

(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
4. August 2016 (04.08.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/119976 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

A01B 69/04 (2006.01) *A61B 5/06* (2006.01)
B23P 19/10 (2006.01) *G01B 11/25* (2006.01)
G01B 21/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/080399

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. Dezember 2015 (18.12.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 201 460.6
28. Januar 2015 (28.01.2015) DE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: GRAUMANN, Rainer; Margaretenweg 2,
91315 Höchstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
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, ST,
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, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

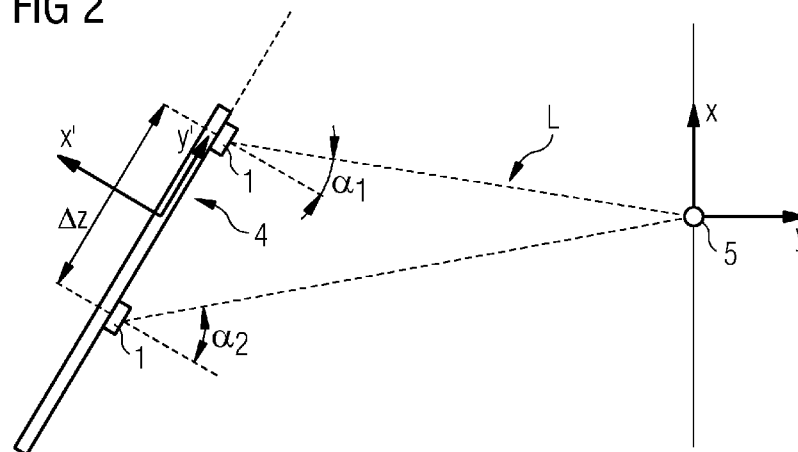
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: DETERMINING THE POSITION OF A MEDICAL INSTRUMENT

(54) Bezeichnung : POSITIONSBESTIMMUNG EINES MEDIZINISCHEN INSTRUMENTS

FIG 2



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the position of a medical instrument (4). The medical instrument (4) is equipped with at least one light-sensitive sensor (1) on which light (L) emitted from at least one light source (5) arranged at a known position is incident at an angle of incidence (α , α_1 , α_2 , α_3 , α_4). In order to determine the position and/or the orientation of the medical instrument (4), a measured variable based on the angle of incidence (α , α_1 , α_2 , α_3 , α_4) is detected. The invention further relates to a device designed to carry out the method according to the invention.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/119976 A1



zur Positionsbestimmung eines medizinischen Instruments (4) ist am medizinischen Instrument (4) zumindest ein lichtempfindlicher Sensor (1) angeordnet, auf dem Licht (L) in einem Einfallswinkel (α , α_1 , α_2 , α_3 , α_4) einfällt, welches von zumindest einer an einer bekannten Position angeordneten Lichtquelle (5) emittiert wird. Zur Bestimmung der Lage und/oder der Orientierung des medizinischen Instruments (4) wird eine vom Einfallswinkel (α , α_1 , α_2 , α_3 , α_4) abhängige Messgröße erfasst. Die Erfindung betrifft ferner ein zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildete Vorrichtung.

Beschreibung

Positionsbestimmung eines medizinischen Instruments

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Positionsbestimmung eines medizinischen Instruments.

Aus dem Stand der Technik sind unterschiedliche Verfahren und Vorrichtungen zur Positionsbestimmung von medizinischen In-
10 strumenten, insbesondere im Zusammenhang mit der aktiven oder passiven chirurgischen Navigation, bekannt. Beispielsweise werden zur Bestimmung der Lage und/oder der Orientierung des medizinischen Instruments bildgebende Verfahren eingesetzt, die eine Lokalisierung in Echtzeit und damit eine aktive Füh-
15 rung des medizinischen Instruments ermöglichen. Bei anderen medizinischen Anwendungen ist das medizinische Instrument mechanisch an einen beweglichen Trägerarm gekoppelt. Die Position des medizinischen Instruments kann in diesen Fällen anhand der Erfassung der Auslenkung bzw. der Lage des Träger-
20 arms erfolgen.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur Positionsbestimmung eines medizinischen Instrumentes anzugeben,
25 welches sich besonders einfach implementieren lässt.

Hinsichtlich des Verfahrens wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren der eingangs genannten Art mit den weiteren Merkmalen des Patentanspruchs 1.

30

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Bei einem Verfahren zur Positionsbestimmung eines medizinischen Instruments ist am medizinischen Instrument zumindest
35 ein lichtempfindlicher Sensor angeordnet, auf dem Licht in einem Einfallswinkel einfällt, welches von zumindest einer an einer bekannten Position angeordneten Lichtquelle emittiert

wird. Zur Bestimmung der Lage und/oder der Orientierung des medizinischen Instruments wird eine vom Einfallswinkel abhängige Messgröße erfasst.

5 Die Erfindung macht sich die technologische Weiterentwicklung im Bereich der Sensorik zunutze, um ein zuverlässiges System zur Positionsbestimmung anzugeben, das eine präzise Bestimmung der Lage bzw. der Orientierung des medizinischen Instruments beispielsweise im Rahmen einer chirurgischen Navigation
10 ermöglicht. Sensoren mit einer hinreichend guten Auflösung zur präzisen Erfassung des Einfallswinkels weisen kompakte Bauformen auf, deren Größen beispielsweise im Bereich von etwa 1 mm^2 liegen. Die Handhabung bzw. Führung des medizinischen Instruments wird daher von dem dort angeordneten zumindest einen Sensor allenfalls unwesentlich beeinträchtigt. Erfindungsgemäß wird die Lage und/oder die Orientierung des medizinischen Instruments zumindest teilweise anhand des ermittelten Einfallswinkels bezüglich der zumindest einen Lichtquelle bestimmt. Die Implementierung des erfindungsgemäßen
15 Verfahrens kann daher mit besonders einfachen Mitteln erfolgen.

