

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
20. Dezember 2012 (20.12.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/171785 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G02B 21/00 (2006.01) **G01B 11/25** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/060013
- (22) Internationales Anmeldedatum:
29. Mai 2012 (29.05.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102011077763.6 17. Juni 2011 (17.06.2011) DE
102011078817.4 7. Juli 2011 (07.07.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHICK, Anton**
[DE/DE]; Riemerweg 2, 84149 Velden (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

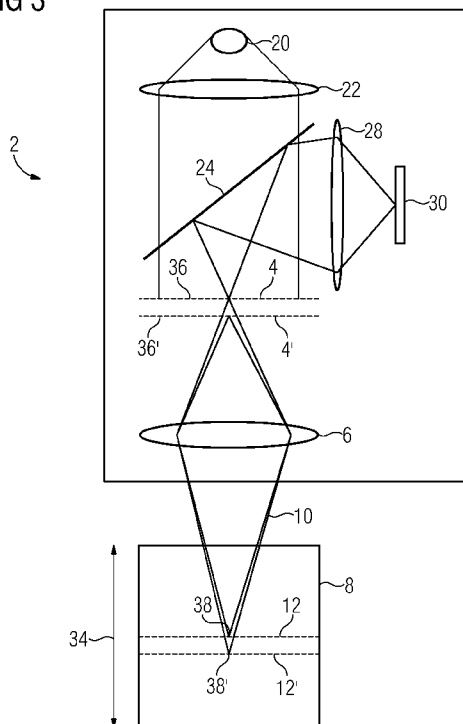
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR THREE-Dimensionally MEASURING A BODY AND APPARATUS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR DREIDIMENSIONALEN VERMESSUNG EINES KÖRPERS UND VORRICHTUNG

FIG 3



(57) Abstract: The invention relates to a method for three-dimensionally measuring a body (18), wherein light is emitted by a point light source matrix (4), wherein the light is guided through an imaging optical unit (6) into a measurement volume (8) and an image (12) of the point light source matrix (4) is generated in a focal region (38) in the measurement volume (8). The invention is that two focal regions (38, 38') with in each case one image (12, 12') of at least one point light source matrix (4) are present in the measurement volume (8), which are moved together in an equidistant manner through the measurement volume (8).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung eines Körpers (18), wobei Licht von einer Punktlichtquellenmatrix (4) abgestrahlt wird, wobei das Licht durch eine Abbildungsoptik (6) in ein Messvolumen (8) geleitet wird, und ein Abbild (12) der Punktlichtquellenmatrix (4) in einem Fokusbereich (38) im Messvolumen (8) erzeugt wird. Die Erfindung besteht darin, dass im Messvolumen (8) zwei Fokusbereiche (38, 38') mit jeweils einem Abbild (12, 12') mindestens einer Punktlichtquellenmatrix (4) vorliegen, die gemeinsam äquidistant durch das Messvolumen (8) bewegt werden.



LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Beschreibung

Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung eines Körpers und Vorrichtung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung eines Körpers nach Anspruch 1 sowie eine Messvorrichtung zur dreidimensionalen Vermessung eines Körpers nach Patentanspruch 6.

10

Konfokale 3D-Scanner weisen eine, im Vergleich zu Triangulationssystemen, geringe Messgeschwindigkeit auf. In der Regel werden schreibchenweise 2D-Bilder bei verschiedenen Fokusslagen relativ zur Topographie des zu vermessenden Objektes aufgenommen. Anschließend wird Pixelweise die Fokusslage mit der höchsten Intensität ermittelt, welche wiederum mit der Höhe des Objektpixels korrespondiert. Zwischen der ersten Bildaufnahme und der letzten Bildaufnahme eines Scans vergeht relativ viel Zeit, die beispielsweise zwischen 200 und 500 ms liegt, da je nach Auflösung des Systems eine Vielzahl von Kamerabildern aufgenommen und ausgewertet werden muss.

20

Bei handgeführten Scannern tritt das Problem auf, dass durch Verwackelung Messunschärfen entstehen können oder dass durch bewusste Bewegung des Scannkopfes in eine Richtung sich die Form eines Objektes verzerrt. Falls die Orientierung und Bewegungstrajektorie des Scannkopfes nicht bekannt ist und auch nicht mit genügend hoher Genauigkeit gemessen werden kann, lässt sich die reale 3D-Form eines Objektes nicht ausreichend rekonstruieren.

25

30

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein konfokales Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung eines Körpers sowie eine solche Vorrichtung bereitzustellen, das dazu geeignet ist, diese Messung auch bei Verwackelung des Scanners bzw. des Körpers möglichst fehlerfrei zu gewährleisten.

35

Die Lösung der Aufgabe besteht in einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 6.

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren nach Patentanspruch 1 zur dreidimensionalen Vermessung eines Körpers erfolgt mit folgenden Merkmalen. Zunächst wird Licht von einer Punktlichtquellenmatrix abgestrahlt, wobei das Licht durch eine Abbildungsoptik in ein Messvolumen geleitet wird, wobei in dem
- 10 Messvolumen ein Abbild der Punktlichtquellenmatrix in einem Fokusbereich erzeugt wird. Das aus dem Fokusbereich zurück gestreute Licht wird wiederum von einer zur Punktlichtquellenmatrix korrespondierenden Punktdetektormatrix detektiert. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass im Messvolumen
- 15 zwei Fokusbereiche mit jeweils einer Abbildung mindestens einer Punktlichtquelle und mindestens einem korrespondierenden punktförmigen Detektor vorliegen, die gemeinsam äquidistant durch das Messvolumen bewegt werden.
- 20 Die Punktlichtquellenmatrix erzeugt somit in konfokaler Weise einen Fokusbereich, der in dem Messvolumen liegt, in dem der zu vermessende Körper angeordnet ist. Die im Fokusbereich vorliegende Abbildung der Punktlichtquellenmatrix wird an dem zu untersuchenden Körper reflektiert und durch eine zur
- 25 Punktlichtquellenmatrix korrespondierenden punktförmigen Detektormatrix aufgenommen. Der Detektor erzeugt wiederum in einer konfokalen Anordnung ein 2D-Bild als Momentaufnahme im Fokusbereich. Mehrere solcher Bilder können so zu einem dreidimensionalen Scannbild zusammengefasst werden. Ein derartiges,
- 30 aus konfokalen Aufnahmen zusammengesetztes dreidimensionales Bild ist bereits aus dem Stand der Technik bekannt.

