(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
12. November 2009 (12.11.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/135696 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01L 1/22 (2006.01) *G01L 5/16* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/003450

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. Mai 2009 (04.05.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 022 732.3 5. Mai 2008 (05.05.2008) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastrasse 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **WEISS, Manfred** [DE/DE]; Henning-Storm-Strasse 2, 25524 Itzehoe (DE). **EICHHOLZ, Jörg** [DE/DE]; Parkring 17, 25560 Warringholz (DE).

(74) Anwalt: **PFENNING, MEINIG & PARTNER GBR**; Joachimstaler Strasse 12, 10719 Berlin (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, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

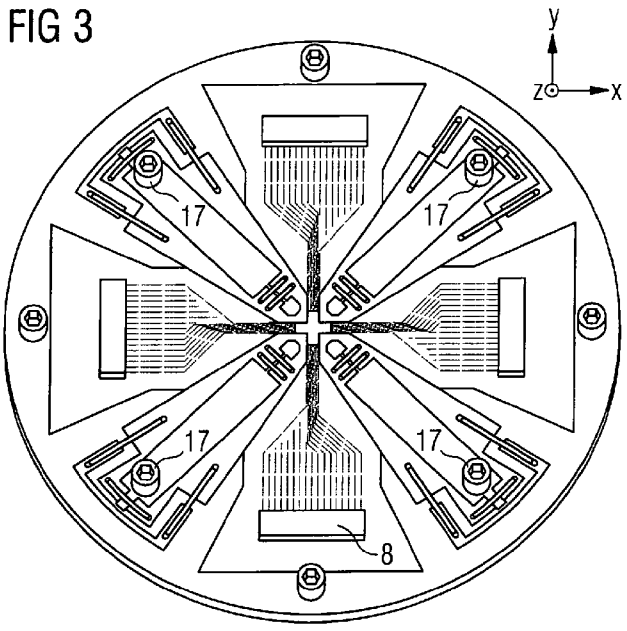
— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: SENSOR ARRANGEMENT

(54) **Bezeichnung**: SENSORANORDNUNG

FIG 3



bei die Sensoranordnung

(57) **Abstract**: The present invention relates to a sensor arrangement (1) containing an essentially disc-shaped sensor (2) and an essentially disc-shaped transducer (3) which can be connected to the latter, wherein the transducer is constructed in such a manner that it transmits forces and/or moments to the sensor in at least one spatial direction and the transducer has one or more tongues (4) which are coupled to one another via a separate mechanical connection (5), and wherein sections (6) of the tongues act on a force-sensitive region (7) of the sensor, and wherein the sensor arrangement also contains an evaluation unit (9) which converts the action of the tongues on the force-sensitive region into force and/or moment information. The sensor arrangement according to the invention provides a small and cost-saving sensor arrangement.

(57) **Zusammenfassung**: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Sensoranordnung (1), die einen im Wesentlichen scheibenförmigen Sensor (2) sowie einen damit verbindbaren im Wesentlichen scheibenförmigen Transducer (3) enthält, wobei der Transducer so aufgebaut ist, dass er Kräfte und/oder Momente in mindestens eine Raumrichtung auf den Sensor überträgt und der Transducer eine oder mehrere Zungen (4) aufweist, die über eine gesonderte mechanische Verbindung (5) miteinander gekoppelt sind und wobei Abschnitte (6) der Zungen auf einen kraftsensitiven Bereich (7) des Sensors wirken, und wo-

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/135696 A1

außerdem eine Auswerteeinheit (9) enthält, die die Einwirkung der Zungen auf den kraftsensitiven Bereich in Kraft- und/oder Momenten-Informationen umrechnet. Mit der erfindungsgemäßen Sensoranordnung wird eine kleinbauende und kostensparende Sensoranordnung bereitgestellt.

SENSORANORDNUNG FÜR KRÄFTE UND MOMENTE

Die Erfindung betrifft eine Sensoranordnung mit der kleinbauend und kostensparend Belastungen (Kräfte, Drehmomente) in verschiedenen Raumrichtungen ermittelbar sind, beispielsweise in der Robotik oder der Medizintechnik.