Als medizinische Instrumente kommen hier insbesondere Pointer in Betracht, die auf medizinische Strukturen zeigen. Andere
25 Ausführungsbeispiele umfassen Instrumente für die laparoskopische Chirurgie, insbesondere Laparoskope, Hochfrequenz- und Kryoablationsgeräte.

Zur hinreichenden Bestimmung der Orientierung und/oder der
30 Position können abhängig von der konkreten Anwendung mehrere Lichtquellen, die an verschiedenen vorgegebenen und bekannten Positionen im Raum platziert sind, und mehrere Sensoren am medizinischen Instrument vorgesehen sein. In möglichen Ausführungsbeispielen der Erfindung ist die Bewegung des medizinischen Instrumentes auf wenige Freiheitsgrade, beispielsweise
35 mittels mechanischer Halteelemente oder Trägerarme, eingeschränkt, so dass lediglich eine reduzierte Anzahl von Lichtquellen und/oder Sensoren notwendig ist, um eine vollständige

Lagebestimmung zu ermöglichen. Bei einem beispielsweise auf eine lineare Translation eingeschränkten medizinischen Instrument ist es ausreichend, eine Lichtquelle und ein Sensor vorzusehen, da die Position des medizinischen Instruments in diesem Fall schon durch die Erfassung des Einfallswinkels relativ zu der bekannten Position der Lichtquelle vollständig bestimmt ist. Bei einer im Wesentlichen freien Bewegung des medizinischen Instruments im dreidimensionalen Raum ist zumindest eine teilweise Positionsbestimmung durch die Erfassung des im Einfallswinkel auf den zumindest einen Sensor auftreffenden und von der zumindest einen Lichtquelle emittierten Lichts möglich.

Vorzugsweise umfasst die Messgröße eine Stromstärke eines zumindest teilweise durch den photoelektrischen Effekt hervorgerufen elektrischen Stroms oder einen durch den photoelektrischen Effekt modifizierten elektrischen Widerstand. Insbesondere kann der Sensor zur Erfassung derartiger Messgrößen in Durchflussrichtung oder in Sperrrichtung geschaltete Photodioden oder Photowiderstände aufweisen. In einem anderen Ausführungsbeispiel kommen CCD-Sensoren und/oder photonenzählende Detektoren zum Einsatz, die dazu ausgebildet sind, eine von der einstrahlenden Lichtintensität abhängige Messgröße zu liefern.

In einem möglichen Ausführungsbeispiel der Erfindung emittiert die zumindest eine Lichtquelle Licht mit zumindest einer Frequenz aus dem infraroten Frequenzbereich. Entsprechend ist der zur Erfassung des emittierten Lichts ausgebildete Sensor als Infrarotsensor ausgebildet, mit dem der Einfallswinkel korrekt bestimmt werden kann.

In einem anderen Ausführungsbeispiel emittiert die zumindest eine Lichtquelle Licht mit zumindest einer Frequenz aus dem optisch sichtbaren Frequenzbereich. Mit anderen Worten wird hier zur Positions- bzw. Orientierungsbestimmung des medizinischen Instruments eine herkömmliche Lichtquelle verwendet.

Der zumindest eine Sensor ist dann entsprechend als optischer Sensor ausgeführt.

In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel sind mehrere Lichtquellen vorgesehen, die im Raum an verschiedenen bekannten Positionen angeordnet sind. Die Lichtquellen emittieren Licht mit geringfügig verschiedenen charakteristischen Frequenzverteilungen, insbesondere können die einzelnen Lichtquellen in einem konkreten Ausführungsbeispiel Licht mit Frequenzen aus sich gegenseitig nicht überlappenden Frequenzbereichen emittieren. Die dem Ursprung des einfallenden Lichts entsprechende Lichtquelle kann dann beispielsweise mittels eines geeigneten Filters sensorseitig ausgewählt werden. In jedem Fall emittieren die Lichtquellen Licht mit jeweils paarweise voneinander verschiedenen Frequenzverteilungen, so dass eine Zuordnung des Ursprungs des auf den zumindest einen Sensor einfallenden Lichts mittels einer sensorseitigen Frequenzselektion erfolgen kann. Derartige Ausführungen haben zum Vorteil, dass die zur Positionsermittlung notwendige Anzahl von Sensoren am medizinischen Instrument reduziert werden kann, da die sensorseitige Frequenzselektion eine Ermittlung der Relativposition des Sensors bezüglich verschiedener Lichtquellen ermöglicht. Eine negative Beeinträchtigung der Handhabung des medizinischen Instruments durch die dort angebrachten Sensoren kann daher weiter reduziert werden.

Hinsichtlich der Vorrichtung wird die Aufgabe gelöst durch eine Vorrichtung zur Positionsbestimmung des medizinischen Instruments der eingangs genannten Art mit den weiteren Merkmalen des Patentanspruchs 6.

Erfindungsgemäß ist die Vorrichtung zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens ausgebildet, so dass zunächst auf die bisherigen Ausführungen verwiesen wird. Die Vorrichtung zur Positionsbestimmung des medizinischen Instruments umfasst die zumindest eine Lichtquelle, welche an einer bekannten Position im Raum angeordnet ist und den zu-

mindest einen lichtempfindlichen Sensor, welcher am medizinischen Instrument befestigt ist. Die Lichtquelle kann insbesondere räumlich separat oder an einem medizinischen Gerät, insbesondere an einer einen C-Bogen aufweisenden Röntgeneinrichtung angebracht sein. Die zumindest eine Lichtquelle emittiert Licht, welches unter dem Einfallswinkel auf den Sensor einfällt. Der zumindest eine Sensor ist dazu ausgebildet, eine vom Einfallswinkel abhängige Messgröße zu erfassen. Zur Bestimmung der Lage und/oder Orientierung des medizinischen Instruments ist der Einfallswinkel aus der Messgröße ermittelbar.