Die Erfindung unterscheidet sich davon darin, dass nicht nur ein Fokusbereich das Messvolumen durchläuft, sondern mindestens

35 zwei Fokusbereiche gemeinsam in äquidistantem Abstand durch das Messvolumen verschoben bzw. bewegt werden. Ein üblicher Scann eines konfokalen 3D-Scanners benötigt zwischen 200 ms und 500 ms, um ein übliches Messvolumen zu durchlau-

fen. In dieser Zeit kann eine Verwackelung des zu vermessen-
den Körpers bzw. eine Verwackelung des Scanners durch den Be-
diener auftreten. Die Art und Weise, wie diese Bewegung bzw.
Verwackelung erfolgt ist, also die so genannte Bewegungstra-
jektorie des Scanners bzw. des Körpers, kann aus den aufge-
nommenen Bildern nicht ermittelt werden.

Durch die Anwendung von zwei äquidistanten Fokusbereichen und
Abbildungen in diesen Fokusbereichen kann von einer zu beo-
achtenden Messebene in kurzer Zeit hintereinander zwei Auf-
nahmen erstellt werden. Es werden somit die Bilder der zu be-
obachtenden Messebene verglichen, die nacheinander von den
zwei Fokusbereichen durchlaufen werden. Der zeitliche Ab-
stand, der zwischen dem Durchlaufen des ersten Fokusbereiches
und des zweiten Fokusbereiches durch eine definierte Messebe-
ne besteht, ist im Vergleich zur Gesamtscannzeit relativ
kurz, er beträgt bevorzugt zwischen 1 ms und 30 ms. Eine Ver-
wackelung, die in dieser kurzen Zeit aufgetreten ist, kann
durch den Vergleich von den zwei Bildern, die also im Abstand
von 1 ms bis 30 ms besonders bevorzugt zwischen 10 ms und
20 ms aufgenommen wurden, in herkömmlichen mathematischen
Verfahren herausgerechnet werden. Durch den Vergleich der
Bilder kann die Bewegung des Körpers bzw. des Scanners ermit-
telt werden, und rechnerisch korrigiert werden.

Weiterer Bestandteil der Erfindung ist eine Messvorrichtung
zur dreidimensionalen Vermessung eines Körpers nach dem Pa-
tentanspruch 6.

Weitere Merkmale und Ausgestaltungsformen der Erfindung wer-
den anhand der folgenden Figuren näher erläutert. Hierbei
handelt es sich lediglich um exemplarische Beispiele, die
keine Einschränkung des Schutzbereiches darstellen.

Dabei zeigen:

Figur 1 eine konfokale 3D-Scannvorrichtung nach dem Stand der
Technik,

Figur 2 eine Verzerrung eines zu scannenden Körpers bei Verwackelung,

Figur 3 eine konfokale 3D-Scannvorrichtung mit zwei Fokusebenen im Messvolumen,

5 Figur 4 eine Messvorrichtung nach Figur 3 in verschiedenen Stadien des Messvorganges, die durch die Kästchen a, b, c und d gekennzeichnet sind,

Figur 5 einen Körper im Messvolumen mit unterschiedlichen Fehlermöglichkeiten, die durch die Buchstaben a bis e
10 gekennzeichnet sind,

Figur 6 eine exemplarische Darstellung von zwei Punktlichtquellenmatrizen und

Figur 7 eine 3D-Scannvorrichtung mit zwei Fokusebenen im Messvolumen.

15

Anhand von Figur 1 soll schematisch eine konfokale 3D-Messscanneinrichtung und das zugehörige Verfahren nach dem Stand der Technik erläutert werden. Die konfokale Messvorrichtung 2 weist eine Beleuchtungsquelle 20 auf, deren Lichtstrahlen
20 durch eine Kollimationsoptik 22 geleitet werden und auf eine Lochblendenmatrix 36 treffen. Durch die Lochblendenmatrix 36 wird der größte Teil der Lichtstrahlen der Lichtquelle 20 abgefangen, nur ein kleiner Teil tritt durch die kleinen Löcher 42 der Lochblendenmatrix 36 durch. Diese kleinen Löcher 42,
25 durch die das Licht durchscheint, fungieren somit als Punktlichtquellen. Somit kann die Lochblendenmatrix 36 als eine Punktlichtquellenmatrix 4 bezeichnet werden. Eine Punktlichtquellenmatrix 4 kann auch durch eine andere technische Vorrichtung, beispielsweise durch das Aufsplitten eines Laserstrahles mittels diffraktiver Elemente oder durch ein Laserdiodenarray, erzeugt werden.
30

Die durch die Punktlichtquellenmatrix 4 austretenden Lichtstrahlen 10 (Strahlengang) werden durch eine Abbildungsoptik
35 6 geleitet, und wiederum auf einen Punkt in einem Fokusbereich 38 fokussiert. Die Abbildung aller Punktlichtquellen der Punktlichtmatrix 4 in dem Fokusbereich 38 wird als Abbild 12 der Punktlichtquellenmatrix 4 bezeichnet. Dieses Abbild 12

wird von einem in einem Messvolumen 8 enthaltenen Körper 18 reflektiert. Es wird also der Oberflächenbereich des Körpers 18 bei hoher Lichtintensität reflektiert, der sich genau in einer Messebene 46 befindet, die in diesem Fall mit dem Fokusbereich 38 und somit mit dem Abbild 12 der Punktlichtquellenmatrix aufeinanderfällt. Die reflektierten Strahlen folgen demselben Strahlengang 10 durch die Abbildungsoptik 6 und werden wiederum direkt in der Punktlichtquellenmatrix 4, also in der Lochblendenmatrix 36, fokussiert. Für die Rückabbildung des am Objekt reflektierenden Lichts dient die Lochblendenmatrix als Detektormatrix zur Realisierung punktförmiger Detektoren. Diese Fokussierung der ausgesendeten Strahlen und der reflektierten Strahlen in derselben Ebene wird als konvokal bezeichnet. In dem Strahlengang 10 sind Pfeile in beide Richtungen eingezeichnet, die veranschaulichen sollen, dass die Strahlen in beide Richtungen geleitet werden.

Die reflektierten Strahlen 10 treten durch die Lochblendenmatrix 36 hindurch und werden an einem Teilerspiegel 24 umgelenkt, verlaufen im Weiteren durch eine zweite Abbildungsoptik 28 und werden auf einen Kamerachip 30 gelenkt, der als Detektor dient.