Sensoranordnungen in Form von Dehnungsmessstreifen, die direkt auf einen zu messenden Gegenstand geklebt werden, sind bereits bekannt. Es wird hierbei die Änderung des elektrischen Widerstands gemessen, der überwiegend durch die Längenänderung bei Dehnung rein geometrisch resultiert. Um einen messbaren Effekt zu erhalten, handelt es sich bei den Dehnungsmessstreifen normalerweise um mäanderförmige, flexible, dünne Metallleitungen. Alternativ hierzu sind Systeme bekannt, bei denen optisch die Verschiebung zweier Platten, die über Federn miteinander verbunden sind, gemessen werden. Bekannt sind auch räumliche Anord-

nungen mehrerer Sensoren, die auf diese Weise eine mehrdimensionale Erfassung von Kräften und Momenten erlauben, jedoch relativ großbauend sind.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Sensoranordnung zu schaffen, die kleinbauend ist und kostengünstig herstellbar bleibt.

Diese Aufgabe wird durch eine Sensoranordnung nach Anspruch 1 gelöst.

Anspruch 1 betrifft eine Sensoranordnung, enthaltend einen im Wesentlichen scheibenförmigen Sensor sowie einen damit verbindbaren im Wesentlichen scheibenförmigen Transducer (Kraftübertrager), wobei der Transducer so aufgebaut ist, dass er Kräfte und/oder Momente in mindestens eine Raumrichtung auf den Sensor überträgt. Hierbei sind im 3-dimensionalen Raum 3 Zungen ausreichend. Bei der Ausführung des Sensors in einem Silizium-Material können vorteilhafterweise 4 Zungen gewählt werden, da wegen der Kristallstruktur des Siliziums 3 Brücken etwas ungünstiger wären.

Die Zungen sind über eine gesonderte mechanische Verbindung miteinander gekoppelt, wobei Abschnitte der Zungen auf einen kraftsensitiven Bereich des Sensors wirken, und wobei die Sensoranordnung außerdem eine Auswerteeinheit enthält, die die Einwirkung der Zungen auf den kraftsensitiven Bereich in Kraft- und/oder Momenten-Informationen umrechnet.

Vorteilhaft ist hier zunächst einmal die scheibenförmige Ausführung des Sensors sowie des Transducers. Hierdurch können sehr kleinbauende Anordnungen geschaffen werden, die beispielsweise im Bereich einer

mechanischen Schnittstelle (also zwischen einem Roboterarm und Werkzeug, in einem menschlichen Gelenk, etc.) unterzubringen sind. Vorteilhaft ist auch hier die leichte Herstellbarkeit, der Sensor kann beispielsweise in aus der Halbleitertechnologie bekannten Verfahren hergestellt werden, der Transducer kann aus einem einlagigen Material herausgetrennt sein.

Trotz dieser "zweidimensionalen" Anordnung können Kräfte und/oder Momente auch in zusätzlichen Raumrichtungen ermittelt werden. Diese Zungen werden über eine gesonderte mechanische Verbindung miteinander gekoppelt, wodurch Rückschlüsse auf Belastungen in mehreren Raumrichtungen möglich sind. Diese miteinander "gekoppelten" Zungen wirken auf mindestens, vorzugsweise einen gemeinsamen, kraftsensitiven Bereich des Sensors. Die Sensoranordnung weist hierbei außerdem eine Auswerteeinheit auf, die die Einwirkung der Zungen auf den kraftsensitiven Bereich in Kraft- und/oder Momenteninformationen umrechnet. Somit ist hier auch eine "autarke" Aufnahme von Kraft- bzw. Momentenbelastungen möglich.

Zur kostengünstigen Herstellung der Sensoranordnung, sollte diese möglichst kleinbauend sein. Hierzu kann ein Sensor aus Silizium mit einem Roboter zur Kraftübertragung verklebt oder aber auch verschraubt werden. Diese Klebeverbindungen bestimmen in der Regel auch die Größe der Sensoranordnung. Als Transducer wurde eine Konstruktion entwickelt, die auf der einen Seite mit dem Sensor und auf der anderen Seite z.B. mit einem Roboter oder ähnlichem (je nachdem wovon Kräfte aufgenommen werden sollen bzw. gemessen werden sollen) verbunden wird. Der Transducer ist so konstruiert, dass Kräfte und Drehmomente in allen sechs Achsen (wahlweise auch weniger) auf genau einen Sen-

sor übertragen werden können.

