulationssystem gemäß der Darstellung in **Fig. 5**;

Fig. 7 das Bodenstaub-Aufsammelgerät in einer schematischen Draufsichtdarstellung, mit einem um eine vertikale Achse des Gerätes drehbaren Triangulationssystem und einem die Drehstellung erfassenden Sensor;

Fig. 8 eine schematische Schnittdarstellung durch eine, das Triangulationssystem tragende Drehplatte und den Bereich ihrer Lagerung im Aufsammelgerät, eine weitere Ausführungsform betreffend;

Fig. 9 eine schematische Schnittdarstellung gemäß der Darstellung in **Fig. 8**, jedoch eine alternative Ausführungsform betreffend;

Fig. 10 das Triangulationssystem in schematischer Darstellung, eine weitere Ausführungsform betreffend;

Fig. 11 in einer weiteren Ausführungsform das Triangulationssystem in schematischer Darstellung;

Fig. 12 in schematischer Ansicht das lichtempfindliche Element des Triangulationssystems in eindimensionaler Ausführung bei Aufweitung des auftreffenden Lichtflecks in vertikaler Richtung;

Fig. 13 eine weitere schematische Darstellung des lichtempfindlichen Elements in einer weiteren, zweidimensionalen Ausführungsform, mit einem auf das lichtempfindliche Element auftreffend kreisrunden Lichtfleck;

Fig. 14 in einer weiteren Ausführungsform eine schematische Draufsicht auf das lichtempfindliche Element des Triangulationssystems;

Fig. 15 in schematischer Darstellung das Bodenstaub-Aufsammelgerät in Seitenansicht mit einem eine feste Höhe erfassenden Triangulationssystem;

Fig. 16 eine der **Fig. 15** entsprechende Darstellung, jedoch mit einem unterschiedlichen Höhen abtastenden Triangulationssystem;

Fig. 17 eine schematische Ansicht des lichtempfindlichen Elements gemäß **Fig. 12**, betreffend eine Ausgestaltung zur zusätzlichen Ermittlung des Reflektionsgrades;

Fig. 18 eine schematische Grundrissdarstellung eines Raumes mit in diesem verfahrbaren Bodenstaub-Aufsammelgerät;

Fig. 19 der aus Empfängerlinse, Korrekturlinse und lichtempfindlichen Element bestehende Empfänger in einer Ausführungsform;

Fig. 20 in einer weiteren Ausführungsform den Empfänger mit einer zwischengeschalteten Blende;

Fig. 21 eine der **Fig. 20** entsprechende Darstellung, jedoch bei Anordnung eines Filters;

Fig. 22 in perspektivischer Schemadarstellung den Empfänger mit einer beschichteten Korrekturlinse;

Fig. 23 eine der **Fig. 22** entsprechende Darstellung, jedoch bei graduell eingefärbter Korrekturlinse;

Fig. 24 eine weitere der **Fig. 22** entsprechende Darstellung, jedoch bei optischer Deaktivierung eines Linsenbereiches durch mechanische Trennung;

Fig. 25 eine weitere der **Fig. 22** entsprechende Darstellung, jedoch bei Ausbildung der Korrekturlinse als Zylinderlinse;

Fig. 26 in einer weiteren Ausgestaltung die Anordnung des Triangulationssystems in einer kardanischen Aufhängung;

Fig. 27 eine weitere Ausführungsform der kardanischen Aufhängung für das Triangulationsystem.

[0040] Dargestellt und beschrieben ist ein Bodenstaub-Aufsammlergerät 1 in Form eines Reinigungsroboters mit einem Chassis 2, welches unterseitig, dem zu pflegenden Boden zugewandt, elektromotorisch angetriebene Verfahrräder 3 sowie eine über die Unterkante des Chassisbodens 4 hinausragende, gleichfalls elektromotorisch angetriebene Bürste 5 trägt. Das Chassis 2 ist überfangen von einer Gerätehaube 6, wobei das Bodenreinigungsgerät 1 einen kreisförmigen Grundriss aufweist. Das Gerät 1 kann jedoch auch einen von einer Kreisform abweichenden Grundriss aufweisen, wobei sich dieser weiter beispielsweise aus einem halbkreisförmigen Kreisformabschnitt und einen hieran anschließenden, an einem Rechteck orientierten Formabschnitt zusammensetzen kann.

[0041] Die Verfahrräder 3 sind in üblicher Verfahrrichtung r des Bodenstaub-Aufsammlergeräts 1 der Bürste 5 nachgeordnet, wobei weiter der Bürste 5 nachgeordnet eine kehrblechartige Schmutzrampe 7 vorgesehen ist, über welche der abgebürstete Schmutz in eine behälterartige Aufnahme abgeworfen wird.

[0042] In üblicher Verfahrrichtung r ist der Bürste 5 vorgeordnet ein Stützrad in Form eines Mitlaufrades 8 positioniert, zufolge dessen eine Dreipunktauflage des Bodenstaub-Aufsammlergeräts 1 auf dem zu pflegenden Boden erreicht ist.

[0043] Weiter kann, wenngleich nicht dargestellt, das Bodenstaub-Aufsammlergerät 1 zusätzlich oder auch alternativ zur Bürste 5 eine Saugmundöffnung aufweisen. In diesem Fall ist in dem Gerät 1 weiter

ein Sauggebläsemotor angeordnet, der elektrisch betrieben ist.

[0044] Die Elektroversorgung der einzelnen Elektrokomponenten des Gerätes 1 wie für den Elektromotor für die Verfahrräder 3, für den Elektroantrieb für die Bürste 5, gegebenenfalls für das Sauggebläse und darüber hinaus für die weiter vorgesehene Elektronik in dem Gerät 1 zur Steuerung desselben erfolgt über einen nicht dargestellten, wieder aufladbaren Akkumulator.

[0045] Es besteht das Bedürfnis, bei derartigen Bodenstaub-Aufsammlergeräten 1 Hindernisse zu erkennen, die ein Verfahren des Gerätes 1 hindern. Hierzu ist eine Sensoranordnung 9 vorgesehen. Diese besteht in vorliegender Erfindung aus einem Triangulationssystem T.

[0046] Die Elemente des Triangulationssystems T sind in dem dargestellten ersten Ausführungsbeispiel (siehe **Fig. 1**) deckenseitig der Gerätehaube 6 angeordnet, was eine kompakte Bauweise erlaubt. Möglich, wenngleich nicht dargestellt, ist auch eine getrennte Anordnung von Sender S und Empfänger E des Triangulationssystems T, so beispielsweise eine Anordnung des Senders S im Wandungsbereich der Gerätehaube 6 und eine Anordnung des Empfängers E beispielsweise deckenseitig der Gerätehaube 6.

[0047] Bei dem Triangulationssystem T handelt es sich um ein optisches System, welches in **Fig. 3** in einer ersten Ausführungsform schematisch dargestellt ist. Der Sender S ist in einfacherster Ausführung eine Lichtquelle 10 in Form einer LED oder einer Laserdiode, welche Lichtquelle 10 monochromatisches Licht aussendet so weiter sichtbares Licht, gegebenenfalls aber auch für den Menschen nicht sichtbares Licht, beispielsweise Infrarotlicht.

[0048] Der Empfänger E weist zunächst ein lichtempfindliches Element 11 auf. Hierbei handelt es sich beispielsweise um ein PSD-Element oder auch um ein CCD- oder CMOS-Element in linienförmiger, das heißt eindimensionaler Bauweise wie es beispielsweise in **Fig. 12** dargestellt ist. Weiter ist Bestandteil des Empfängers E eine Empfängerlinse 12, die dem lichtempfindlichen Element 11 vorgeschaltet ist. Die Empfängerlinse 12 dient zum Auffangen und Bündeln der von der Lichtquelle 10 ausgesandten und von dem Hindernis 13, 13' reflektierten Lichtstrahlen, wobei in den Darstellungen mit dem Bezugszeichen 13 Hindernisse im Nahbereich und mit dem Bezugszeichen 13' Hindernisse im Fernbereich bezeichnet sind.

[0049] Die Funktionsweise des optischen Triangulationssystems T ist wie folgt: In Abhängigkeit vom Abstand x des erfassten Hindernisses 13 bzw. 13'

fällt der Lichtstrahl gebündelt über die Empfängerlinse 12 auf die Position y des lichtempfindlichen elektronischen Elements 11, wobei sich die Position y auf dem lichtempfindlichen Element 11 mit zunehmender Entfernung x des Hindernisses 13 bzw. 13' von einer randseitigen Nullposition L des lichtempfindlichen Elements 11 beabstandet.

[0050] Aus der Position y auf dem lichtempfindlichen Element 11 kann die Entfernung x des Hindernisses 13, 13' eindeutig bestimmt werden.

[0051] Darüber hinaus ist der Empfänger E mit einer Korrekturlinse 14 versehen. Diese lenkt den von der Empfängerlinse 12 gebündelten Lichtstrahl gezielt so um, dass es zu einer scharfen Abbildung auf dem lichtempfindlichen Element 11 kommt. Bei der Korrekturlinse 14 handelt es sich in dem dargestellten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 3** um eine bi-konvexe Linse mit nach außen gewölbten Flächen, so dass diese einen positiven Krümmungsradius auf der einfallenden und einen negativen Krümmungsradius auf der ausfallenden Fläche aufweist. Die in Lichtstrahlrichtung vorgeschaltete Empfängerlinse 12 ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel plan-konvex ausgeformt, mit einer planen ausfallenden Fläche.

[0052] Zufolge dieser Anordnung, insbesondere durch Anordnung der Korrekturlinse 14 ist auch im Fernbereich, das heißt bei Erfassung weiter entfernter Hindernisse 13' eine gute Auswertbarkeit der Abstandsmessung durch eine dem lichtempfindlichen Element 11 nachgeschaltete Auswertelektronik gegeben. **Fig. 4** zeigt eine entsprechende Kennlinie eines Triangulationssystems T, die die Abhängigkeit der Messstrecke x zur Position y auf dem lichtempfindlichen Element 11 darstellt. Die Kennlinie verläuft gegenüber Systemen T ohne Korrekturlinse 14 steiler, was eine einfachere, störungsfähigere und damit genauere Auswertung des Entfernungssignals erreichen lässt. Die Kennlinie eines Systems ohne Korrekturlinse 14 ist zum Vergleich in **Fig. 4** strichpunktiert dargestellt.

[0053] Weiter ist in dem Triangulationssystem T gemäß der Darstellung in **Fig. 3** empfängerseitig eine optische Blende 15 vorgesehen. Diese ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel zwischen Empfängerlinse 12 und Korrekturlinse 14 positioniert. Über diese optische Blende 15 ist eine besonders gute Abbildung des Lichtpunktes P, der von dem zu erfassenden Hindernis 13, 13' reflektiert wird, auf dem lichtempfindlichen Element 11 erreicht.

[0054] Weiter ist in dem Empfänger E ein optisches Filterelement 16 vorgesehen. Dieses Filterelement 16 weist für die Wellenlängen des für die Messung verwendeten Lichtstrahls eine maximale Durchlässigkeit auf. Wellenlängen, die nicht in dem Lichtstrahl

enthalten sind, werden von dem Filter geblockt, so dass Störeinflüsse von weiteren Lichtquellen, wie beispielsweise Umgebungslicht reduziert sind, was die Leistungsfähigkeit des lichtempfindlichen Elements 11 erhöht. Das Filterelement 16 ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel vor der Empfängerlinse 12 positioniert.

[0055] Alternativ kann anstelle des gesondert vorgesehenen Filterelements 16 auch mindestens eine der optischen Flächen der Linsen (Empfängerlinse 12 bzw. Korrekturlinse 14) oder des lichtempfindlichen Elements 11 mit einer Beschichtung versehen sein, welche die Funktion des Filterelements übernimmt.

[0056] In weiterer, auch alternativer Ausgestaltung gemäß der Darstellung in **Fig. 5** wird das Lichtsignal der Lichtquelle 10 über einen separaten Lichtsensor 17 aufgenommen, welche Lichtquelle 10 von der Auswertelektronik A moduliert ist. Sobald die Lichtquelle 10 eingeschaltet ist, erhält die Auswertelektronik A ein Signal von dem Lichtsensor 17. Dadurch ist der Signalverlauf der Lichtquelle 10 mit dem des lichtempfindlichen Elements 11 synchronisiert, wodurch die Unempfindlichkeit des Triangulationssystems T durch störende äußere Einflüsse wie beispielsweise Umgebungslicht deutlich erhöht ist. **Fig. 6** zeigt die Synchronisation durch den Lichtsensor 17 anhand des Signalverlaufs des lichtempfindlichen Elements (Kennlinie 18) in Abhängigkeit vom Signalverlauf der Lichtquelle 10 (Kennlinie 19).