Hierbei wird erreicht, dass der Fokusbereich 38 und somit das Abbild 12 immer wieder in einer neuen Messebene 46 liegt, weshalb wieder neue Bereiche des zu vermessenden Körpers abgebildet werden und vom Detektor, also vom Kamerachip 30, aufgenommen werden. Diese jeweiligen zweidimensionalen Bilder werden anschließend zu einem Gesamtbild, das dreidimensional ist, zusammengesetzt. Der Abstand der Messebenen 46 zueinander und somit die Anzahl der aufgenommenen Bilder stellt letztlich den Auflösungsgrad des dreidimensionalen Bildes dar.

Wenn die Messvorrichtung 2 manuell von einem Bediener geführt wird, oder wenn sich der Körper 18 im Messvolumen nicht in Ruhe befindet, kann während eines gesamten Scannlaufes entlang der Z-Richtung 34, der üblicherweise zwischen 200 ms und

500 ms dauert, eine starke Verwackelung auftreten. Eine Verwackelung wird anhand Figur 2 dargestellt, indem der Körper 18 einmal gezeigt ist und eine verwackelte Aufnahme 32 gestrichelt dargestellt ist. Der Detektor 30 nimmt in diesem Fall nur das verwackelte Bild 32 auf, wobei bei der Auswertung der Bilder, die durch den Detektor 30 aufgenommen werden, nicht mehr feststellbar ist, ob eine Verwackelung während der Scanzeit erfolgt ist. D.h., die Bewegungstrajektorie des Scanners kann aufgrund der beobachteten Bilder auf dem Chip 30 nicht oder nur fehlerhaft ermittelt werden.

In Figur 3 ist eine Scanvorrichtung 2 dargestellt, die auf der Erfindung basiert. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass im Messvolumen 8 mindestens zwei Fokusbereiche 38, 38' vorliegen, die parallel zueinander versetzt in einem gleichen, also äquidistanten Abstand angeordnet sind. Im Gegensatz zu der Ausführung nach Figur 1 werden diese beiden Fokusbereiche 38 und 38' mit ihren Abbildern 12 und 12' durch das Messvolumen 8 entlang der Z-Achse 34 bewegt. Die Vorrichtung 2 gemäß Figur 3 und 4 weist zwei bezüglich des Strahlengangs 10 hintereinander geschaltete Punktlichtquellenmatrizen 4, 4' auf bzw. Detektormatrizen 4, 4', durch die die zwei Fokusbereiche 38, 38' im Messvolumen 8 erzeugt werden. Bei der Verwendung von zwei Punktlichtquellenmatrizes 4, 4' handelt es sich exemplarisch um eine einfache Ausgestaltungsform, die zwei Fokusbereiche 38, 38' können auch durch eine aufwändige Optik auch mit nur einer Punktlichtquellenmatrix erzeugt werden.

Diese Bewegung ist anhand der Figur 4 mit den unter Figuren 4a bis 4d, die zeitlich versetzt den Durchlauf der Fokusebenen 38, 38' durch das Messvolumen 8 darstellt, veranschaulicht. Die Messvolumen 8 nach den Figuren a, b, c und d zeigen verschiedene Positionen der Fokusbereiche 38, 38' sowie die zugehörigen Abbildungen 12, 12' zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Messvorgangs. Gestartet wird der Scanvorgang gemäß Figur 4a im untersten Bereich des Messvolumens 8, wobei die Abbilder 12 und 12' so angeordnet sind, dass das Abbild 12' außerhalb des Messvolumens liegt. Es erfolgt eine Bewe-

gung entlang der Z-Richtung 34 in Figur 4 gesehen nach oben. In Figur 4b durchlaufen die Fokusbereiche 38 und 38' gleichmäßig in äquidistantem Abstand den Körper 18, der hier exemplarisch als eine Schraube dargestellt ist. Diese Bewegung erfolgt so lange, bis das gesamte Messvolumen 8 von den beiden Fokusbereichen 38 mit den Abbildern 12 und 12' durchlaufen ist. Sowohl das Abbild 12 als auch das Abbild 12' sind konfokal zu jeweils einer Punktlichtquellenmatrix 4 bzw. 4' bzw. einer Punktdetektormatrix 4, 4' angeordnet. Das Abbild 12 wird demnach reflektiert und konfokal in die Punktlichtquellenmatrix 4 bzw. Punktdetektormatrix 4 fokussiert, genau so wie dies mit dem Abbild 12' bezüglich der Punktlichtquellenmatrix 4' und der korrespondierenden Punktdetektormatrix 4 geschieht. Hierbei werden in Figur 4 bezüglich des Strahlenganges 10 zwei hintereinander angeordnete Punktlichtquellen 4 bzw. Punktdetektormatrizen 4 dargestellt.

Die zu reflektierenden Strahlen werden nun wiederum durch einen Teilerspiegel 24 umgelenkt und von dem Kamerachip 30 erfasst. Es werden nacheinander Bilder des Abbildes 12 bzw. 12' aufgenommen, die miteinander verglichen werden können.

Anhand der Figur 5 wird diese sequentielle Darstellung der Bilder, die vom Kamerachip 30 aufgenommen werden, näher erläutert. Es wird hierbei eine definierte Messebene 46 betrachtet, die an einer beliebigen Stelle im Messvolumen 8 liegt und durch den Körper 18 verläuft. Es sei darauf hingewiesen, dass es sich hierbei um eine willkürliche Messebene handelt, von der ein zweidimensionales Bild erstellt wird. Um den gesamten Körper 18 dreidimensional darzustellen, müssen selbstverständlich eine Vielzahl von Bildern an einer Vielzahl von Messebenen 46 aufgenommen werden. Hierbei wird lediglich exemplarisch eine Messebene 46 herausgenommen, die ein zweidimensionales Bild liefert, das in den Teilbildern a bis e in Figur 5 dargestellt ist.