In einem beispielhaften Modell besteht der Sensor nur aus einem einzigen Stück Silizium mit piezoresistiven Widerständen in der Oberfläche und vier Brücken mit jeweils vier Messwiderständen zur unmittelbaren Messwertbestimmung. Zusätzlich sind weitere Widerstände an Stellen möglich, wo kein mechanischer Stress einwirkt. Diese Widerstände verändern sich allerdings mit der Temperatur. Misst man diese temperaturabhängigen Widerstände mit, so kann man den Einfluss von temperaturinduziertem Stress gegenüber kraftinduziertem Stress unterscheiden und herausrechnen. Der Transducer kann an den Sensor sowohl geklebt als auch geschraubt werden, das Gleiche gilt für die Befestigung am Roboter bzw. dem Gegenstand, dessen Kraft/Momentenbelastung aufgezeichnet werden soll.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung werden in den weiteren Ansprüchen beschrieben.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass der mit dem Sensor verklebt oder verschraubt ist. Das Verschrauben des Tansducers mit dem Sensor bietet den Vorteil, dass die Teile gegeneinander austauschbar sind, diese Schraubvariante bietet sich insbesondere für stabile Transducermaterialien, z.B. Stahl, an.

Eine weitere Weiterbildung sieht vor, dass der Transducer Kraftteiler aufweist, die so aufgebaut sind, dass nur ein Teil der auf den Transducer wirkenden Kraft über die Zungen an den Sensor weitergeleitet wird. Hierdurch wird nur ein definierter Teil der Kraft auf den Sensor übertragen, der andere wird vom Transducer aufgenommen, so dass der kraftsensitive Bereich hier nicht zu belastbar ausgestaltet sein

muss.

Vorzugsweise weisen die Zungen außerdem einen mechanischen Anschlag auf, der als Überlastschutz und Zerstörungssicherung für den Sensor wirken kann.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass der Transducer einteilig ausgeführt ist und beispielsweise als Stanz- oder Laserzuschnitt eines vorzugsweise einlagigen Körpers hergestellt ist. Hierbei bietet es sich an, dass der Transducer aus einem Kunststoff oder einem Metall, beispielsweise Stahl oder Titan hergestellt ist.

Der kraftsensitive Bereich des Sensors ist vorzugsweise als piezoelektrischer, als piezoresistiver oder als kapazitiver Messbereich ausgeführt. Der Sensor ist vorzugsweise einteilig und besonders vorzugsweise aus Silizium gefertigt, allerdings sind hier auch weitere Messmethoden oder Materialien nicht ausgeschlossen.

Transducer und Sensor sind vorzugsweise zweidimensional ausgeführt, so dass diese einfach aufeinander gelegt werden können und trotzdem eine Messung in mehrere Raumrichtung ermöglichen.

In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung, die eine Messung von Kräften und Momenten in allen Raumrichtungen erlaubt, sind vier Widerstandsbrücken mit jeweils vier Widerständen zur Weiterverarbeitung der Messsignale der Zungen auf den kraftsensitiven Bereich vorgesehen.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass der Sensor mindestens einen weiteren Widerstand aufweist zur Tempera-

turmessung. Hiermit kann der Temperatureinfluss auf das Messergebnis herausgerechnet werden. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn der Sensor aus Silizium und der Transducer aus Stahl besteht und aufgrund der unterschiedlichen Wärmeausdehnungseigenschaften hier Verfälschungen der Kraft- bzw. Momentenergebnisse sonst auftreten könnten.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die gesonderte mechanische Verbindung der Zungen als Ring oder als Rahmen ausgeführt ist. Vorteilhaft ist hierbei, dass es sich um "geschlossene" Strukturen handelt, die mechanisch die Zungen miteinander verbinden. Vorteilhaft ist, über die axiale Belastung sowie die Torsionsbelastung der Zungen bzw. der gesonderten mechanischen Verbindung eine "ganzheitliche" Aufnahme der Kraft- bzw. Momentenbelastung erfolgt. Der modulare Aufbau des Transducer mit dem zusätzlichen gesonderten mechanischen Verbindungselement ist hierbei auch herstellungstechnisch vorteilhaft, da beide Teile einlagig hergestellt werden können und dann beispielsweise in einer Schraubverbindung miteinander mechanisch stabil gekoppelt werden können.