Gemäß einem möglichen Ausführungsbeispiel umfasst der zumindest eine Sensor zumindest zwei lichtempfindliche Sensorelemente, beispielsweise Photodioden oder Photowiderstände, die zueinander in einem vorgegebenen Winkel, insbesondere orthogonal zueinander, angeordnet sind. Aus Messgrößen, die von der Intensität des auf das jeweilige Sensorelement auftretenden Lichts abhängen, kann der Einfallswinkel unter Berücksichtigung der Geometrie bestimmt werden. Derartige Messgrößen sind beispielsweise die Stärke eines Photostroms oder der Betrag eines beleuchtungsabhängigen Widerstands. In anderen Ausführungsbeispielen sind photonenzählende Detektoren oder CCD-Sensoren vorgesehen.

Zur Bestimmung der Position und der Orientierung des medizinischen Instruments im dreidimensionalen Raum umfasst der zumindest eine Sensor in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel vier Sensorelemente, deren Sensorflächen paarweise zueinander in einem vorgegebenen Winkel, insbesondere paarweise orthogonal zueinander, angeordnet sind.

In einem anderen bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der zumindest eine Sensor zur Bestimmung des Einfallswinkels mit drei voneinander beabstandeten lichtempfindlichen Sensorelementen versehen, deren Sensorflächen zueinander in einem Winkel oder in einer Ebene angeordnet sind.

Plane Ausführungen sind insbesondere in Fällen bevorzugt, in denen ein möglichst großer Messbereich erfasst werden soll, da diese prinzipiell die Erfassung des gesamten oberhalb der Ebene gelegenen Halbraums ermöglichen. Zur Erfassung des Halbraums verlaufen die Sensorflächen der drei lichtempfindlichen Sensorelemente plan in der Ebene, wobei vorzugsweise die drei lichtempfindlichen Sensorelemente zueinander in einem Winkel von 120° angeordnet sind.

Sensoren mit ebenen Anordnungen von Sensorelementen sind dahingehend optimiert, eine möglichst große Abdeckung des Messbereichs sicherzustellen. Abhängig von der medizinischen Anwendung kann es jedoch vorkommen, dass die Intensität des auf die einzelnen Sensorelemente einfallenden Lichts nur geringfügig unterschiedlich ist und in Folge dessen der daraus abgeleitete Einfallswinkel mit einer relativ großen Ungenauigkeit behaftet ist. Ein anderes, hinsichtlich der Messgenauigkeit optimiertes Ausführungsbeispiel umfasst einen Sensor, mit zumindest drei voneinander beabstandeten lichtempfindlichen Sensorelementen, die auf einer gemeinsamen Kegelfläche angeordnet sind. Da die Sensorflächen der Sensorelemente nunmehr in einem Winkel zueinander angeordnet sind, der u. a. vom Öffnungswinkel der Kegelfläche bzw. des Kegels abhängt, ist die Abhängigkeit der auf die jeweiligen Sensorelemente auftreffenden Intensitäten vom Einfallswinkel vergrößert. Entsprechend kann der Einfallswinkel mit derartigen Anordnungen präziser ermittelt werden.

Es versteht sich, dass sich die Größe des Messbereichs und die Messgenauigkeit in einem gegenläufigen Abhängigkeitsverhältnis befinden (trade-off). Bei einer ebenen Anordnung, die zu einem Öffnungswinkel von 180° korrespondiert, ist der Messbereich maximal. Je spitzer der Öffnungswinkel der Kegelfläche, desto größer die Messgenauigkeit und desto kleiner der Messbereich. In besonders bevorzugten Ausführungsbeispielen beträgt der Öffnungswinkel der Kegelfläche zwischen 60° und 80° .

Insbesondere bei Sensoren, deren Sensorelemente auf Kegelflächen angeordnet sind, ist gemäß alternativer Ausführungsbeispiel vorgesehen, die nach innen gerichteten Sensorflächen gekrümmt oder eben auszubilden. Bei Sensoren, die Sensorelemente mit ebenen Sensorflächen aufweisen, sind diese vorzugsweise derart angeordnet, dass deren Mittellängsachsen auf der Kegelfläche verlaufen.

Vorzugsweise sind am medizinischen Instrument zumindest zwei lichtempfindliche Sensoren in einem vorgegebenen Abstand angeordnet. Aus dem gegebenen Abstand und den zumindest zwei von den jeweiligen Sensoren erfassten Einfallswinkeln lassen sich dann die Lage und die Orientierung des medizinischen Instruments in der Ebene bestimmen, die von der zumindest einen Lichtquelle und den zumindest zwei Sensoren definiert wird.

In Weiterbildung der Erfindung sind am medizinischen Instrument drei voneinander beabstandete lichtempfindliche Sensoren in einer von einer kollinearen Konfiguration abweichenden Anordnung vorgesehen. Derartige Ausführungen ermöglichen die eindeutige Lagebestimmung von im Raum frei beweglichen medizinischen Instrumenten.

Besonders bevorzugt sind zur Positionsbestimmung des medizinischen Instruments vier Sensoren vorgesehen, die in Sensorpaaren angeordnet sind. Jedes Sensorpaar ist in einer linearen Anordnung vorgesehen, wobei ein erstes Sensorpaar bezüglich eines zweiten Sensorpaars in einer orthogonalen Konfiguration angeordnet ist.