Der Körper 18, der sich im Messvolumen 8 befindet, wird von den Abbildern 12, 12' durchlaufen bzw. an dessen Oberfläche

reflektiert. Zunächst wird dabei die zu betrachtende Messebene 46 von dem Abbild 12 durchlaufen. Dieses reflektiert gemäß Figur 3 oder 4 die Strahlen, die letztendlich durch den Kamerachip 30 aufgenommen werden, und die ein erstes Bild 50 des Körpers 18 an diese Messebene 46 liefern. Wenn nach einer genau definierten Zeit von etwa 20 ms nun die zweite Abbildung 12' die Messebene 46 durchläuft, wird durch den Kamerachip 30 ein zweites Bild 52 des Körpers 18 an dieser Stelle, also an der Messebene 46, aufgenommen. Hat sich der Körper 18 in dieser genau festgelegten Zeit, in der die Abbilder 12 und 12' nacheinander durch die Messebene 46 bewegt werden, nicht bewegt, so sind die beiden Bilder, also das erste Bild 50 aus der ersten Abbildung 12 und das zweite Bild 52 aus der Abbildung 12', wie in Figur 5a dargestellt, gleich. Hat sich der Körper oder der Scanner während dieser kurzen Zeit bewegt, so wird das zweite Bild gegenüber dem ersten Bild verzerrt oder versetzt sein, woraus sich eine verzerrte Abbildung des Körpers 18 ergibt. Je nachdem, wie sich die Verwackelung ergeben hat und in welche Richtung verwackelt wurde, ergeben sich verschiedene verzerrte oder versetzte Aufnahmen im zweiten Bild 52. In Figur 5b beispielsweise hat es eine Bewegung des Körpers oder des Scanners in X-Richtung gegeben, in Figur 5c in Y-Richtung, in Figur 5d hat es eine Bewegung in positiver Z-Richtung, also in Richtung des Scanners, gegeben und in Figur 5e hat es eine Bewegung in eine negative Z-Richtung gegeben.

Für jede Messebene 46, von denen es je nach Genauigkeit des dreidimensionalen Scanners mehrere 100 geben kann, werden also zwei Bilder aufgenommen, wobei das erste Bild 50 und das zweite Bild 52 miteinander verglichen werden. Gemäß den Figuren 5a bis 5e kann im Vergleich der einzelnen Bilder 50, 52 genau die Bewegungstrajektorie des Scanners bzw. des Scanners bezüglich des zu untersuchenden Körpers 18 ermittelt werden. Die so ermittelten Fehler können wiederum rechnerisch aus dem ersten Bild korrigiert werden, so dass letztendlich durch Zusammensetzen der einzelnen Bilder, die in den Messebenen 46

angefertigt worden sind, ein genaues Abbild des Körpers gegeben werden kann und die Verwackelung eliminiert werden kann.

In Figur 6 ist eine mögliche Ausgestaltungsform von zwei
5 Lochblendenmatrizes 36, die als Punktlichtquellenmatrizes 4, 4' fungieren, gegeben. Die Lochblendenmatrizes 36 und 36' weisen jeweils abwechselnd kleine Löcher 42, die als eigentliche Punktlichtquelle bzw. Punktdetektor dienen, und große
10 Löcher 40 auf. Werden die beiden Matrizes 36 und 36' übereinander gelegt, so liegt jeweils ein kleines Loch 42 der einen Matrix und ein großes Loch 40 der anderen Matrix übereinander. So ist gewährleistet, dass jeweils das als Punktlichtquelle dienende kleine Loch 42 durch das große Loch 40 der
15 anderen Matrix hindurchleuchten kann und die reflektierten Strahlen auch wieder durch dieses große Loch zu dem kleinen Loch 42 hindurchstrahlen können.

In Figur 7 ist eine alternative Ausgestaltungsform der Vorrichtung 2 bzw. des dazugehörigen Verfahrens gegeben, das
20 sich von dem Aufbau gemäß Figur 3 und 4 dadurch unterscheidet, dass zwei separate Teilvorrichtungen 48 und 48' zur Erzeugung der Punktlichtquellenmatrizen und zur Erzeugung der Punktdetektormatrizen zur Aufnahme der zurückgestrahlten Bilder dienen. Es sind analog auch ein Umlenkspiegel 24 und ein
25 Teilerspiegel 24' vorgesehen und eine zweite Abbildungsoptik 6'. Zwischen der ersten Abbildungsoptik 6 und der zweiten Abbildungsoptik 6' werden Zwischenabbildungen 44 und 44' erzeugt, die aus optischen Gründen vorteilhaft sein können, aber nicht zwingend notwendig sind. Ebenso könnte durch eine
30 andere räumliche Anordnung der Teilvorrichtung 48 der Umlenkspiegel 24 entfallen. Es wird erwähnt, dass es sich um verschiedenste Ausführungsformen von Teilerspiegeln handeln kann, also polarisierend, nicht polarisierend und dichroitisch.

35

Es sei darauf hingewiesen, dass es verschiedene Möglichkeiten gibt, Punktlichtquellenmatrizes darzustellen. Bei der hier beschriebenen Vorrichtung bzw. dem beschriebenen Verfahren

handelt es sich exemplarisch um eine dieser Möglichkeiten. Wesentlich ist, dass in einem Messvolumen 8 mindestens zwei Fokusebenen mit zwei Abbildern einer Punktlichtquelle mindestens einer Punktlichtquellenmatrix erzeugt werden. Dabei kann
5 es auch zweckmäßig sein, die Anzahl der Fokusbereiche 38, 38' mit den Abbildern 12 und 12' noch zu erhöhen, um die Fehlerberechnungen der Bilder, die durch den Kamerachip 30 aufgenommen werden, zu verbessern.

- 10 Ein derartiger konfokaler dreidimensionaler Scanner kann eine Vielzahl von Anwendungen finden. Hierbei seien im technischen Bereich z. B. die Vermessung von komplexen kleinen Bauteilen, die schwer zugänglich sind, genannt. Es können jedoch auch Bohrungen, die eine bestimmte Geometrie aufweisen müssen,
15 hiermit exakt vermessen werden. Ferner kann ein derartiger Scanner, der in der Regel von Hand geführt ist, auch im medizinischen Bereich eingesetzt werden, wenn es beispielsweise darum geht, einen Gehörkanal, einen Knochen oder einer Prothese in der Chirurgie oder einen Zahn zu vermessen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung eines Körpers (18), bei dem Licht von einer Punktlichtquellenmatrix (4) ab-
5 gestrahlt wird, wobei das Licht durch eine Abbildungsoptik (6) in ein Messvolumen (8) geleitet wird, und ein Abbild (12) der Punktlichtquellenmatrix (4) in einem Fokusbereich (38) im Messvolumen (8) erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, dass im Messvolumen (8) zwei Fokusbereiche (38, 38') mit jeweils ei-
10 nem Abbild (12, 12') mindestens einer Punktlichtquellenmatrix (4) vorliegen, die gemeinsam äquidistant durch das Messvolumen (8) bewegt werden, wobei die jeweilige, zu betrachtende Messebene (46) von den Fokusbereichen (38, 38') in einem zeitlichen Abstand durchlaufen wird, der zwischen 1 ms und 30
15 ms.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Punktlichtquellenmatrizes (4, 4') zur Erzeugung von jeweils einem Fokusbereich (38, 38') mit einem Abbild (12, 12')
20 verwendet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Punktlichtquellenmatrix (4, 4') in Form einer Lochblendenmatrix ausgestaltet ist.
25
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Abbilder (12, 12') in den zwei Fokusbereichen (38, 38') von mindestens einer punktförmigen Detektormatrix (30) aufgenommen werden, wo-
30 bei jeweils die Abbilder (12, 12') miteinander verglichen werden, die einer definierten Messebene (46) zuzuordnen sind.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweilige, zu betrachtende Messebene (46) von den Fokusbereichen (38, 38') in einem zeitlichen Abstand durchlaufen wird, der zwischen 10 ms und 20 ms liegt.
35