[0057] Als separater Lichtsensor 17 kann auch ein bereits integriertes lichtempfindliches Element in der Lichtquelle 10 genutzt werden, so beispielsweise eine Laserdiode mit integrierter Monitordiode.

[0058] Um eine sensorbasierte Navigation zu realisieren, die auf der Verwendung eines einzigen Triangulationssystems T basiert und keine toten Winkel aufweist, ist gemäß der weiteren Ausführungsform in **Fig. 7** eine Triangulationssystem T auf einer Drehplatte 20 angeordnet. Diese Drehplatte 20 ist in beispielhafter Ausgestaltung die Decke der Gerätehaube 6.

[0059] Die Drehplatte 20 ist drehbar um eine Vertikalachse z angeordnet.

[0060] Das Triangulationssystem T erfasst einen festen Winkelbereich α . Durch Drehen der Drehplatte 20 und damit des Triangulationssystems T um die Achse z ist ein vollständiges Abscannen des Umgebungsreiches des Aufsammelgerätes 1 erreicht. Alternativ kann die Drehplatte 20 mit dem Triangulationssystem T auch eine alternierende Schwenkbewegung durchführen und dabei einen definierten Winkelbereich abscheiden. Weiter alternativ können auf der Drehplatte 20 auch mehrere Triangulationssysteme T vorgesehen sein, so dass sich insbeson-

dere bei einer alternierenden Schwenkbewegung kleinere Schwenkwinkel zur vollständigen Erfassung des Umgebungsbereiches ausreichen, was weiter eine höhere Scangeschwindigkeit des Sensorsystems zufolge hat.

[0061] Der Antrieb der mit dem Triangulationssystem T versehenen Drehplatte 20 erfolgt über einen gesonderten, nicht dargestellten Elektromotor und einem zwischengeschalteten Getriebe. Alternativ erfolgt der Antrieb durch Kopplung mit den Verfahrrädern 3 bzw. mit dem die Verfahrräder 3 beaufschlagenden Elektromotor.

[0062] Wie weiter insbesondere aus den **Fig. 8** und **Fig. 9** zu erkennen, ist in einer weiteren Ausführungsform die Drehplatte 20 und das drauf angeordnete Triangulationssystem T durch eine Abdeckung 21 überdeckt, welche weiter bevorzugt feststehend ist, so dass weiter nach außen keine rotierenden Teile frei liegen.

[0063] Diese Abdeckung 21 ist umlaufend auf Höhe des Triangulationssystems T im Bereich ihrer Wandung transparent ausgeführt. Der transparente Bereich ist mit dem Bezugszeichen 22 versehen.

[0064] In diesem transparenten Bereich 22 können Teile des optischen Systems, insbesondere optische Elemente des Empfängers E integriert sein, so weiter beispielsweise durch entsprechende Beschichtung oder Einfärbung des transparenten Bereiches 22, womit Filter oder Blenden realisiert sind.

[0065] Die empfangenen Signale des Triangulationssystems werden durch die Auswertelektronik A ausgewertet. In Abhängigkeit von dieser Auswertung wird eine vorprogrammierte Verhaltensstrategie des Aufsammelgerätes 1 abgerufen, um das erfasste Hindernis beispielsweise zu umfahren. Die Übermittlung der Abstandsinformationen bei einem drehbaren Triangulationssystem T, insbesondere bei einem auf einer Drehplatte 20 angeordneten Triangulationssystem T erfolgt bevorzugt kontaktlos. So ist gemäß dem Ausführungsbeispiel in **Fig. 8** eine optische Signalübertragung vorgesehen, wozu in der Drehplatte 20 zentral eine Lichtquelle 23 beispielsweise in Form einer LED vorgesehen ist. Diese sendet, gesteuert durch den Empfänger E des Triangulationssystems T digital kodierte Lichtsignale aus, dies in einfacherster Weise durch An- und Ausschalten der Lichtquelle 23. In dem gegenüber der Drehplatte 20 feststehenden Teil des Aufsammelgeräts 1 (in der Darstellung repräsentiert durch die feststehende Welle 24) ist eine Empfangseinheit 25 vorgesehen, die das Lichtsignal auffängt und an die Steuerung des Aufsammelgerätes weiterleitet. Bei der Empfangseinheit 25 handelt es sich beispielsweise um ein fotoelektrisches Element.

[0066] Alternativ kann die Signalübertragung der Abstandsinformationen gemäß der Darstellung in **Fig. 9** auch über Funk erfolgen. Hierzu ist in der Drehplatte 20 zentral eine Sendeantenne 26 vorgesehen, die mit einer Empfängerantenne 27 im gegenüber der Drehplatte 20 feststehenden Teil des Geräts kommuniziert.

[0067] Die Energieversorgung der elektronischen Elemente auf der Drehplatte 20, insbesondere des Triangulationssystems T kann gemäß der Darstellung in **Fig. 8** mittels mechanischer Schleifringe gelöst sein. Diese Schleifringe 28 sind in dem dargestellten Ausführungsbeispiel unterseitig der Drehplatte 20 angeordnet. Die hiermit zusammenwirkenden Schleifkontakte 29 sind geräteseitig vorgesehen und an den geräteseitigen Akkumulator angeschlossen.

[0068] Gemäß der Darstellung in **Fig. 9** bilden die drehende Drehplatte 20 und das dieser gegenüber feststehende Gerät einen Generator, wozu die feststehende Welle 24 einen Stator bildend mit Permanent- oder Elektromagneten 30 mit wechselnder Polung versehen ist. Die Drehplatte 20 ist zur Ausformung eines Rotors mit einzelnen Spulen 31 versehen. Dreht sich die Drehplatte 20, wird in den Spulen 31 Strom induziert, der von dem Triangulationssystem T verwendet werden kann. Diese Art der Energieerzeugung entspricht ihrer Wirkungsweise nach einem Synchrongenerator.

[0069] Die Schleifring-Schleifkontakt-Lösung zur Energieversorgung des auf der Drehplatte 20 angeordneten Triangulationssystems T kann in weiterer Ausgestaltung auch zur Informationsübermittlung der Abstandswerte eingesetzt werden, wozu die vom Gerät zur Drehplatte 20 über die Schleifringe 28 und Schleifkontakte 29 übertragene elektrische Energie von einer hochfrequenten Wechselspannung überlagert wird, über die das Triangulationssystem T die Entfernungsinformation entsprechend kodiert an die Auswertelektronik A in dem Gerät sendet.

[0070] Um eine zielgerichtete Navigation des Aufsammelgeräts 1 weiter zu ermöglichen, ist, wie in **Fig. 7** schematisch dargestellt, eine Erfassung des Drehwinkels der Drehplatte 20 bzw. des Triangulationssystems T zur üblichen Verfahrrichtung r erfassbar. Hierzu ist ein Positionsgeber 32 vorgesehen. Dies kann beispielsweise ein optischer Sensor in Form einer Gabellichtschranke mit Rändelscheibe sein. Weiter können auch über den Umfang der Drehplatte 20 mehrere solcher Positionsgeber 22 vorgesehen sein, so beispielsweise in Form von Kontakten an einer oder mehreren Winkelpositionen.

[0071] Um die Leistungsfähigkeit des lichtempfindlichen Elements 11 weiter zu erhöhen, ist gemäß der

in **Fig. 10** dargestellten weiteren Ausführungsform bei einem optischen Triangulationssystem T die Anordnung von zwei Lichtquellen 10, 10' vorgesehen, wobei eine Lichtquelle 10 zur Erfassung von Hindernissen 13 im Nahbereich N und eine Lichtquelle 10' zur Erfassung von Hindernissen 13' im Fernbereich F ausgelegt ist.

[0072] Die beiden Lichtquellen 10 und 10' sind so platziert, dass sich entsprechend zwei kürzere Messbereiche, nämlich der Messbereich für den Nahbereich N und der Messbereich für den Fernbereich F, ergeben, welche sich zu einem längeren Gesamt-Messbereich addieren. Hierbei ist der Signalauswertung bekannt, in welchem Messbereich (N oder F) sich das zu messende Hindernis 13,13' befindet. So sind der Empfänger E und die Lichtquellen 10, 10' untereinander so synchronisiert, dass eine Messung nur dann erfolgt bzw. ein Lichtsignal nur dann gesendet wird, wenn die Auswertelektronik dies dem entsprechenden Empfänger E oder der entsprechenden Lichtquelle 10,10' eindeutig zuordnen kann.

[0073] Dies ist in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel dadurch gelöst, dass die Lichtquellen 10 und 10' Licht mit unterschiedlichen Wellenlängen aussenden. Der Empfänger E bzw. das lichtempfindliche Element 11 kann Wellenlängen des einfallenden Lichtes detektieren, so dass dies für eine eindeutige Messung verwendet werden kann.

[0074] **Fig. 11** zeigt eine Ausführungsform eines Triangulationssystems T, bei welchem zusätzlich zu den hier nicht dargestellten optischen Elementen wie Linsen oder Blenden ein dispergierendes Element 33 in Form eines optischen Primas vorgesehen ist. Hierbei wird bevorzugt über die Lichtquelle 10 Licht mit mehreren Wellenlängen für die Abstandsmessung ausgesendet. Das von dem Hindernis 13 reflektierte Licht wird durch das dispergierende Element 33 in seine spektrale Bestandteile zerlegt, die dadurch auf unterschiedliche Stellen des lichtempfindlichen Elements 11 gelenkt werden. Letzteres ist hierbei in bevorzugter Ausgestaltung ein farbempfindlicher optischer Sensor, so dass über die Messung der abstandsabhängigen Position einer oder mehrerer Wellenlängen auf dem lichtempfindlichen Element 11 die Entfernung zu einem Hindernis 13 gemessen werden kann.

[0075] Um eine aufwändige Justierung des durch den reflektierten Lichtstrahl auf das lichtempfindliche Element 11 geworfenen Lichtpunktes P zu vermeiden, ist in einer weiteren Ausführungsform gemäß der Darstellung in **Fig. 12** vorgesehen, dass der Lichtpunkt P zweidimensional aufgeweitet ist. So weiter quer gerichtet zur Längserstreckung des hier linienförmigen, das heißt eindimensionalen Sensorbereichs 11' des lichtempfindlichen Elements 11. Diese zweidimensionale Aufweitung des Lichtpunk-

tes P kann wahlweise beispielsweise durch Anordnung einer speziellen Vorsatzoptik im Bereich der Lichtquelle 10 oder empfängerseitig durch Anordnung spezieller, so genannter Zylinderlinsen erreicht sein. Zufolge dieser Ausgestaltung ist eine ausreichende Toleranz in Vertikalrichtung bzw. quer zur Ausrichtung des Sensorbereiches 11' gegeben.

[0076] Alternativ kann bei punktförmiger Ausgestaltung des Lichtpunktes P der Sensorbereich 11' des lichtempfindlichen Elements 11 zweidimensional aufgeweitet sein. Es ist entsprechend ein flächiges Sensorsubstrat vorgesehen. Die Aufweitung des Sensorbereiches 11' quer zur Messrichtung entspricht einem Vielfachen des Durchmessers des Lichtpunktes P, so weiter beispielsweise einem Zwei- bis Fünfachen des Durchmessers (vgl. **Fig. 13**).

[0077] Um einem weiteren Problem von optischen Triangulationssensoren zur Abstandsmessung zu begegnen, bei welchem im Nahbereich auf das lichtempfindliche Element 11 eine wesentlich höhere Lichtmenge fällt als im Fernbereich, ist gemäß der Ausführungsform in **Fig. 14** eine Verkipfung des lichtempfindlichen Elements 11 aus einer in Draufsicht quer gerichteten Anordnung zu den einfallenden Lichtstrahlen heraus vorgesehen, so etwa eine Verkipfung zu einer quer gerichteten Ausrichtung von beispielsweise 15°. Die übliche, quer gerichtet zu den einfallenden Lichtstrahlen ausgerichtete Anordnung eines lichtempfindlichen Elements 11 ist zum Vergleich in **Fig. 14** durch die strichpunktisierte Linie schematisch dargestellt.

[0078] Zufolge dieser Verkipfung des lichtempfindlichen Elements 11 ist im Fernbereich eine ausreichende Fokussierung und damit ein hoher Energieeintrag weiterhin gegeben, im Nahbereich jedoch eine verringerte Fokussierung bzw. Energieeintrag, womit insgesamt ein kontinuierlicher Übergang der Signalschwächung zwischen Nah- und Fernbereich erzielt ist.