Vorzugsweise sind mehrere Lichtquellen an verschiedenen bekannten Positionen angeordnet, die Licht mit jeweils paarweise voneinander verschiedenen Frequenzverteilungen emittieren. Der zumindest eine Sensor weist Mittel zur Frequenzselektion, wie beispielsweise entsprechende Filter, auf, so dass die dem Ursprung des auf den zumindest einen Sensor einfallenden Lichts entsprechende Lichtquelle sensorseitig zuordbar ist. Die sensorseitige Frequenzselektion ermöglicht eine Lagebe-

stimmung des zumindest einen Sensors bezüglich Einfallswinkeln, die zu den Positionen der verschiedenen Lichtquellen korrespondieren. Die Anzahl der am medizinischen Instrument vorgesehenen Sensoren kann somit verringert werden, da ein
5 derartig ausgebildeter Sensor die Erfassung von mehreren unabhängigen und zur Positionsbestimmung geeigneten Parametern ermöglicht.

Vorzugsweise sind die lichtempfindlichen Sensoren zur Erfassung der Einfallswinkel am medizinischen Instrument vorgesehen und die Lichtquellen an bekannten Positionen im Raum angeordnet. Es ist jedoch selbstverständlich, dass eine entsprechend invertierte Anordnung, bei der die Lichtquellen und die Sensoren hinsichtlich ihrer räumlichen Anordnung ver-
15 tauscht sind, gleichfalls dazu geeignet ist, die Position des medizinischen Instrumentes zu bestimmen. Lediglich der Einfachheit halber werden Ausführungsbeispiele mit einer bestimmten Anzahl von Lichtquellen und Sensoren konkret beschrieben, bei denen die Sensoren stets am medizinischen Instrument und die Lichtquellen im Raum vorgesehen sind. Die
20 jeweils dazu korrespondierende invertierte Ausführung umfasst entsprechend Vorrichtungen bei denen die Lichtquellen instrumentenseitig und die Sensoren an den bekannten Positionen im Raum angeordnet sind.

25 Für eine weitere Beschreibung der Erfindung wird auf die Ausführungsbeispiele der Zeichnungen verwiesen. Es zeigt in einer schematischen Prinzipskizze:

30 Fig. 1 ein Sensor zur Erfassung eines Einfallswinkels in einer Schnittdarstellung;

Fig. 2 eine Vorrichtung zur Positionsbestimmung, umfassend eine Lichtquelle und ein medizinischen Instrument mit zwei
35 Sensoren in einer schematischen Darstellung;

Fig. 3 ein medizinisches Instrument mit zwei Sensorpaaren in einer orthogonalen Konfiguration in einer schematischen Draufsicht,

5 Fig. 4 eine weitere Vorrichtung zur Positionsbestimmung, bei der der Sensor Mittel zur Frequenzselektion aufweist und mehrere Lichtquellen vorgesehen sind, die Licht unterschiedlicher Frequenzen emittieren,

10 Fig. 5 ein plan ausgeführter Sensor zur Erfassung des Einfallswinkels im dreidimensionalen Raum in einer Draufsicht,

Fig. 6 ein weiterer Sensor zur Erfassung des Einfallswinkels im dreidimensionalen Raum, dessen Sensorelemente auf einer Kegelfläche angeordnet sind, in einer perspektivischen
15 Darstellung.

Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

20

Figur 1 illustriert schematisch ein zur Erfassung des Einfallswinkels α ausgebildeten Sensor 1, der zwei Photodioden 2 umfasst, deren Sensorflächen 3 in Richtung der Flächennormalen N gerichtet sind. Die Photodioden 2 sind in einem Winkel β angeordnet, der in dem gezeigt Beispiel 45° beträgt.
25 Entsprechend sind die beiden Sensorflächen 3 hier zueinander orthogonal angeordnet.

Fällt Licht L in Richtung des Einfallswinkels α auf den Sensor 1 ein, so erzeugen die Photodioden elektrische Ströme, deren Stromstärken von der auf die jeweilige Photodiode 2 einwirkenden Strahlungsintensität abhängen. Aus dem Verhältnis der beiden Stromstärken ist daher der Einfallswinkel α des einfallenden Lichts L ermittelbar.
30

35

In einem anderen Ausführungsbeispiel ist zur Ermittlung des Einfallswinkels α ein beleuchtungsabhängiger Widerstand als Messgröße erfassbar.

Mittels dem in Figur 1 gezeigten Sensor 1 ist der Einfallswinkel α in der gezeigten Ebene vollständig ermittelbar.

5 Zur vollständigen Bestimmung von Einfallswinkeln α im dreidimensionalen Raum sind in einem anderen möglichen Ausführungsbeispiel Sensoren 1 vorgesehen, die vier Photodioden 2 umfassen. Jeweils zwei der Photodioden 2 sind zueinander, wie in Figur 1 gezeigt, angeordnet. Ein erstes Paar Photodioden 2 erstreckt sich dabei in der in Figur 1 gezeigten Zeichenebene, ein weiteres, zweites Paar Photodioden 2 ist zu der dargestellten Zeichenebene senkrecht angeordnet.

Figur 2 zeigt ein medizinisches Instrument 4, an dem zwei 15 Sensoren 1 befestigt sind, die zur Erfassung von Einfallswinkeln α_1 , α_2 abhängigen Messgrößen ausgebildet sind. Eine Lichtquelle 5 ist an einer bekannten Position im Raum angeordnet. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit kann das Zentrum der Lichtquelle 5 als Ursprung für ein ortsfestes Koordinatensystem dienen, dessen erste Achse X und zweite Achse Y gezeigt sind.