6. Messvorrichtung zur dreidimensionalen Vermessung eines Körpers (18) mit einer Punktlichtquellenmatrix (4), einer Abbildungsoptik (6) sowie einem Messvolumen (8), wobei Lichtstrahlen (10) von der Punktlichtquellenmatrix (4) durch die
5 Abbildungsoptik (6) verlaufen und im Messvolumen (8) in einem Fokusbereich (38) ein Abbild (12) der Punktlichtquellenmatrix (4) bilden, dadurch gekennzeichnet, dass im Messvolumen (8) in einem zweiten Fokusbereich (38') ein zweites Abbild (12') erzeugt wird, wobei die Abbilder gemeinsam äquidistant ver-
10 schiebbar sind.

FIG 1

(Stand der Technik)

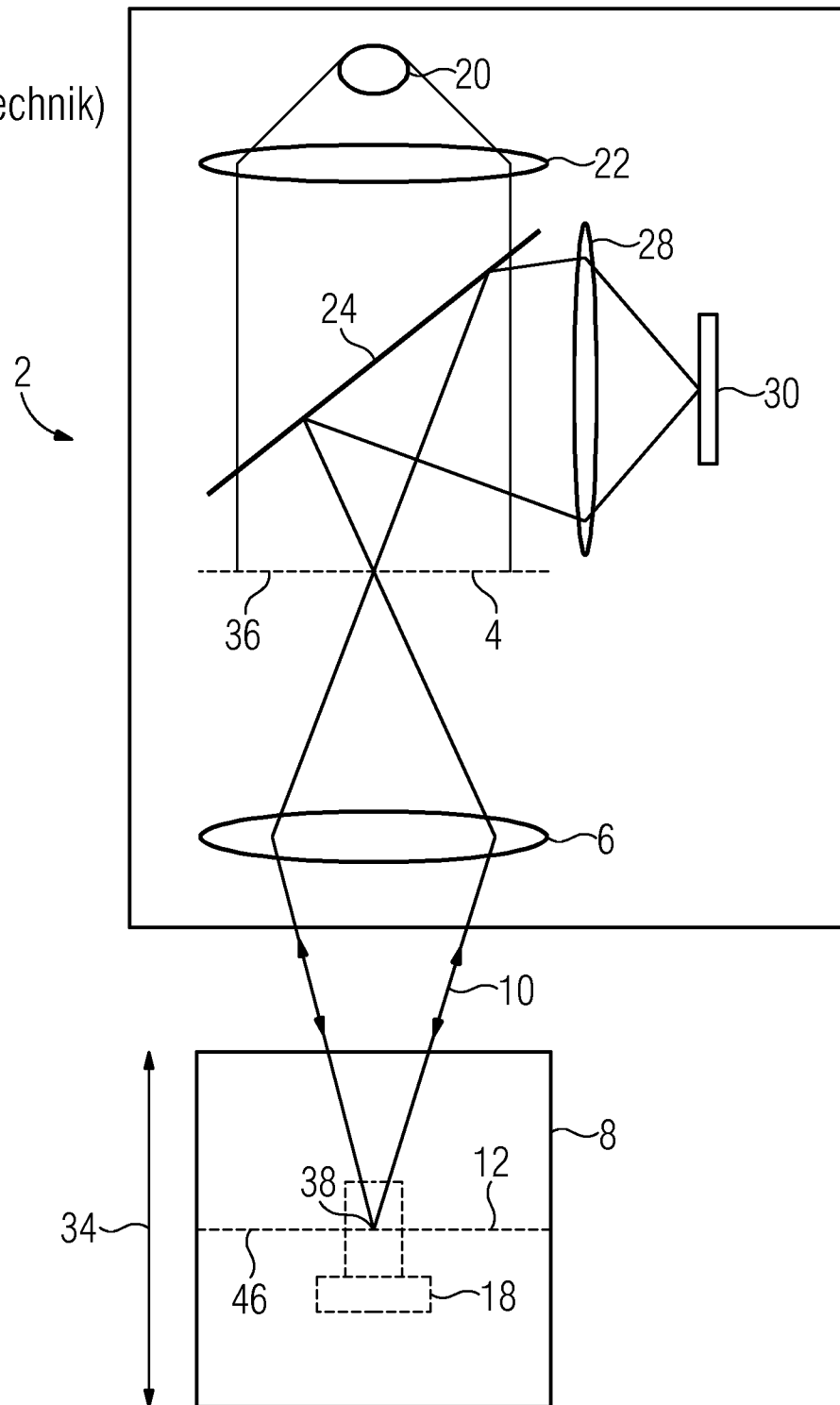
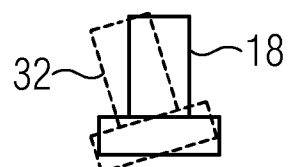
**FIG 2**