[0079] Gemäß der Darstellung in **Fig. 15** wird ein Hindernis 13 in einer konstanten Höhe h mittels des Triangulationssystems T erfasst. Um Hindernisse in unterschiedlichen Höhen zu erfassen, wie beispielsweise Absätze 13", Räume unterhalb von Schränken oder ähnliche Hindernisse, ist eine Messung auf unterschiedlichen Höhen h, h', h" vorgesehen. Dies ist erreicht durch eine Oszillierung des Triangulationssystems T in vertikaler Richtung, wobei das gesamte Triangulationssystem T oder auch nur Teile desselben mechanisch in vertikaler Richtung oszillieren und Entfernungsmessungen in unterschiedlichen Höhen messen (vgl. **Fig. 16**).

[0080] Alternativ kann das Triangulationssystem T auch Lichtquellen auf unterschiedlichen Höhen aufweisen, deren reflektierten Lichtstrahlen auf ein

flächiges, das heißt zweidimensionales lichtempfindliches Element 11 treffen.

[0081] **Fig. 17** zeigt ein lichtempfindliches Element 11 als PSD (position sensitive device) -Element, wie es gemäß vorliegender Erfindung in einem Triangulationssystem T zur Abstandsmessung zur Anwendung kommt. Durch die Optik des Triangulationssystems T wird das von dem Objekt O (vgl. **Fig. 18**), dessen Abstand bestimmt werden soll, reflektierte Licht auf das lichtempfindliche Element 11 fokussiert. Der Lichtpunkt P erzeugt auf dem linienförmigen Sensorbereich 11' zwei Fotoströme i_1 und i_2 . Diese werden durch ein geeignetes Messgerät an den Enden des Sensorbereiches 11' abgegriffen und gemessen.

[0082] Die Lage des Lichtpunktes P auf den Sensorbereich 11' ist nach dem Prinzip der optischen Triangulation ein Maß für den Abstand zum Objekt. Dieses Maß wird aus dem Verhältnis der beiden Ströme i_1 und i_2 bestimmt. Die Summe der beiden Ströme i_1 und i_2 hängt von der Entfernung des Objekts und seiner Oberflächenbeschaffenheit, d. h. vom Reflexionsgrad ab. Durch die Ermittlung der Entfernung können weiter Informationen über die Oberflächenbeschaffenheit ermittelt werden, welche Informationen für die Navigation des Bodenstaub-Aufsammlergeräts 1 im Raum R verwendet werden kann.

[0083] In **Fig. 18** ist ein Bodenstaub-Aufsammlergerät 1 in einem Raum R dargestellt. Die Kontur des Raumes R wird mit Hilfe des Triangulationssystems T erfasst. Infolge der Auswertung der Geometrieeininformationen kann sich das Bodenstaub-Aufsammlergerät 1 innerhalb des Raumes R orientieren. Weiter ist das Gerät 1 mit Hilfe des Triangulationssystems T in der Lage, die Reflektionseigenschaften der Umgebung mit dem beschriebenen Verfahren zu bestimmen, so dass das Gerät diese Informationen zusätzlich zur Orientierung und Navigation einsetzen kann. So kann das Gerät 1 weiter, wie in **Fig. 18** schematisch dargestellt, Bereiche mit unterschiedlichen Reflektionseigenschaften identifizieren, wobei in der Darstellung in **Fig. 18** Objekte O mit unterschiedlichen Reflektionseigenschaften durch gestrichelte und durchgezogene Linien schematisch dargestellt sind.

[0084] Die Signalstärke zur Ermittlung des Reflexionsgrades ist auch bei Triangulationssystemen T anwendbar, welche als lichtempfindliches Element 11 beispielsweise Fotochips wie etwa CCD- oder CMOS-Chips aufweisen.

[0085] In **Fig. 19** ist eine Ausführungsform des Empfängers E dargestellt, bei welcher sowohl die Empfängerlinse 12 als auch die Korrekturlinse 14 als bikonvexe Linsen ausgeführt sind. Eine besonders wirksame Beeinflussung des Strahlengangs wird

hierbei dadurch erreicht, dass mindestens eine der beiden Linsenflächen als asphärische Fläche ausgeführt ist. Diese Linsenfläche besitzt hierbei eine von einer Kugel abweichende Form. In der in **Fig. 19** dargestellten Anordnung ist die Korrekturlinse 14 mit zwei asphärischen Flächen versehen. Auch die Empfängerlinse 12 weist eine asphärische Fläche auf, nämlich die dem Lichtstrahl zugewandte Fläche.

[0086] Beide Linsen sind weiter bevorzugt mit zylindrischen Fassungen versehen, um diese in einer Halterung mit zylindrischen Bohrungen aufnehmen zu können. Die zylindrische Fassung im Bereich der Korrekturlinse 14 trägt das Bezugszeichen 34.

[0087] Eine Beispillösung mit einer optischen Blende zwischen den optischen Linsen (Empfängerlinse 12 und Korrekturlinse 14) ist in **Fig. 20** dargestellt. Die optische Blende 15 besteht aus einem optisch undurchlässigen Material wie beispielsweise aus undurchsichtigem Kunststoff oder Metall und besitzt weiter eine zentrale Öffnung 35, durch die der Strahlengang der Empfängeroptik verläuft. Die optische Blende 15 kann alternativ auch vor der Empfängerlinse 12 oder zwischen der Korrekturlinse 14 und dem lichtempfindlichen Element 11 positioniert sein. Darüber hinaus ist auch die Anordnung von mehr als einer optischen Blende 15 möglich.

[0088] Eine Beispillösung mit einem optischen Filterelement ist in **Fig. 21** dargestellt. Dieses optische Filterelement 16 besteht aus einem transparenten Material, welches so eingefärbt ist, dass dieses vorwiegend die Wellenlänge des verwendeten Lichts durchlässt, Licht mit anderen Wellenlängen jedoch absorbiert. So kann beispielsweise für das Filterelement 16 ein Kunststoffmaterial Verwendung finden, welches bei geringem Gewicht eine sehr hohe Bruchfestigkeit und auch bei extremen Temperaturen ein hohes Maß an Formstabilität aufweist.

[0089] Alternativ zu einem eingefärbten Filterelement 16 kann auch ein transparentes Element mit einem Interferenzfilter beschichtet sein.

[0090] Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit eine der verwendeten Linsen einzufärben oder zu beschichten. In **Fig. 22** ist eine Ausführungsform dargestellt, bei welcher die Korrekturlinse 14 auf ihrer dem Lichtstrahl zugewandten Vorderseite mit einer gleichmäßigen Filterschicht 36 beschichtet ist.

[0091] Die optische Desaktivierung mindestens einer der Linsen kann dadurch erreicht sein, dass die Linse graduell eingefärbt wird. Eine solche Lösung ist in **Fig. 23** dargestellt, wobei hier die Korrekturlinse 14 zumindest auf der dem Lichtstrahl zugewandten Seite graduell eingefärbt ist.

[0092] In dem Bereich, der vorwiegend dann von Licht durchstrahlt wird, wenn ein Objekt im Nahbereich erfasst wird, ist die Linse dunkel eingefärbt (Bereich 37). Zu dem Bereich der Linse hin, der von Licht durchstrahlt wird, wenn ein Objekt im Fernbereich erfasst wird, wird die Einfärbung zunehmend schwächer, so dass die Linse, hier die Korrekturlinse 14, schließlich vollständig transparent ist (Bereich 38).

[0093] Eine optische Desaktivierung mindestens einer Linse kann weiter auch durch mechanische Beschnidung der Linse erreicht sein. **Fig. 24** zeigt eine derartige Lösung im Zusammenhang mit der Korrekturlinse 14, welcher zugewandt dem Bereich, der vorwiegend dann von Licht durchstrahlt wird, wenn ein Objekt im Nahbereich erfasst wird, durch annähernd sekantenförmige Schnittführung Linsenbereiche abgetrennt sind. Die Beschnidungsbereiche sind in **Fig. 24** mit dem Bezugssymbol 39 gekennzeichnet.

[0094] Die linienförmige Aufweitung des Lichtpunktes P ist weiter beispielsweise mit einer Zylinderlinse 40 erreichbar. **Fig. 25** zeigt eine entsprechende Anordnung, wobei die Zylinderlinse 14 zugleich auch die Funktion der Korrekturlinse 40 erfüllt.

[0095] Das Triangulationssystem T ist in einer Weiterbildung des Erfindungsgegenstandes kardanisch aufgehängt, so dass dieses stets in horizontaler Richtung ausgerichtet ist. **Fig. 26** zeigt eine erste Ausführungsform dieser kardanischen Aufhängung. Das Triangulationssystem T ist auf einer Plattform 41 montiert. Diese ist beispielsweise Teil des Gehäuses des Triangulationssystems T. Die Plattform 41 ist um eine horizontale Drehachse b in einem Rahmen 42 gelagert, welcher Rahmen 42 wiederum drehbar um eine Drehachse a in zwei Stützen 43 gelagert ist. Die Drehachsen a und b verlaufen sich kreuzend, einen rechten Winkel zueinander einschließend.

[0096] Die Stützen 43 sind fest mit der Gerätehaube 6 des Bodenstaub-Aufsammlergerätes 1 verbunden. Unterhalb der gemeinsamen Ebene, die die beiden rechtwinklig zueinander stehenden Drehachsen a und b miteinander bilden, befindet sich ein Gegengewicht 44, mit einer Masse, welche erheblich größer ist als die Masse des Triangulationssystems. Zufolge dieser Anordnung ist sichergestellt, dass die Gewichtskraft des Gegengewichts 44 des Triangulationssystems T stets in der horizontalen Lage hält, auch wenn das Bodenstaub-Aufsammlergerät 1 etwa beim Überfahren einer Türschwelle aus der Horizontalen herausgeneigt ist.

[0097] Alternativ zu einer passiven Kompensation der Schnittstellung des Triangulationssystems T ist auch eine aktive Kompensation mittels zweier Stell-

motoren 45, 45 möglich. Dies ist in **Fig. 27** als Beispieldlösung dargestellt.

[0098] Das Triangulationssystem T ist wie in der mit Bezug zu **Fig. 26** beschriebenen Lösung über zwei Drehachsen a und b über einen Rahmen 42 in zwei Stützen 43 gelagert, welche Stützen fest mit der Gerätehaube 6 des Geräts 1 verbunden sind. Zusätzlich ist ein Neigungssensor 47 vorgesehen, der den Winkel erfasst, den das Gerät zur Horizontalen bildet. Über die geometrischen Abmaße der kardanischen Aufhängung wird dieser Neigungswinkel in einen Drehwinkel des Triangulationssystems um die Drehachsen a und b umgerechnet. Diese Drehwinkel können über eine entsprechende Lageregelung der Stellmotoren 45 und 46 als Stellgrößen vorgegeben sein, die dann die Neigung des Triangulationssystems T gegenüber der Horizontalen kompensieren.

[0099] Prinzipiell können alle Wellenlängen, die von dem lichtempfindlichen Element 11 detektiert werden können, benutzt werden. Bevorzugt werden Standardlichtfarben. Weiter sind bevorzugt als Lichtquelle 10 baulich kleine und leichte Laserdioden oder dgl. vorgesehen, so weiter beispielsweise Laserdioden mit rotem Licht. Diese besitzen in der Regel Wellenlängen im Bereich von 635 nm bis 658 nm. Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit der Anordnung von Laserdioden mit grünem Licht, bei welchen der Wellenlängenbereich etwa bei 500 nm liegt. Darüber hinaus sind auch Lichtquellen im Infrarotbereich möglich, mit einer Wellenlänge von 900 nm. In diesem Zusammenhang werden bevorzugt LED's verwendet. Darüber hinaus sind auch Infrarot-Laserdioden als Lichtquelle 10 vorsehbar.

[0100] Alle offenbarten Merkmale sind (für sich) erfindungswesentlich. In die Offenbarung der Anmeldung wird hiermit auch der Offenbarungsinhalt der zugehörigen/beigefügten Prioritätsunterlagen (Abschrift der Voranmeldung) vollinhaltlich mit einzogen, auch zu dem Zweck, Merkmale dieser Unterlagen in Ansprüche vorliegender Anmeldung mit aufzunehmen.