Die Lichtquelle 1 emittiert Licht L, das auf die jeweiligen Sensoren 1 im Einfallswinkel α_1 , α_2 auftrifft. Aus den gemessenen Einfallswinkeln α_1 , α_2 und dem bekannten Abstand Δz der beiden Sensoren 1 relativ zueinander lässt sich die Position und die Orientierung des medizinischen Instruments 4 in der gezeigten Ebene eindeutig bestimmen. Mit anderen Worten ist die Koordinatentransformation vom ortsfesten Koordinatensystem zu dem instrumentenfesten Koordinatensystem in der Ebene durch die Werte für die Einfallswinkel α_1 , α_2 und dem Abstand Δz bestimmt. Die erste Achse X' und die zweite Achse Y' des instrumentenfesten Koordinatensystems sind in Figur 2 gezeigt.

35

Figur 3 zeigt schematisch ein medizinisches Instrument 4, das zur Bestimmung der entsprechenden Koordinatentransformation im dreidimensionalen Raum mit vier Sensoren 1 ausgestattet

ist. Die Sensoren 1 eines ersten Sensorpaars 6 sind voneinander im Abstand Δz angeordnet. Entsprechend sind die Sensoren 1 eines weiteren, zweiten Sensorpaars 7 voneinander im Abstand $\Delta z'$ angeordnet. Das erste und das zweite Sensorpaar 6, 7 nehmen zueinander eine orthogonale Konfiguration ein, so dass die Lage und die Orientierung des medizinischen Instruments 4 von den mittels der Sensoren 1 erfassbaren Einfallswinkeln α_1 , α_2 , α_3 , α_4 und den Abständen Δz , $\Delta z'$ vollständig bestimmt sind.

Figur 4 zeigt in einer schematischen Darstellung ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem der Sensor 1 zusätzlich ein Filter 8 aufweist, der eine Frequenzselektion des erfassten Lichts L ermöglicht. Die Vorrichtung zur Positionsbestimmung umfasst in diesem Ausführungsbeispiel zwei Lichtquellen 5, die an unterschiedlichen, jedoch bekannten Orten im Raum angeordnet sind. Die beiden Lichtquellen 5 emittieren Licht im sichtbaren Bereich mit geringfügig unterschiedlichen Frequenzen. Mittels des Filters 8 kann eine Frequenzselektion derart erfolgen, dass lediglich Licht, welches von einer der beiden Lichtquellen 5 ausgesendet wird, erfasst wird. Entsprechend kann mit dem gezeigten Sensor 1 der Einfallswinkel α_1 bezüglich einer ersten Lichtquelle 9 und der Einfallswinkel α_2 bezüglich einer zweiten Lichtquelle 10 ermittelt werden.

Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des Sensors 1 in einer Draufsicht. Der Sensor 1 ist flächig ausgebildet und umfasst drei Sensorelemente 3, deren Sensorflächen 3 in der Zeichenebene verlaufen. Die einzelnen Sensorelemente 3 sind zueinander im Winkel γ angeordnet, der in dem gezeigten exemplarischen Beispiel 120° beträgt.

Ein derartiger Sensor 1 ist dazu ausgebildet, den gesamten oberhalb der Zeichenebene befindlichen Halbraum zu erfassen.

Fig. 6 zeigt einen weiteren Sensor 1 zur Erfassung des Einfallswinkels α im dreidimensionalen Raum in einer perspekti-

vischen Darstellung. Der Sensor 1 weist drei Sensorelemente 2 auf, die auf einer Kegelfläche 11 in regelmäßigen Abständen zueinander angeordnet sind. Die Sensorflächen 3 der Sensorelemente 2 sind dabei nach innen gerichtet.

5 Bei einer derartigen Anordnung weist die von den jeweiligen Sensorelementen 2 erfasste Intensität des einfallenden Licht L eine starke Abhängigkeit vom Einfallswinkel α auf. Der Einfallswinkel α lässt sich daher mit einem solchen Sensor 1 besonders präzise erfassen.

10 Ein Öffnungswinkel δ der Kegelfläche 11 bestimmt dabei die relative Ausrichtung der Sensorflächen 3 zueinander, der in dem gezeigten Beispiel etwa 65° beträgt. Bezüglich einer weiteren, die Oberfläche des Sensors 1 bestimmenden Fläche 12 sind die Sensorelemente 2 zueinander im Winkel γ angeordnet, der in dem gezeigten Beispiel etwa 120° beträgt.

20 Es versteht sich, dass insbesondere die in Figuren 5 und 6 gezeigten Ausführungsbeispiele dazu ausgebildet sind, den vollständigen Raumwinkel α , aus dem das Licht L auf den Sensor 1 einfällt, zu erfassen, und nicht nur einen Winkel bezüglich einer gegebenen Vorzugsrichtung. Lediglich aus Gründen der besseren Darstellung wurden die Figuren diesbezüglich stark schematisiert dargestellt.