FIG 3

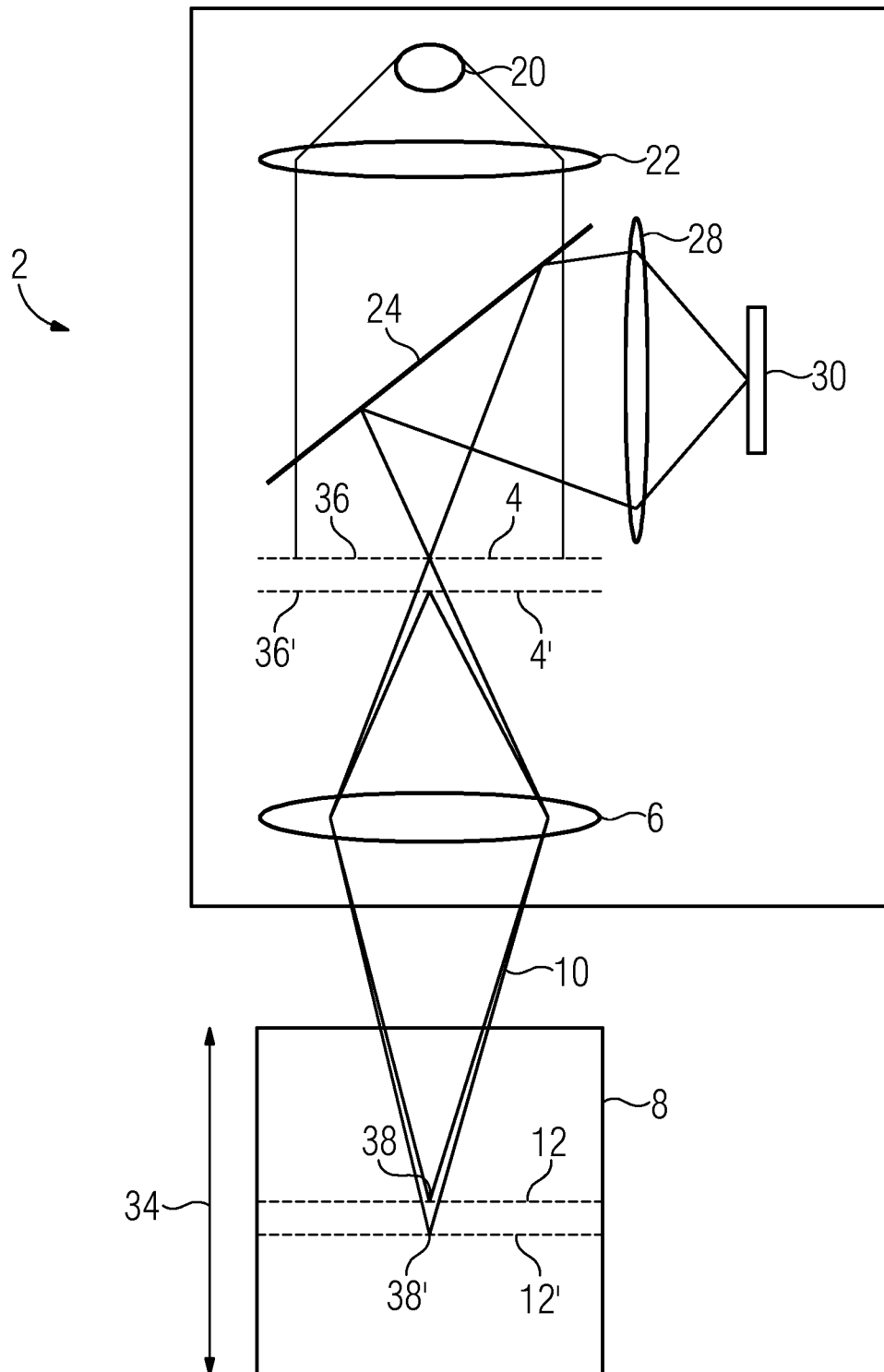


FIG 4

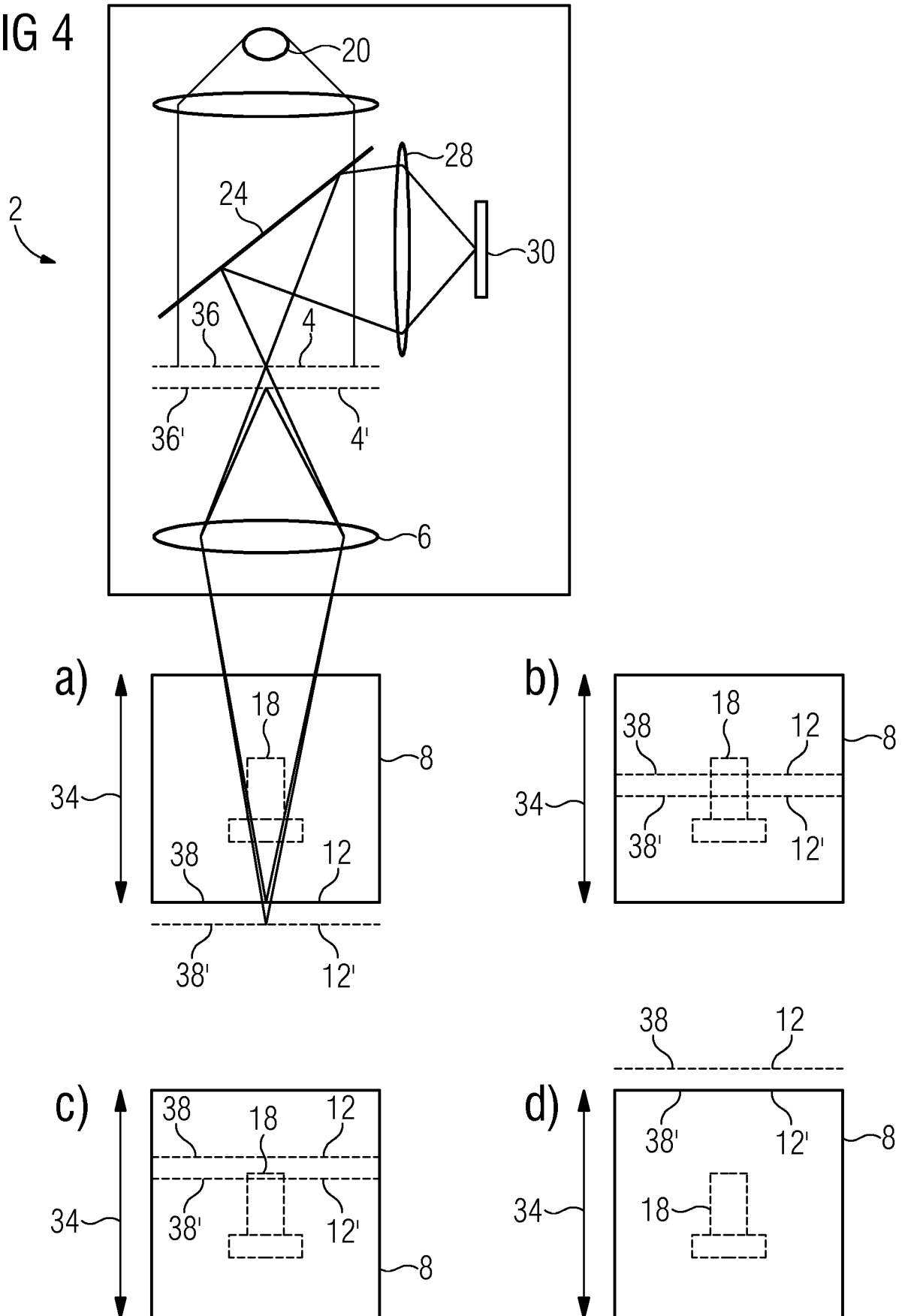


FIG 5

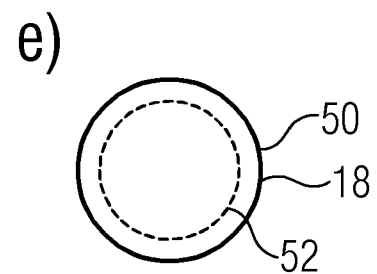
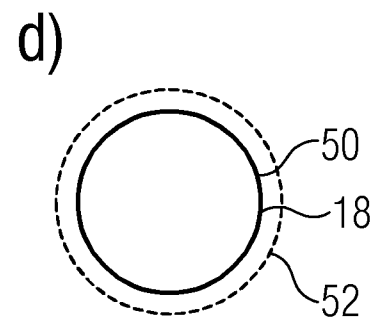