Bezugssymbolenliste

- | | |
|---|----------------------------|
| 1 | Bodenstaub-Aufsammlergerät |
| 2 | Chassis |
| 3 | Verfahrräder |
| 4 | Chassisboden |
| 5 | Bürste |
| 6 | Gerätehaube |
| 7 | Schmutzrampe |
| 8 | Mitlaufrad |

| | | | |
|-----|----------------------------|----------------|----------------------|
| 9 | Sensoranordnung | 45 | Stellmotor |
| 10 | Lichtquelle | 46 | Stellmotor |
| 10' | Lichtquelle | 47 | Neigungssensor |
| 11 | lichtempfindliches Element | A | Auswerteelektronik |
| 11' | Sensorbereich | E | Empfänger |
| 12 | Empfängerlinse | F | Fernbereich |
| 13 | Hindernis | L | Nullposition |
| 13' | Hindernis | N | Nahbereich |
| 13" | Hindernis | P | Lichtpunkt |
| 14 | Korrekturlinse | S | Sender |
| 15 | optische Blende | T | Triangulationssystem |
| 16 | optisches Filterelement | O | Objekt |
| 17 | Lichtsensor | R | Raum |
| 18 | Kennlinie | h | Höhe |
| 19 | Kennlinie | h' | Höhe |
| 20 | Drehplatte | h'' | Höhe |
| 21 | Abdeckung | r | Verfahrrichtung |
| 22 | Transparenter Bereich | x | Abstand |
| 23 | Lichtquelle | y | Position |
| 24 | Welle | z | Vertikalachse |
| 25 | Empfangseinheit | α | Erfassungswinkel |
| 26 | Sendeantenne | i ₁ | Fotostrom |
| 27 | Empfängerantenne | i ₂ | Fotostrom |
| 28 | Schleiffringe | a | Drehachse |
| 29 | Schleifikontakte | b | Drehachse |
| 30 | Magnete | | |
| 31 | Spulen | | |
| 32 | Positionsgeber | | |
| 33 | dispergierendes Element | | |
| 34 | Fassung | | |
| 35 | Öffnung | | |
| 36 | Filterschicht | | |
| 37 | Bereich | | |
| 38 | Bereich | | |
| 39 | Beschneidungsbereich | | |
| 40 | Zylinderlinse | | |
| 41 | Plattform | | |
| 42 | Rahmen | | |
| 43 | Stützen | | |
| 44 | Gegengewicht | | |

Patentansprüche

1. Selbsttätig verfahrbares Bodenstaub-Aufsammlergerät (1), nämlich Reinigungsroboter, mit elektromotorisch angetriebenen Verfahrrädern (3), einem Gerätekörper, einem Staubsammelbehälter und einer Gerätetaube (6), wobei das Bodenstaub-Aufsammlergerät (1) mit einer Hinderniserkennung versehen ist, wobei die Hinderniserkennung ein optisches Triangulationssystem (T) ist mit einer Lichtquelle (10, 10') und einer ein optisches Element in Form einer Empfängerlinse (12) für die reflektierten Lichtstrahlen und ein lichtempfindliches Element (11) aufweisenden Empfängereinheit (E), wobei die Lichtstrahlen in der Empfängereinheit (E) so beeinflusst sind, dass es nach einer Bündelung durch die Empfängerlinse (12) zumindest zugeordnet zu größeren realen Entfernung zu dem Hindernis (13, 13') zu größeren Abständen der auftreffenden Lichtstrahlen auf dem lichtempfindlichen Element (11) kommt, dadurch gekennzeichnet, dass das Trian-

gulationssystem (T) beweglich aufgehängt ist und/o-
der kardanisch aufgehängt ist.

2. Selbsttätig verfahrbares Bodenstaub-Aufsam-
melgerät (1), nämlich Reinigungsroboter, nach
Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** einen Nei-
gungssensor.

3. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die
größeren Abstände der auftreffenden Lichtstrahlen
auf dem lichtempfindlichen Element (11) durch eine
zusätzlich zur Empfängerlinse (12) vorgesehene
Korrekturlinse (14) erreicht ist.

4. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach Anspruch 3, **dadurch gekenn-
zeichnet**, dass zusätzlich zu der Empfängerlinse
(12) und der Korrekturlinse (14) mindestens eine
weitere Linse vorgesehen ist.

5. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach Anspruch 4, **dadurch gekenn-
zeichnet**, dass die weitere Linse bei Ausbildung der
Empfängerlinse (12) als Sammellinse zur Bündel-
ung des reflektierten Lichts ausgebildet ist.

6. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zuge-
ordnet der Empfängereinheit (E) eine optische
Blende (15) vorgesehen ist.

7. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zuge-
ordnet der Empfängereinheit (E) ein optisches Filter-
element (16) vorgesehen ist.

8. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur
optischen Filtrierung des reflektierten Lichts das
lichtempfindliche Element (11) beschichtet oder ein-
gefärbi ist.

9. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur
optischen Filtrierung des reflektierten Lichts ein opti-
sches Element, wie eine Linse (12, 14) beschichtet
oder eingefärbt ist.

10. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein
Teilbereich einer Linse (12, 14) optisch deaktiviert
ist.

11. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach Anspruch 10, **dadurch gekenn-
zeichnet**, dass die optische Deaktivierung durch
mechanische Trennung des Linsenbereiches
erreicht ist.

12. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch
gekennzeichnet**, dass die optische Deaktivierung
durch eine Beschichtung mit einer optisch dämpfen-
den oder undurchlässigen Schicht erreicht ist.

13. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach einem der Ansprüche 10 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass die optische Deak-
tivierung durch eine graduelle Einfärbung der Linse
(12, 14) erreicht ist.

14. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach einem der Ansprüche 10 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass die optische Deak-
tivierung in dem dem Nahbereich (N) zugeordneten
Bereich der Linse (12, 14) vorgenommen ist.

15. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zuge-
ordnet der Lichtquelle (10, 10') ein separater Licht-
sensor (17) vorgesehen ist.

16. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die
Lichtquelle (10, 10') eine Laserdiode mit integrierter
Monitordiode ist.

17. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das
Triangulationssystem (T) um eine vertikale Achse
(z) drehbar angeordnet ist.

18. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das
Triangulationssystem (T) auf einer gegenüber dem
feststehenden Gerätegehäuse um eine vertikale
Achse (z) drehbaren Drehplatte (20) angeordnet ist.

19. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach Anspruch 18, **dadurch gekenn-
zeichnet**, dass die Drehplatte (20) sich um die
Vertikalachse (z) alternierend dreht.

20. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reini-
gungsroboter, nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch
gekennzeichnet**, dass die Drehplatte (20) über
einen gesonderten Elektromotor angetrieben ist.

21. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der Ansprüche 18 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Antrieb für die Drehplatte (20) an den Antrieb für die Verfahrräder (3) gekoppelt ist.

22. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der Ansprüche 18 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drehplatte (20) und das auf der Drehplatte (20) angeordnete Triangulationssystem (T) von einer Abdeckung (21) überdeckt sind.

23. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abdeckung (21) teilweise transparent ausgebildet ist.

24. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass der transparente Bereich (22) der Abdeckung (21) als optische Blende und/ oder optisches Filterelement ausgebildet ist.

25. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach Anspruch 23 oder 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass der transparente Bereich der Abdeckung (21) zur Ausbildung einer optischen Blende und/oder eines optischen Filterelements beschichtet ist.

26. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der Ansprüche 18 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Triangulationssysteme (T) auf der Drehplatte (20) angeordnet sind.

27. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der Ansprüche 18 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass neben dem Triangulationssystem (T) weitere Überwachungselemente, wie Ultraschallsensoren oder Kameras auf der Drehplatte (20) angeordnet sind.

28. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der Ansprüche 18 bis 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Energieversorgung des Triangulationssystems (T) auf der Drehplatte (20) eine Schleifring-/Schleifikontakt-Anordnung vorgesehen ist.

29. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der Ansprüche 18 bis 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Energieversorgung des Triangulationssystems (T) auf der Drehplatte (20) die Relativbewegung der Drehplatte (20) zum Gerätegehäuse genutzt ist.

30. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine optische Übertragung der vom lichtempfindlichen Element (11) empfangenen Signale vorgesehen ist.

31. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Übertragung der Signale des lichtempfindlichen Elements (11) mittels Funk erfolgt.

32. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Übertragung der Signale des lichtempfindlichen Elements (11) induktiv erfolgt.

33. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der Ansprüche 18 bis 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Übertragung der Signale des lichtempfindlichen Elements (11) bei einer Energieversorgung der Drehplatte (20) über eine Schleifring-/Schleifikontakt-Anordnung über die Schleifring-/Schleifikontakt-Anordnung mittels kodierter Signale erfolgt.

34. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der Ansprüche 18 bis 33, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Erfassung des Drehwinkels des Triangulationssystems (T) zum feststehenden Gerätegehäuse ein Sensor vorgesehen ist.

35. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das lichtempfindliche Element (11) ein eindimensionales Element ist.

36. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das lichtempfindliche Element (11) ein zweidimensionales Element ist.

37. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das lichtempfindliche Element (11) ein PSD-Element ist.

38. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das lichtempfindliche Element (11) ein CCD-Element ist.

39. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das lichtempfindliche Element (11) ein CMOS-Element ist.

40. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtquelle (10, 10') sichtbares Licht aussendet.

41. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtquelle (10, 10') nicht sichtbares Licht aussendet.

42. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtquelle (10, 10') Licht mit einer Wellenlänge aussendet.

43. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtquelle (10, 10') Licht mit mehreren Wellenlängen aussendet.

44. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei oder mehr Lichtquellen (10, 10') vorgesehen sind.

45. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei oder mehr lichtempfindliche Elemente (11) vorgesehen sind.

46. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach Anspruch 44 oder 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei zwei oder mehr Lichtquellen (10, 10') und/oder lichtempfindlichen Elementen (11) die Lichtquellen (10, 10') und Elemente (11) synchronisiert sind.

47. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der Ansprüche 44 bis 46, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei mehreren Lichtquellen (10, 10') die Lichtquellen (10, 10') zum Aussenden von Licht mit unterschiedlichen Wellenlängen ausgebildet sind und dass die lichtempfindlichen Empfänger (10) so ausgelegt sind, dass sie vorgegebene Längenwellen detektieren.

48. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bezogen auf eine Lichtquelle (10, 10'), die Licht im Spektralbereich aussendet, zusätzlich zu den optischen Elementen ein dispergierendes Element (33) vorgesehen ist.

49. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Dispersion das lichtempfindliche Element (11) eingefärbt ist.

50. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der auf das lichtempfindliche Element (11) auftreffende Lichtpunkt (P) zweidimensional aufgeweitet ist.

51. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach Anspruch 50, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufweitung des Lichtpunkts (P) durch Formung des Lichts an der Lichtquelle (10, 10') und/ oder im Empfangsbereich erreicht ist.

52. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das lichtempfindliche Element (11) so angeordnet ist, dass in dem Nahbereich (N) zugeordneten Elementbereich eine weniger große Fokussierung erreicht ist als in dem Fernbereich (F) zugeordneten Elementbereich.

53. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das lichtempfindliche Element (11) feststehend und die mit dem lichtempfindlichen Element zusammenwirkenden optischen Elemente drehbar angeordnet sind.

54. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Triangulationssystem (T) in vertikaler Richtung oszilliert.

55. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Lichtquelle (10,10') ein linienförmiger Laser vorgesehen ist.