Eine vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass die Zungen radial aufeinander zulaufend angeordnet sind. Vorteilhafterweise können diese "sternförmig" aufeinander zulaufen, hierdurch kann beispielsweise in dem Zentrum des Sterns ein kraftsensitiver Bereich vorgesehen werden, der eine zentrale Messwerterfassung erlaubt.

Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass die Dicke der Sensoranordnung insgesamt zwischen 0,5 mm und 10 mm beträgt und die Gesamtfläche der Sensoranordnung in ihrer größten Ausdehnung zwischen

10 mm² und 200 cm² beträgt. Hierdurch wird klar, dass dieser Sensor relativ kleinbauend vorgesehen werden kann und somit eine Fülle von Einsatzmöglichkeiten einerseits z.B. in der Robotik (wo relativ hohe Kräfte wirken), andererseits auch beispielsweise in der Medizintechnik (wo bei implantierbaren Gegenständen der kleinbauende Aspekt besonders wichtig ist) besteht.

Die Sensoranordnung kann als Einmalprodukt ausgeführt sein und hierzu eine interne Stromversorgung aufweisen. Hierdurch ist eine Ankopplung an andere Gegenstände nicht notwendig. Vorzugsweise kann eine schnurlose Kopplung zu einer Schnittstelle vorgesehen werden, um somit ohne Kabelanbindung gespeicherte bzw. gemessene Werte des Sensors abrufen zu können.

Eine vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass die Auswerteeinheit ausgeführt ist in der unmittelbaren Nähe des Sensors, z.B. in Form einer Leiterplatte auf dem Transducer. Diese Anordnung kann weiterhin von einem Gehäuse umschlossen sein. Eine axiale Druckbelastung der Leiterplattenanordnung kann vorzugsweise durch herausstehende Schraubenköpfe auf dem Transducer abgefangen werden.

Die erfindungsgemäße Sensoranordnung ist in vielfältigen Bereichen einsetzbar, insbesondere zur Belastungsaufnahme von Roboterarmen oder in der Medizintechnik, insbesondere zur Belastungsaufnahme von menschlichen oder tierischen Gelenken.

In einer besonders vorzugsweise Ausführungsform kann die Sensoranordnung an einem Roboterarm oder einem daran angeschlossenen Werkzeug angebracht sein und auf diese Weise die auf den Arm bzw. das Werkzeug

wirkenden Kräfte und/oder Momente ermittelt werden.

Weitere vorteilhafte Weiterbildungen werden in den übrigen Ansprüchen beschrieben.

Die Erfindung wird nun anhand mehrerer Figuren erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht eines Siliziumsensors,

Fig. 2 eine Draufsicht eines erfindungsgemäßen Transducers,

Fig. 3 eine Draufsicht einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung,

Fig. 4 eine Draufsicht auf ein gesondertes mechanisches Verbindungselement für die Zungen,

Fig. 5 eine schematische Draufsicht auf eine Sensoranordnung,

Fig. 6 eine Ansicht gemäß A auf die Anordnung nach Fig. 5, und

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Industrieroboters mit darin eingebauter Sensoranordnung.

Fig. 1 zeigt eine Draufsicht eines Sensors 2. Hierbei sind schraffierte Flächen gezeigt, auf die ein Transducer 3 aufgeklebt oder aufgeschraubt werden kann.