30 Bei einem Verfahren zur Positionsbestimmung des medizinischen Instruments 4 wird die vom Einfallswinkel α abhängige Messgröße mittels zumindest eines am medizinischen Instrument 4 vorgesehenen lichtempfindlichen Sensors 1 erfasst. Zur zumindest teilweisen Bestimmung der Lage und/oder der Orientierung des medizinischen Instruments 4 wird der Einfallswinkel α aus dem gemessenen Wert abgeleitet. Gemäß verschiedenen Anwendungsbeispielen können gegebenenfalls mehrere Sensoren 1 bzw. mehrere Lichtquellen 5 vorgesehen sein, um eine hinreichende Bestimmung der Position und/oder Orientierung des medizinischen Instruments 4 sicherzustellen.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus
5 abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

	1	Sensor
	2	Sensorelement
5	3	Sensorfläche
	4	Instrument
	5	Lichtquelle
	6	Erstes Sensorpaar
	7	Zweites Sensorpaar
10	8	Filter
	9	Erste Lichtquelle
	10	Zweite Lichtquelle
	11	Kegelfläche
	12	Fläche
15		
		L Licht
		$\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ Einfallswinkel
20		β, γ Winkel
		δ Öffnungswinkel
		$\Delta z, \Delta z'$ Abstand
		X, X' Erste Achse
		Y, Y' Zweite Achse
25		

Patentansprüche

1. Verfahren zur Positionsbestimmung eines medizinischen Instruments (4), wobei am medizinischen Instrument (4) zumindest ein lichtempfindlicher Sensor (1) mit zumindest zwei Sensorelementen (2) angeordnet ist, auf dem Licht (L) in einem Einfallswinkel (α , α_1 , α_2 , α_3 , α_4) einfällt, welches von zumindest einer an einer bekannten Position angeordneten Lichtquelle (5) emittiert wird und eine vom Einfallswinkel (α , α_1 , α_2 , α_3 , α_4) abhängige Messgröße zur Bestimmung der Lage und/oder der Orientierung des medizinischen Instruments (4) anhand von auf die Sensorelemente (2) einwirkenden Strahlungsintensitäten erfasst wird, wobei die den Sensorelementen (2) zugeordneten Sensorflächen (3) zueinander in einem vorgegebenen Winkel angeordnet sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Messgröße eine Stromstärke eines zumindest teilweise durch den photoelektrischen Effekt hervorgerufen elektrischen Stroms oder einen durch den photoelektrischen Effekt modifizierten elektrischen Widerstand umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die zumindest eine Lichtquelle (5) Licht (L) mit zumindest einer Frequenz aus dem infraroten Frequenzbereich emittiert.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zumindest eine Lichtquelle (5) Licht (L) mit zumindest einer Frequenz aus dem optisch sichtbaren Frequenzbereich emittiert.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mehrere an verschiedenen bekannten Positionen angeordnete Lichtquellen (5, 9, 10) Licht (L) mit jeweils paarweise voneinander verschiedenen Frequenzverteilungen emittieren und eine Zuordnung des Ursprungs des auf den zumindest einen Sensor (1) einfallenden Lichts (L) anhand der emittierten Fre-

quenzverteilung mittels einer sensorseitigen Frequenzselektion erfolgt.

6. Vorrichtung zur Positionsbestimmung eines medizinischen Instruments (4), die zur Bestimmung der Lage und/oder der Orientierung des medizinischen Instruments (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist, wobei am medizinischen Instrument (4) zumindest ein lichtempfindlicher Sensor (1) angeordnet ist, auf dem Licht (L) in einem Einfallswinkel (α , α_1 , α_2 , α_3 , α_4) einfällt, welches von zumindest einer an einer bekannten Position angeordneten Lichtquelle (5) emittierbar ist und von dem zumindest einen Sensor (1) eine vom Einfallswinkel (α , α_1 , α_2 , α_3 , α_4) abhängige Messgröße zur Bestimmung der Lage und/oder der Orientierung des medizinischen Instruments (4) erfassbar ist, wobei der zumindest eine Sensor (1) zumindest zwei lichtempfindliche Sensorelemente (2) umfasst, deren Sensorflächen (3) zueinander in einem vorgegebenen Winkel angeordnet sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die zumindest zwei lichtempfindlichen Sensorflächen (3) orthogonal zueinander angeordnet sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, wobei der zumindest eine Sensor (1) vier lichtempfindliche Sensorelemente (2) umfasst, deren Sensorflächen (3) paarweise zueinander in einem vorgegebenen Winkel, insbesondere paarweise orthogonal zueinander, angeordnet sind.
9. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, wobei der zumindest eine Sensor (1) zumindest drei voneinander beabstandete lichtempfindliche Sensorelemente (2) mit Sensorflächen (3) umfasst.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Sensorelemente (2) auf einer Kegelfläche angeordnet sind.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Kegelfläche einen Öffnungswinkel (δ) von 60° bis 80° aufweist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, wobei am
5 medizinischen Instrument (4) zumindest zwei lichtempfindliche Sensoren (1) in einem vorgegebenen Abstand (Δz , $\Delta z'$) angeordnet sind.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 12, wobei am
10 medizinischen Instrument (4) zumindest drei voneinander beabstandete lichtempfindliche Sensoren (1) in einer von einer kollinearen Konfiguration abweichenden Anordnung vorgesehen sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 13, wobei
15 mehrere Lichtquellen (5, 9, 10) an verschiedenen bekannten Positionen angeordnet sind, die Licht (L) mit jeweils paarweise voneinander verschiedenen Frequenzverteilungen emittieren und der zumindest eine Sensor (1) Mittel zur Frequenzselektion aufweist, so dass die dem Ursprung des auf den zumi-
20 ndest einen Sensor (1) einfallenden Lichts (L) entsprechende Lichtquelle (5, 9, 10) zuordbar ist.