56. Bodenstaub-Aufsammelgerät, nämlich Reinigungsroboter, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Lichtquellen (10, 10') auf unterschiedlichen vertikalen Höhen vorgesehen sind.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

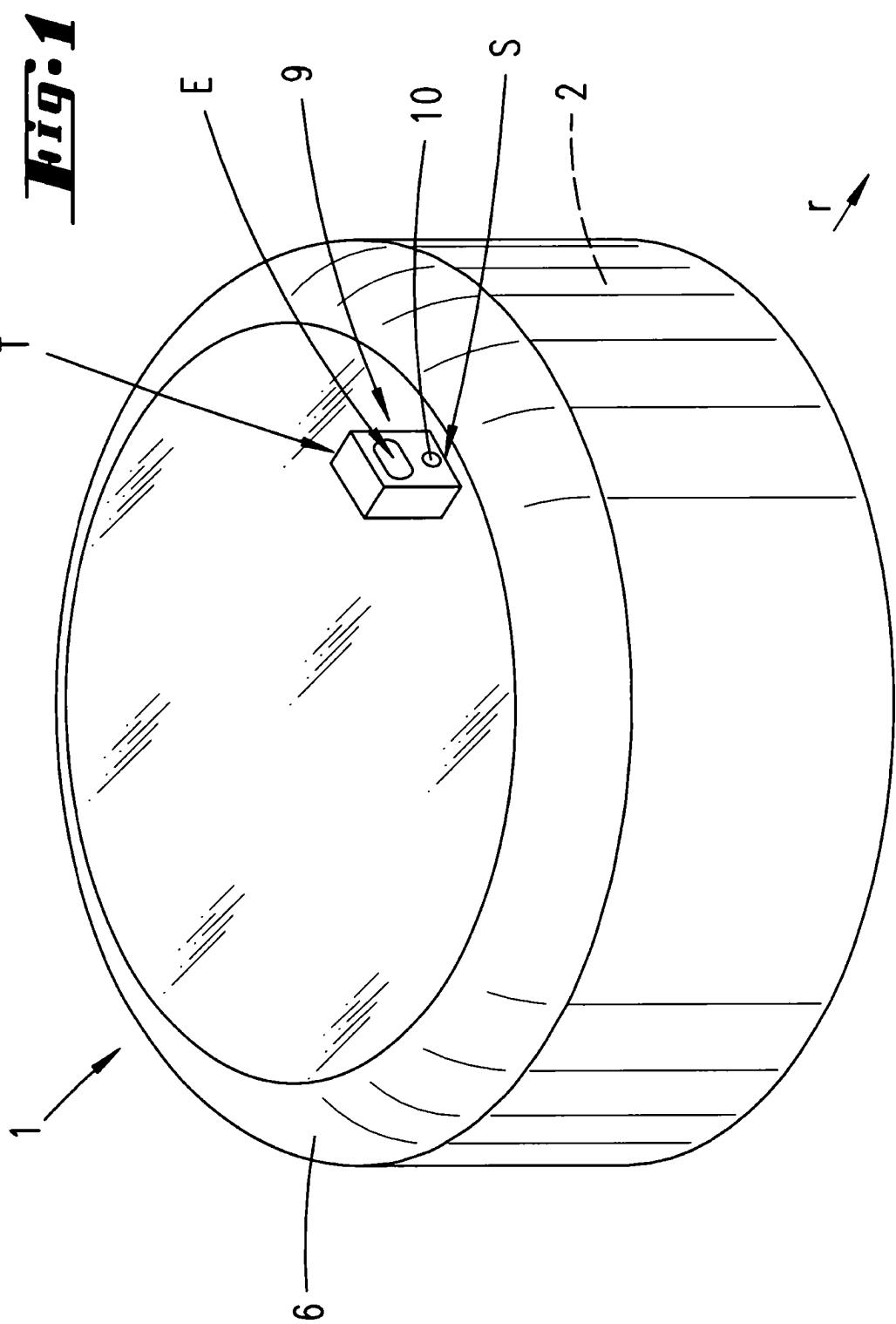
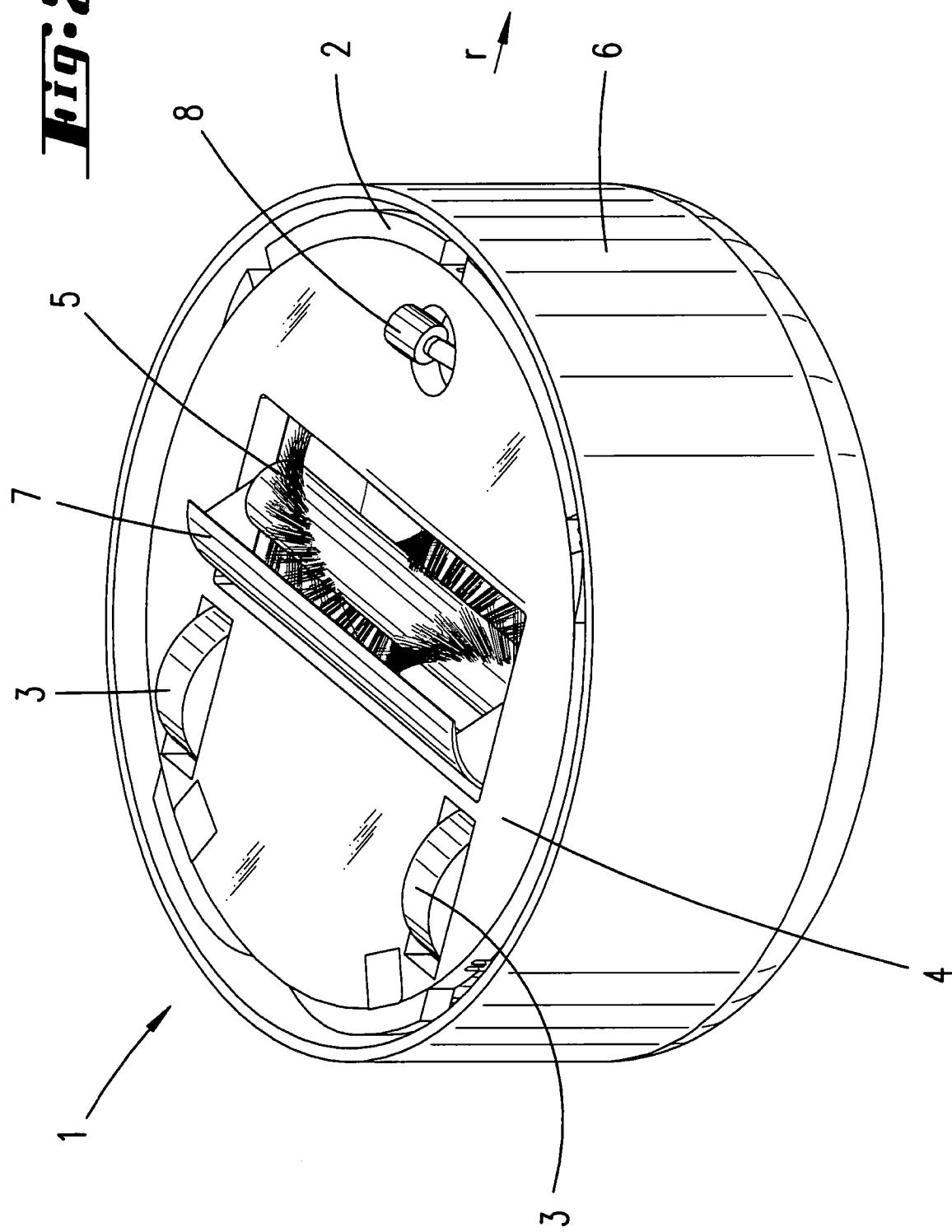