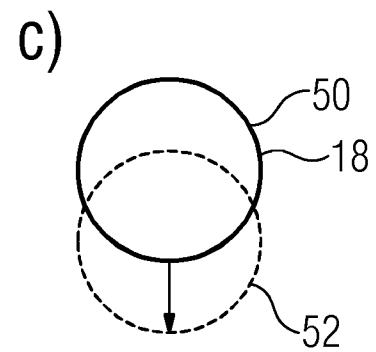
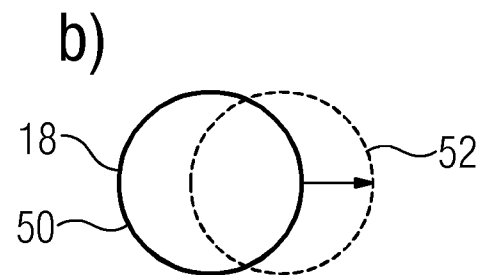
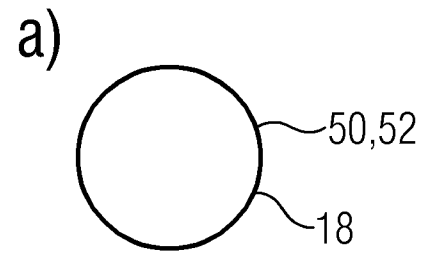
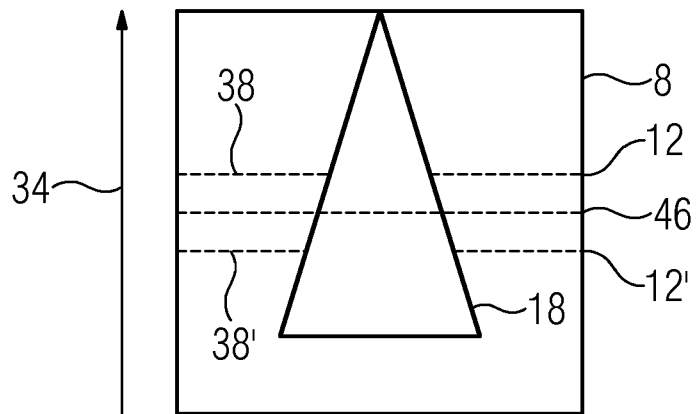