FIG 1

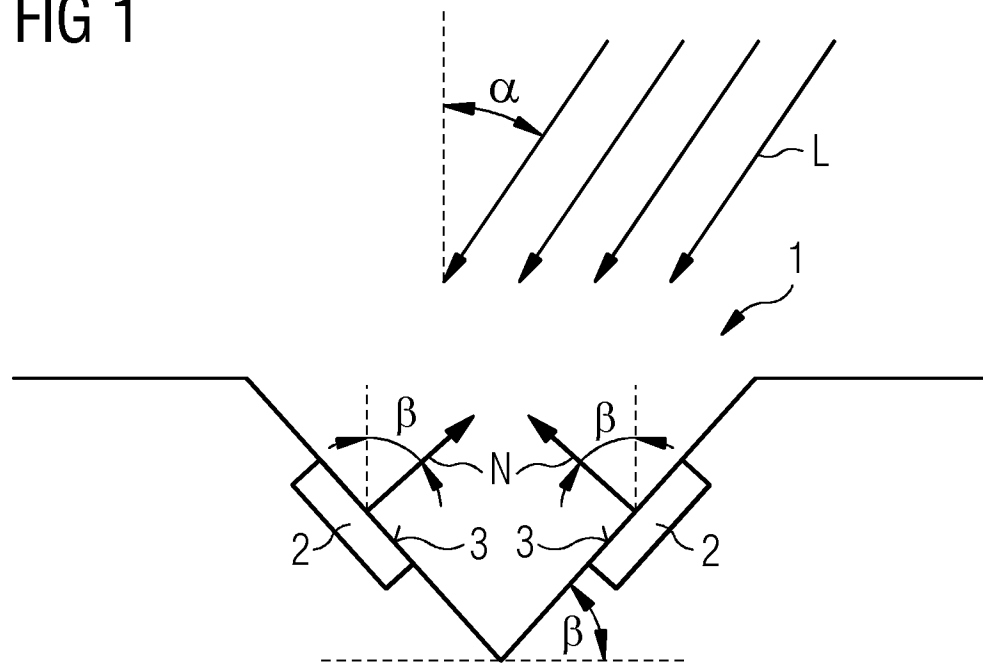


FIG 2

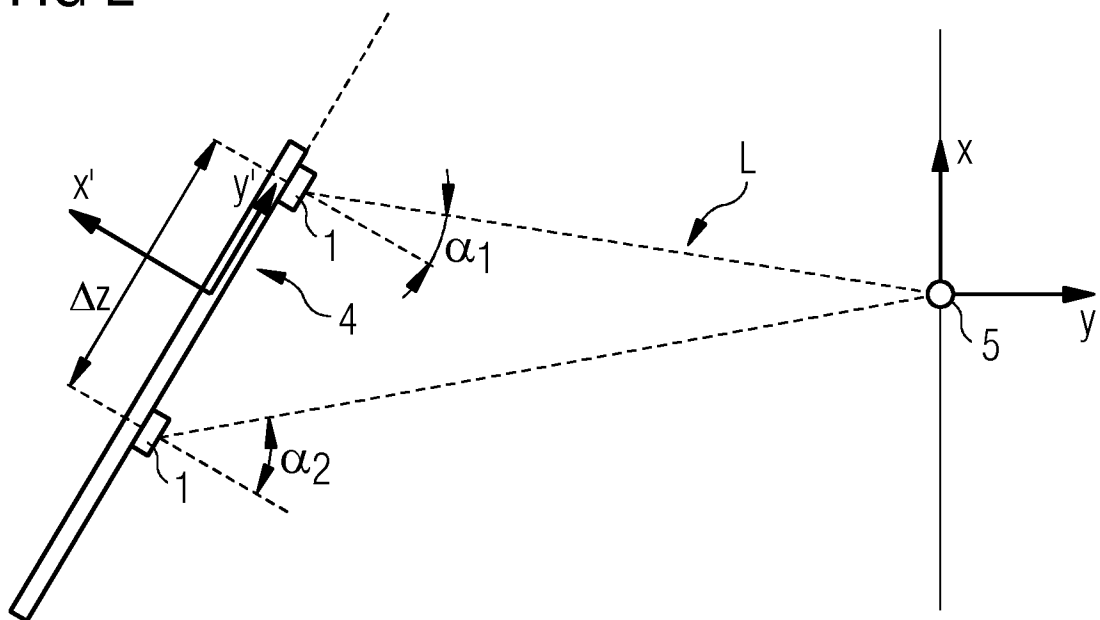


FIG 3

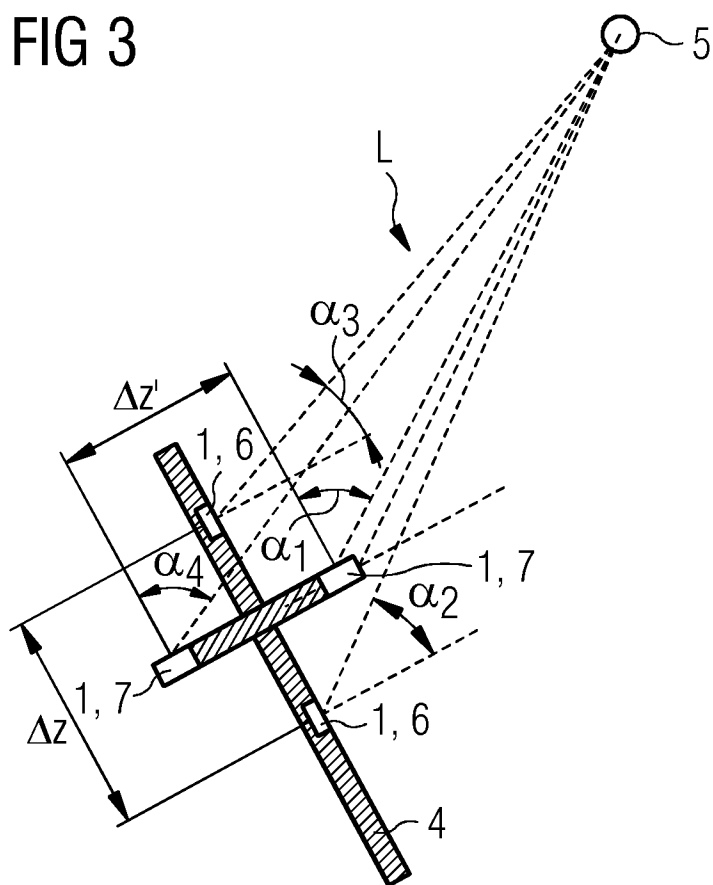
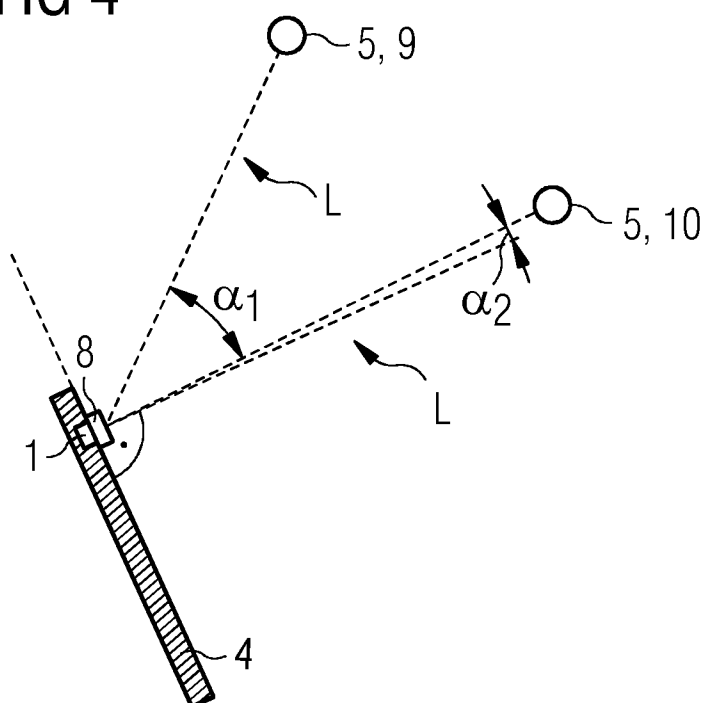


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/080399

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A01B69/04 B23P19/10 G01B21/04 A61B5/06 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)
G01B A01B B23P A61B

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 4 753 569 A (PRYOR TIMOTHY R [CA]) 28 June 1988 (1988-06-28)	1,2,4,6, 12
Y	column 4, line 19 - column 5, line 20; claim 1; figure 2	1-14
X	US 2013/050410 A1 (STEINBICHLER MARCUS [DE] ET AL) 28 February 2013 (2013-02-28)	1,2,6-9, 12,13
Y	paragraph [0030] - paragraph [0034]; claims 1,5	1-14
Y	US 2014/088410 A1 (WU CHUNWU [US]) 27 March 2014 (2014-03-27) the whole document	1-14
Y	US 2002/120192 A1 (NOLTE LUTZ PETER [CH] ET AL) 29 August 2002 (2002-08-29) the whole document	1-14



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

9 March 2016

Date of mailing of the international search report

18/03/2016

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

Grand, Jean-Yves

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/080399

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4753569	A	28-06-1988	NONE
US 2013050410	A1	28-02-2013	DE 102011011360 A1 EP 2489977 A2 JP 2012168180 A US 2013050410 A1
US 2014088410	A1	27-03-2014	AU 2013323646 A1 CA 2883508 A1 CN 104684502 A EP 2900164 A1 JP 2015534480 A KR 20150064015 A US 2014088410 A1 US 2015164609 A1 WO 2014052428 A1