Fig. 2



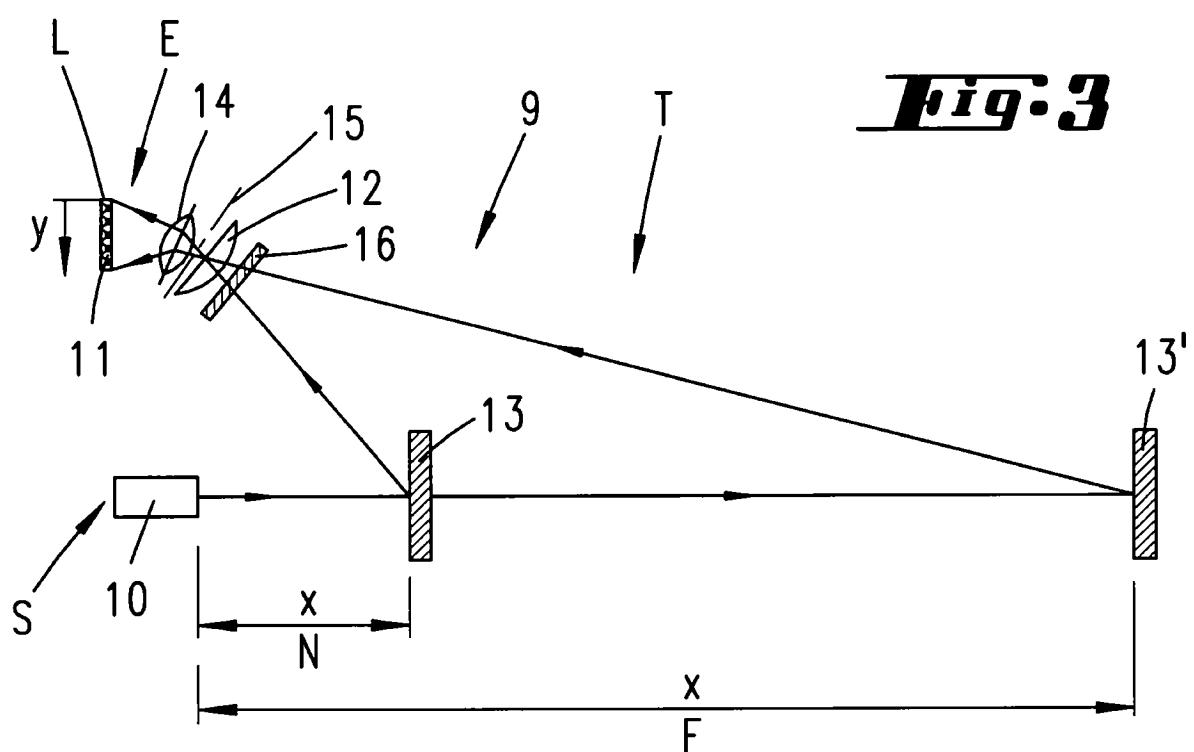


Fig. 3

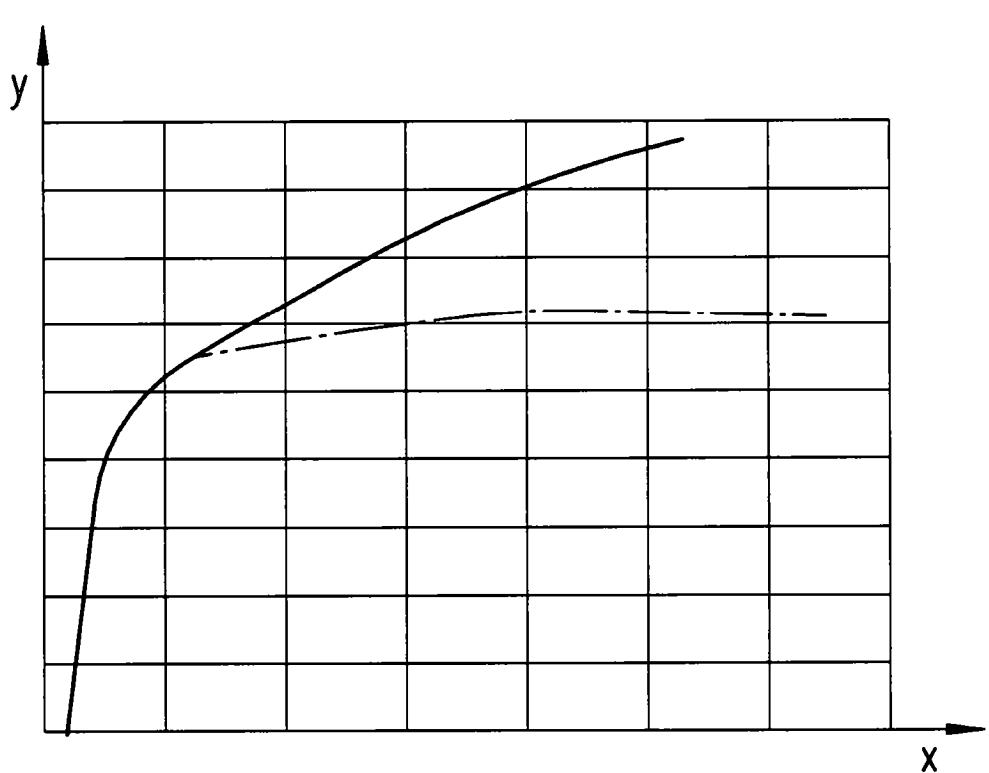


Fig. 4

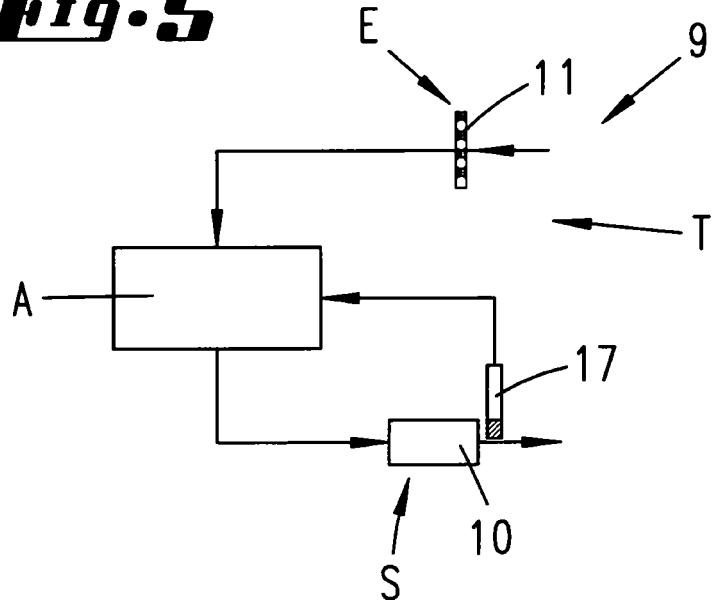
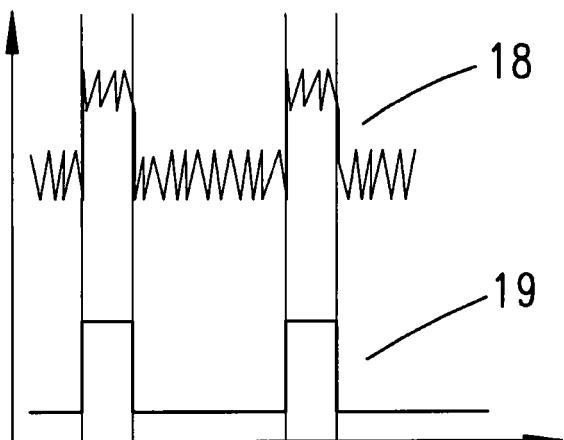
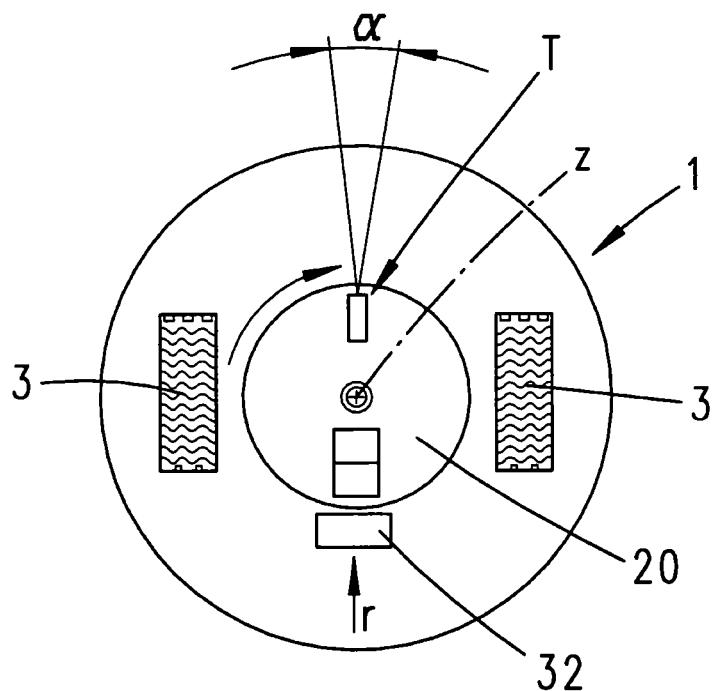
Fig. 5***Fig. 6******Fig. 7***

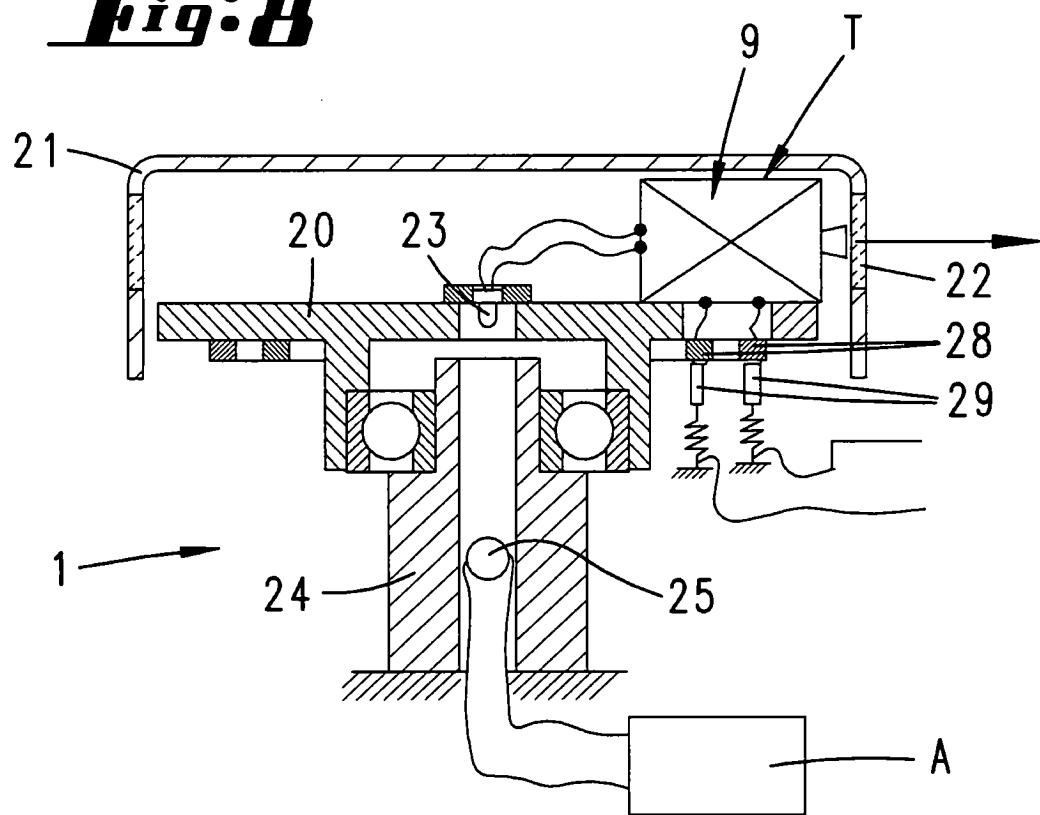
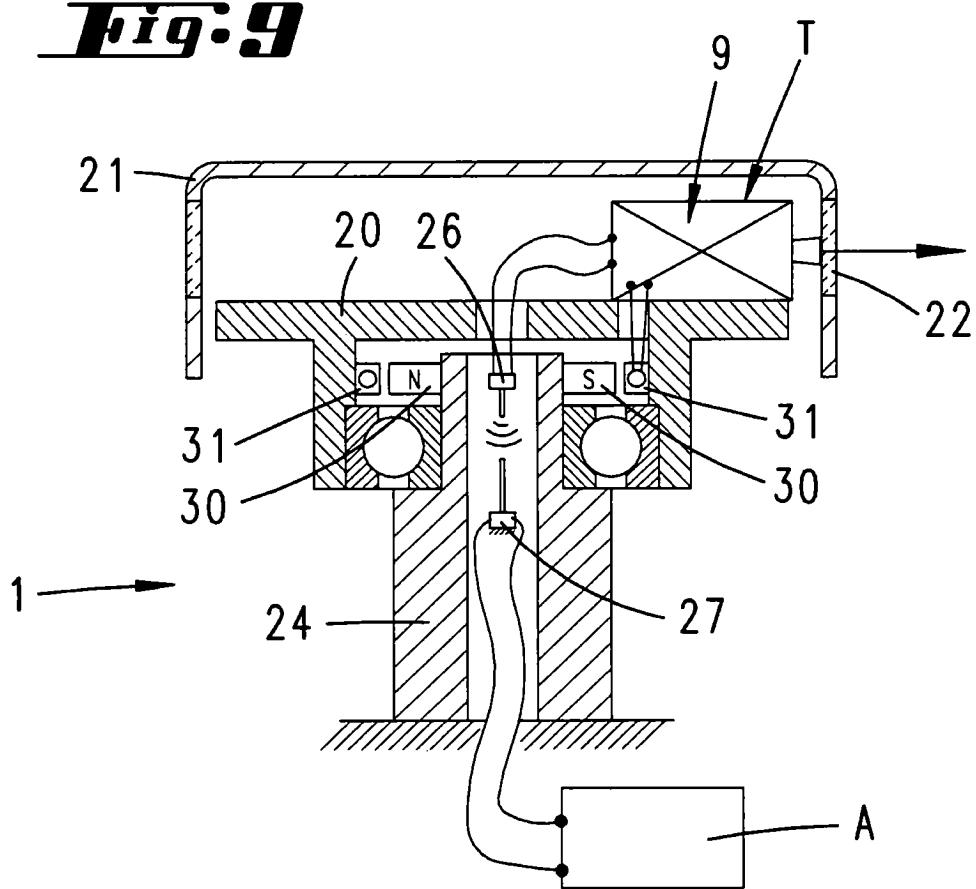
Fig. 8***Fig. 9***

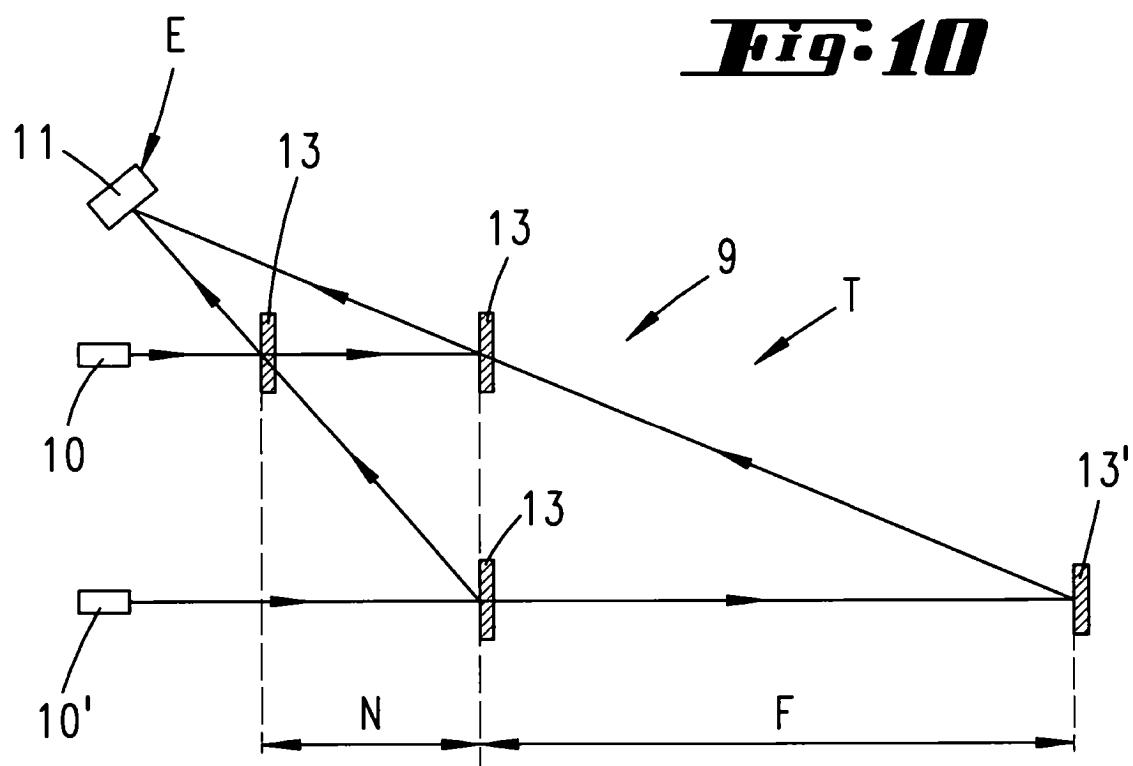
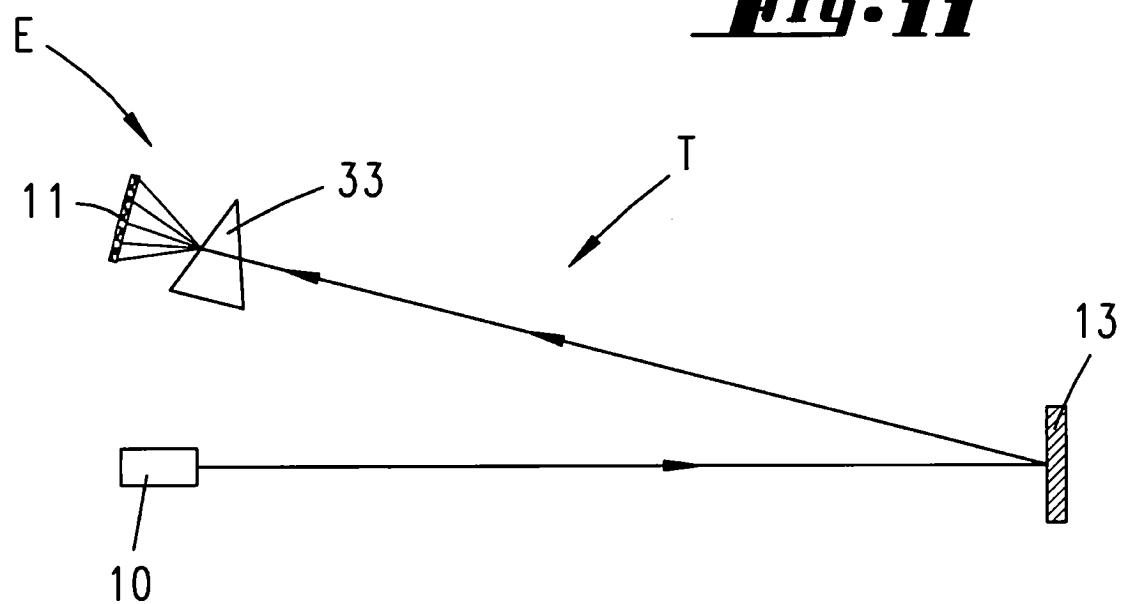
Fig. 10***Fig. 11***