FIG 6

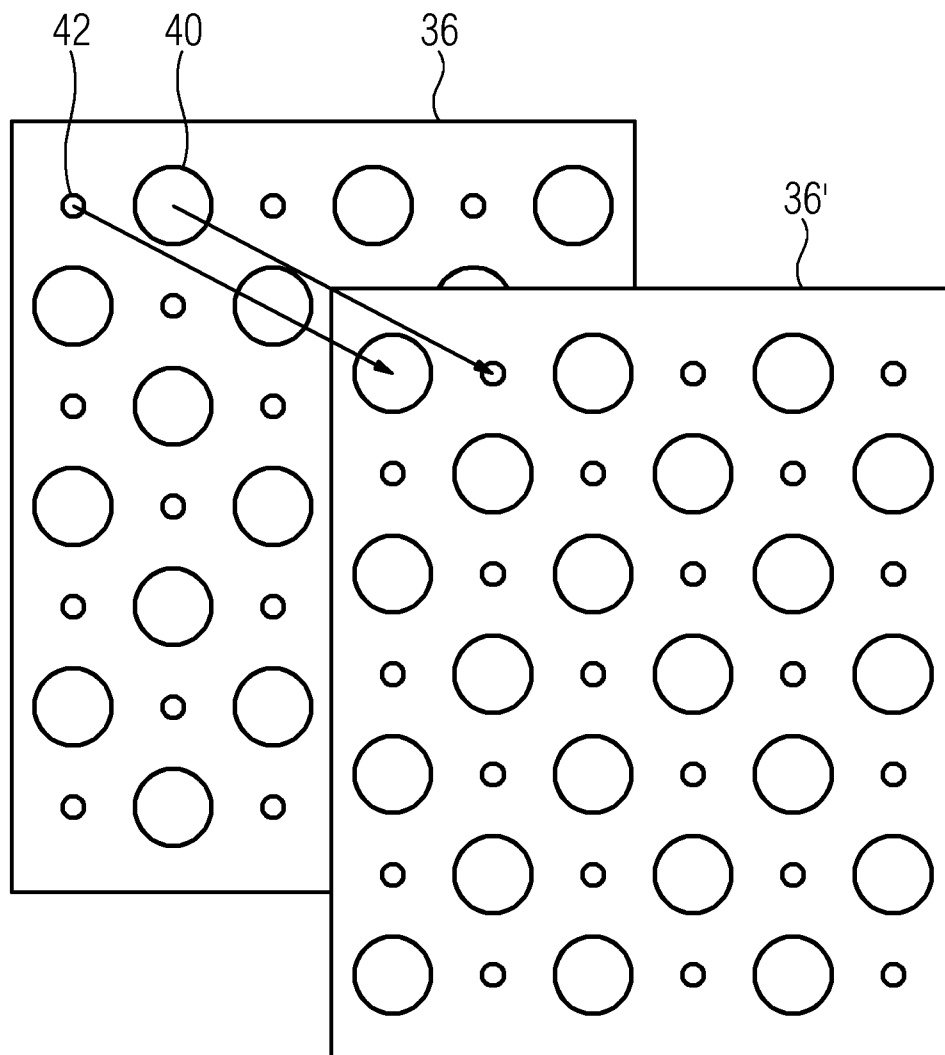
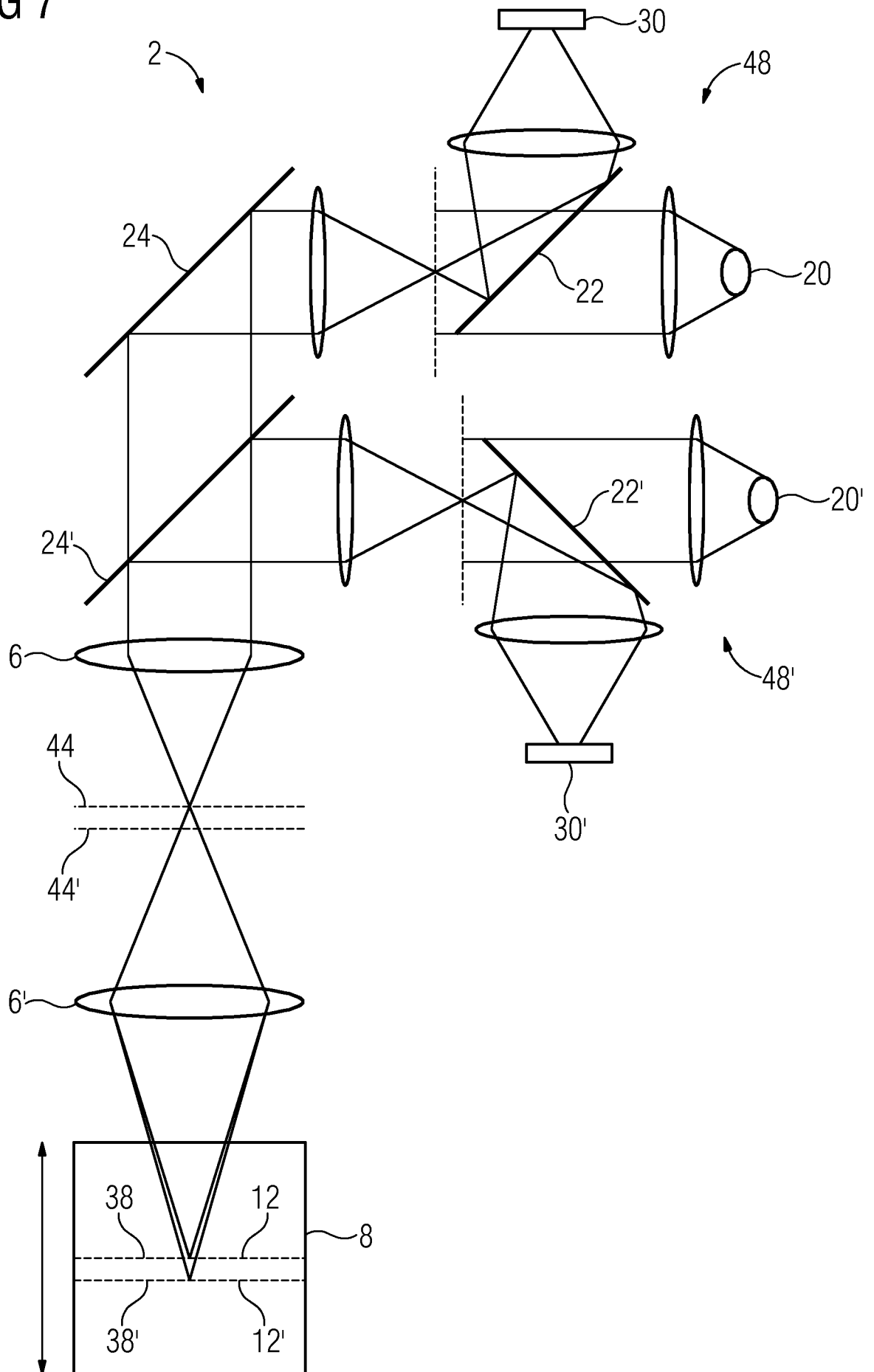


FIG 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/060013

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G02B21/00 G01B11/25
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 7 609 391 B2 (BETZIG ROBERT ERIC [US]) 27 October 2009 (2009-10-27) Spalte 38, Zeilen 14-56, Abbildung 13 -----	1-6
X	US 2005/225849 A1 (GOUCH MARTIN P [GB]) 13 October 2005 (2005-10-13) paragraph [0006] -----	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 August 2012

Date of mailing of the international search report

11/09/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Malcoci, Andrei

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/060013

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 7609391	B2	27-10-2009	US	2009046298 A1		19-02-2009
			US	2009073563 A1		19-03-2009
			US	2009135432 A1		28-05-2009
			WO	2006058187 A2		01-06-2006

US 2005225849	A1	13-10-2005	EP	1586931 A2		19-10-2005
			JP	2005292839 A		20-10-2005
			US	2005225849 A1		13-10-2005

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/060013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G02B21/00 G01B11/25
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G02B G01B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 7 609 391 B2 (BETZIG ROBERT ERIC [US]) 27. Oktober 2009 (2009-10-27) Spalte 38, Zeilen 14-56, Abbildung 13 -----	1-6
X	US 2005/225849 A1 (GOUCH MARTIN P [GB]) 13. Oktober 2005 (2005-10-13) Absatz [0006] -----	1-6



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. August 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11/09/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Malcoci, Andrei

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/060013

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 7609391	B2	27-10-2009	US	2009046298 A1		19-02-2009
			US	2009073563 A1		19-03-2009
			US	2009135432 A1		28-05-2009
			WO	2006058187 A2		01-06-2006

US 2005225849	A1	13-10-2005	EP	1586931 A2		19-10-2005
			JP	2005292839 A		20-10-2005
			US	2005225849 A1		13-10-2005