US 2002120192	A1	29-08-2002	AU 766981 B2 AU 3927799 A CA 2370960 A1 EP 1171780 A1 JP 4636696 B2 JP 2002541949 A US 2002120192 A1 WO 0063719 A1

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. A01B69/04 B23P19/10 G01B21/04 A61B5/06 G01B11/25 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01B A01B B23P A61B		
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 4 753 569 A (PRYOR TIMOTHY R [CA]) 28. Juni 1988 (1988-06-28)	1,2,4,6, 12
Y	Spalte 4, Zeile 19 - Spalte 5, Zeile 20; Anspruch 1; Abbildung 2	1-14
X	US 2013/050410 A1 (STEINBICHLER MARCUS [DE] ET AL) 28. Februar 2013 (2013-02-28)	1,2,6-9, 12,13
Y	Absatz [0030] - Absatz [0034]; Ansprüche 1,5	1-14
Y	US 2014/088410 A1 (WU CHUNWU [US]) 27. März 2014 (2014-03-27) das ganze Dokument	1-14
Y	US 2002/120192 A1 (NOLTE LUTZ PETER [CH] ET AL) 29. August 2002 (2002-08-29) das ganze Dokument	1-14
☐ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
9. März 2016		18/03/2016
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 Grand, Jean-Yves

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/080399

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4753569	A	28-06-1988	KEINE
US 2013050410	A1	28-02-2013	DE 102011011360 A1 EP 2489977 A2 JP 2012168180 A US 2013050410 A1
US 2014088410	A1	27-03-2014	AU 2013323646 A1 CA 2883508 A1 CN 104684502 A EP 2900164 A1 JP 2015534480 A KR 20150064015 A US 2014088410 A1 US 2015164609 A1 WO 2014052428 A1
US 2002120192	A1	29-08-2002	AU 766981 B2 AU 3927799 A CA 2370960 A1 EP 1171780 A1 JP 4636696 B2 JP 2002541949 A US 2002120192 A1 WO 0063719 A1