Fig:12

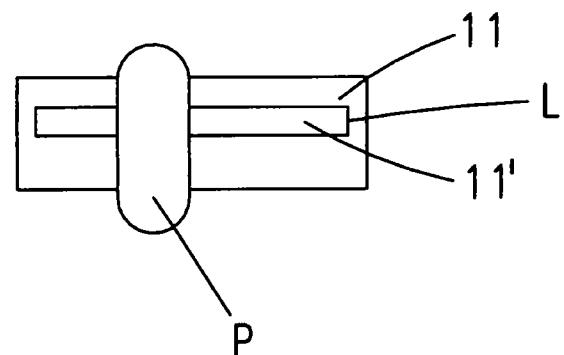


Fig:13

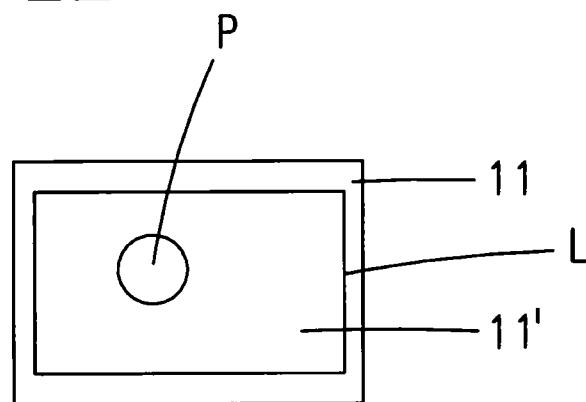


Fig:14

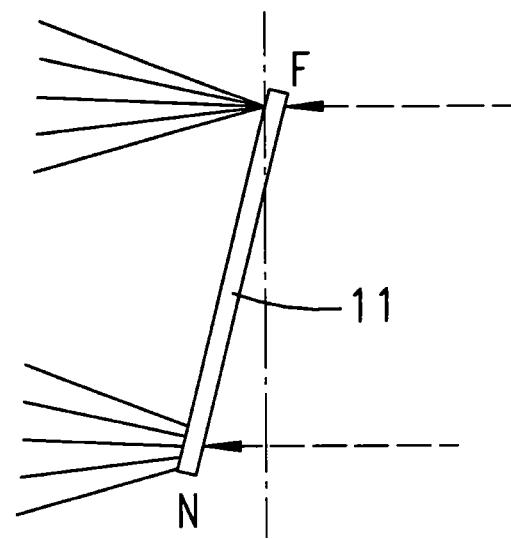


Fig. 15

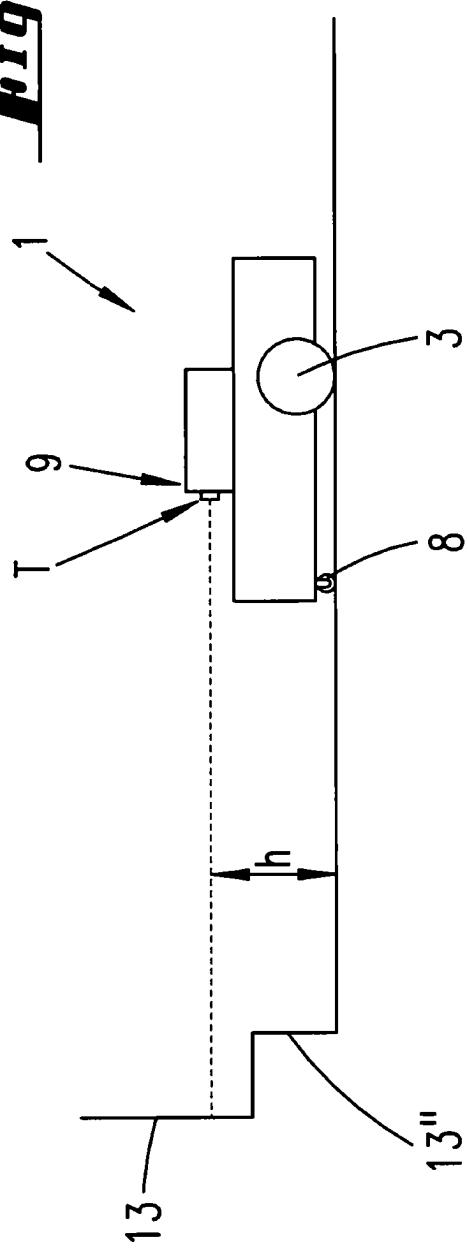


Fig. 16

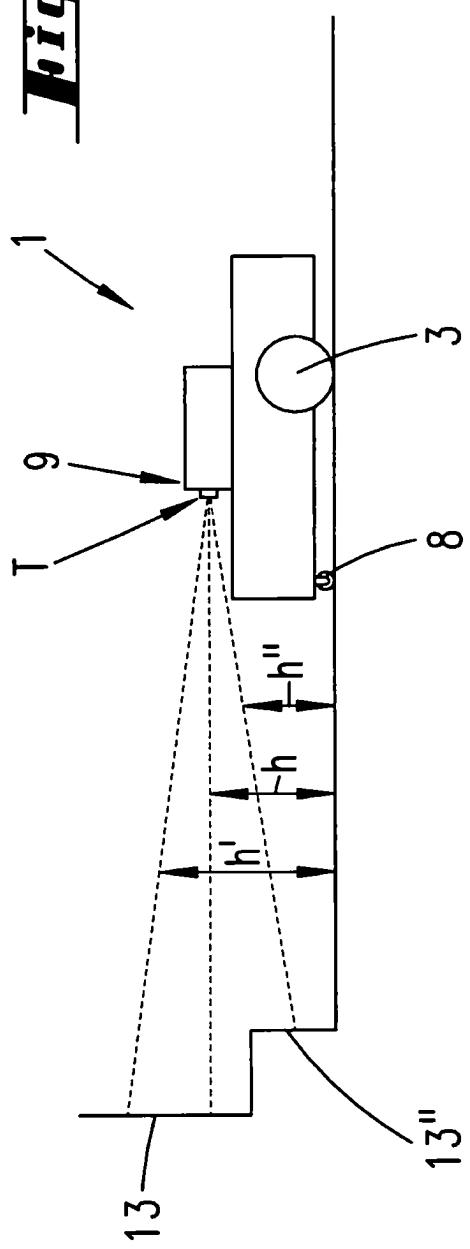


Fig. 17

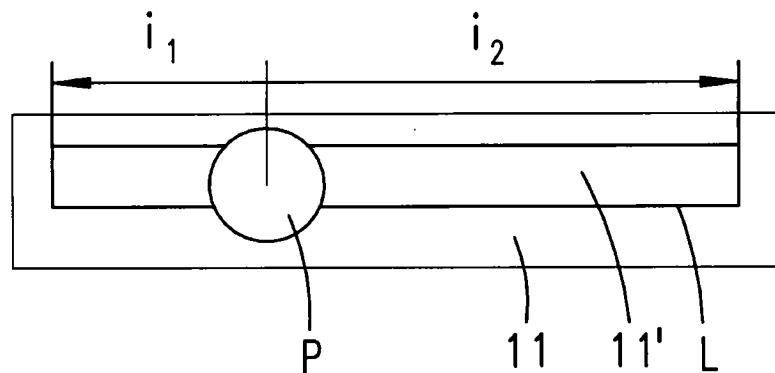


Fig. 18

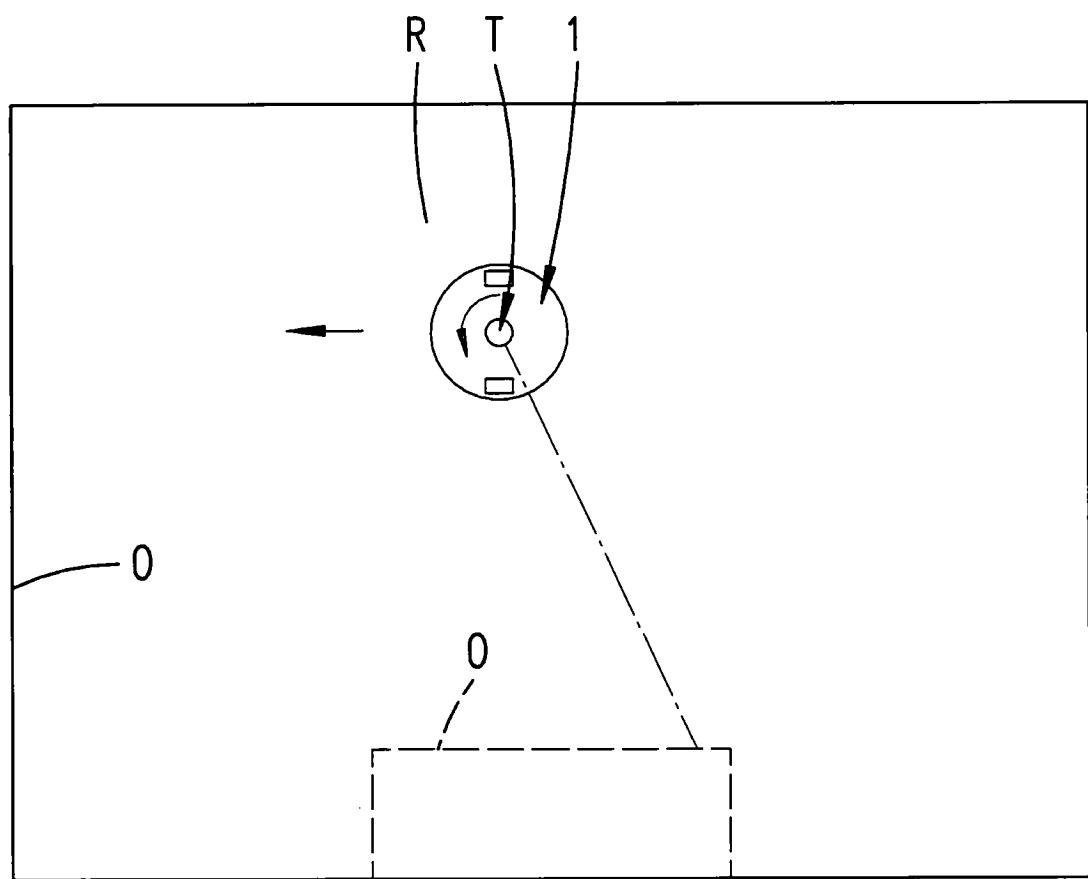


Fig. 19

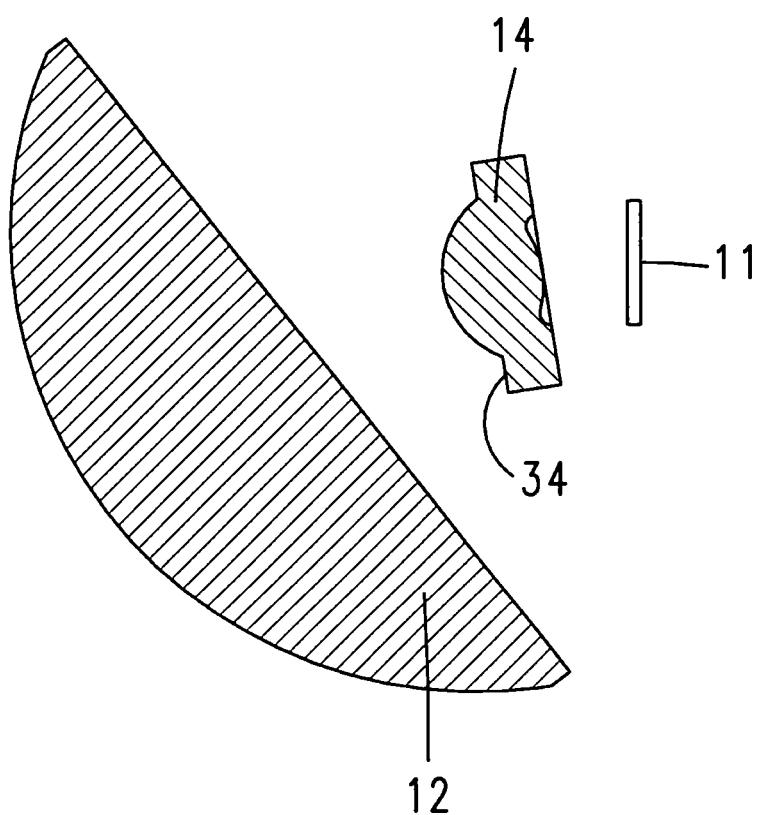


Fig:20

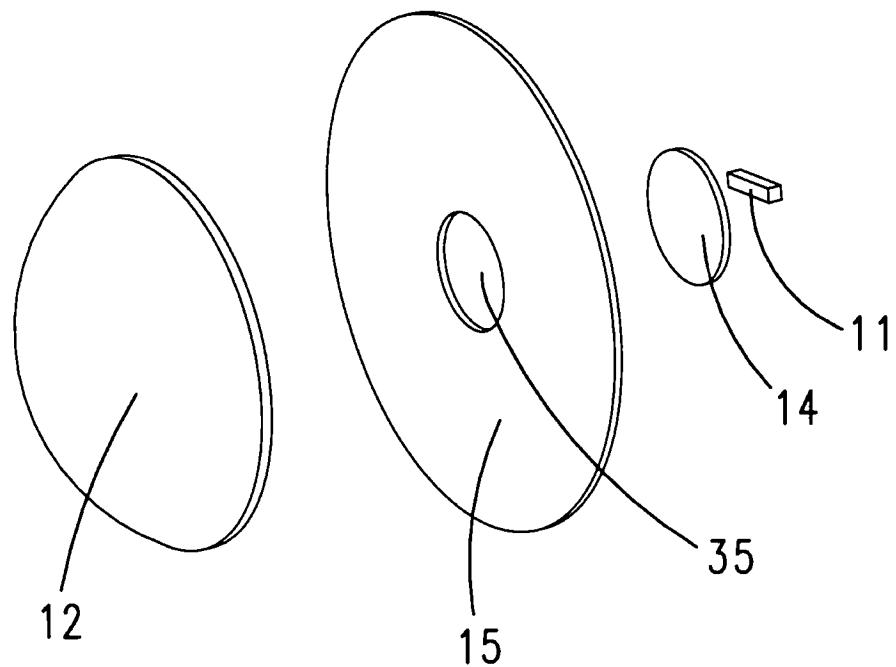


Fig:21

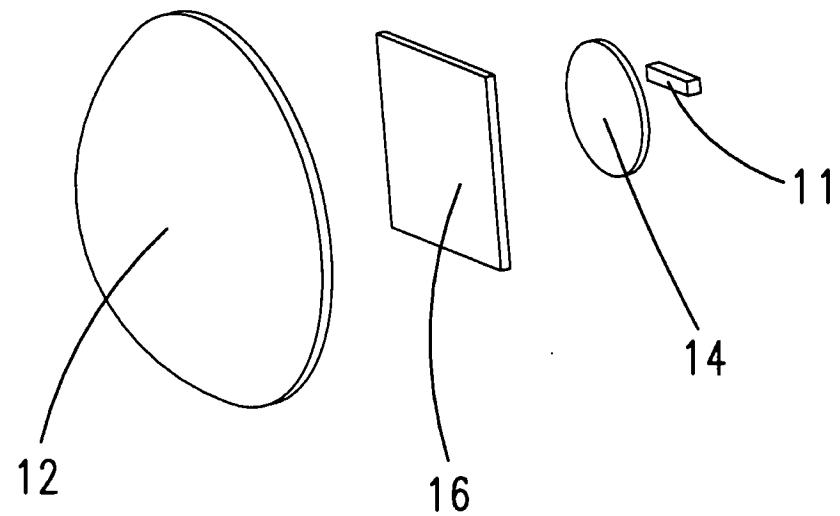


Fig. 22

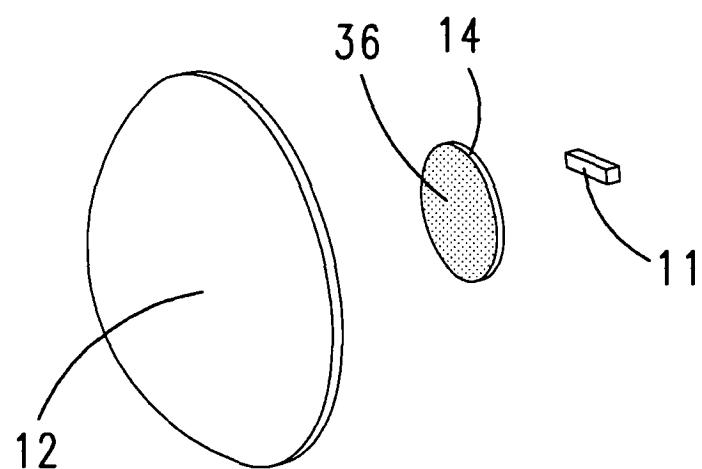


Fig. 23

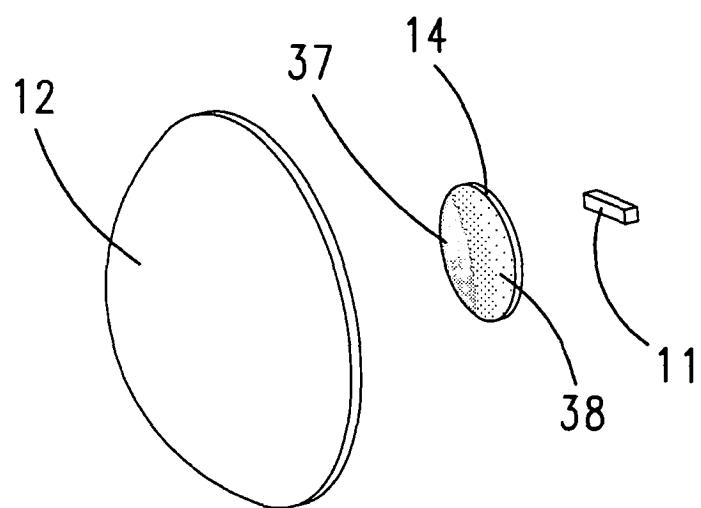


Fig. 24

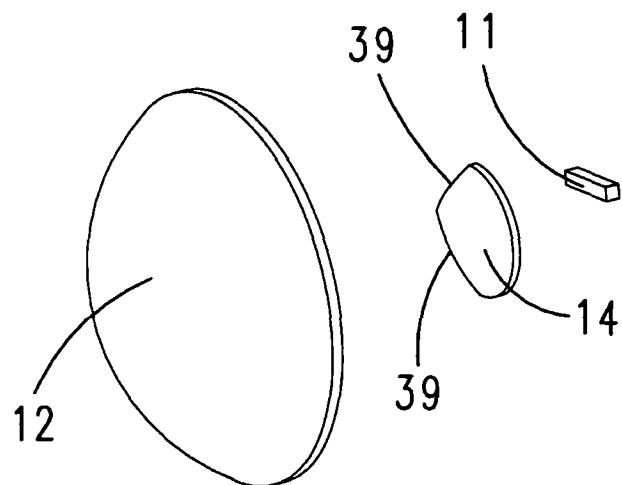


Fig. 25

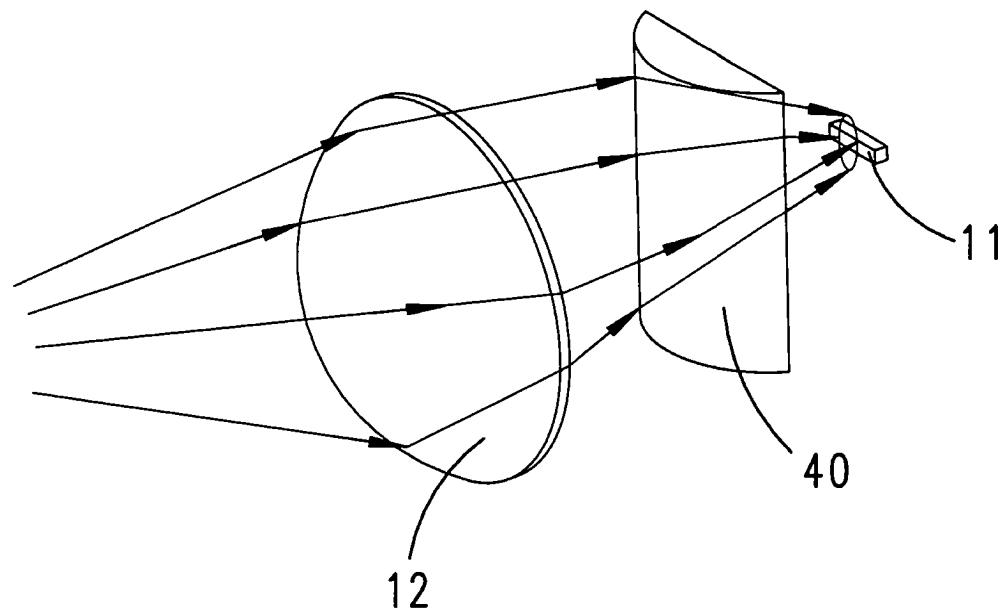


Fig. 26

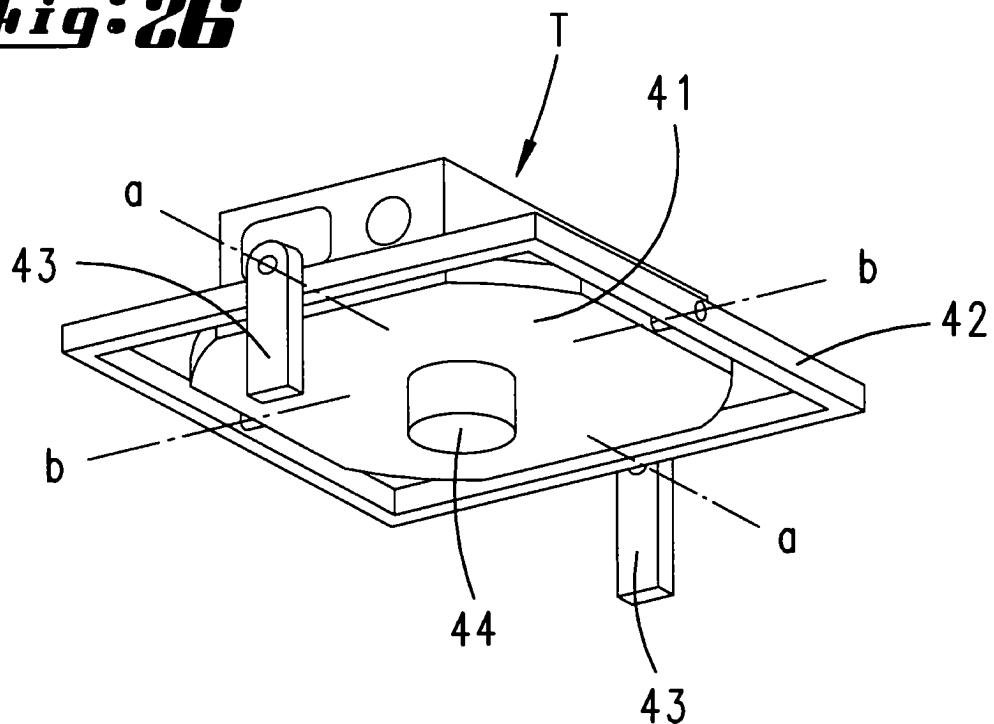


Fig. 27