Der Sensor weist vier Widerstandsbrücken 10 auf, die als piezorestistive Widerstände ausgeführt sind. Ferner sind insgesamt vier Widerstände 11 zur Tempera-

turmessung vorgesehen, mit denen temperaturbedingte Störgrößen, die eine Kraft- oder Momentenmessung verfälschen könnten, herausgerechnet werden können. In der Mitte des Sensors 2 ist ein kraftsensitiver Bereich vorgesehen, auf den Zungen 4 eines Transducers 2 kraftsensitiv wirken (Näheres hierzu in Fig. 2).

Der Sensor 2 ist einteilig ausgeführt und besteht aus Silizium. Mittels Halbleiterfertigungsverfahren wurden Funktionseinheiten wie Widerstandsbrücken hierauf aufgebaut, zusätzlich wurden noch Klebeschichten aufgebracht, um eine Verbindung mit dem Transducer zu gewährleisten. Der Sensor 2 ist zweidimensional ausgeführt.

Fig. 2 zeigt eine Draufsicht eines erfindungsgemäßen Transducers 3. Dieser Transducer 3 ist einteilig ausgeführt und wurde aus einem Stück Stahl mittels Laserzuschnitt herausgetrennt auf die hier gezeigte zweidimensionale Form.

Der Transducer hat insgesamt vier Zungen 4, die mit ihren vordersten Abschnitten 6 auf einen kraftsensitiven Bereich 7 (siehe hier Fig. 1) des Sensors 2 drücken. Die Zungen sind hierbei radial aufeinander zulaufend angeordnet, sie laufen spitz aufeinander zu, so dass sich die Abschnitte 6 im Bereich des kraftsensitiven Bereichs 7 (siehe Fig. 1) treffen.

Hierbei werden die Abschnitte 6 mit Krafteinleitungspunkten des kraftsensitiven Bereichs 7 verbunden, der zur Stützung vorgesehene Mittelpunkt 16 des Transducers wird hier ebenfalls aus Stabilitätsgründen verbunden. Außerdem sind Kraftteiler 9 vorgesehen, die auskragende Federn ausgeführt sind. Hierdurch wird nur ein definierter Teil der auf den Transducer wir-

kenden Kraft an den Sensor übertragen, der andere Teil wird vom Transducer aufgenommen.

Insgesamt sind die Federn 4 als auskragende Elemente gestaltet, die jeweils an ihrem radial äußeren Ende gehalten sind bzw. dort in den übrigen Transducer übergehen. Im Bereich dieser radial außen liegenden Haltepunkte wird ein (in Fig. 3 dargestelltes) Verbindungselement 5 aufgebracht, das mit den Zungen verbunden, vorzugsweise verschraubt wird. Hierfür sind Löcher 17 zur Befestigung des Rings an den Zungen 4 vorgesehen.

Der Sensor wird auf dem Transducer festgeklebt. Der Ring wird mit Schrauben an jeder der Federn befestigt. Der Ring verändert seine Position relativ zum Transducer bei Krafteinwirkung und benötigt deshalb einen kleinen Abstand zum Transducer (der ist zur Zeit die Dicke einer Mutter). Der Ring kann dabei auf derselben Seite des Transducers wie der Sensor befestigt werden als auch auf der gegenüberliegenden Seite.

Das Element 5 verbindet im fertig montierten Zustand der Sensoranordnung alle Zungen 4. Hierdurch wird eine auf den Transducer wirkende Kraft zum einen eine Verformung der Zungen (Torsion sowie Biegung) einleiten, diese Belastung erfolgt über alle Zungen, so dass ein mehrdimensionaler Belastungszustand entsteht, der über die Belastung der Abschnitte 6 an die entsprechenden Krafteinleitungspunkte des kraftsensitiven Bereichs 7 aufgenommen wird.

Im Transducer 3 sind außerdem Löcher 18 zur Schraubbefestigung des Transducers am Sensor vorgesehen, alternativ oder auch zusätzlich ist auch ein Verkleben

beider Komponenten möglich.

Das vorliegende Beispiel von Transducer und Sensor ist geeignet zur Anwendung in Industrierobotern, die Dicke der Sensoranordnung beträgt hier beispielsweise mit Gehäuse 15 mm und die Gesamtfläche beträgt ca. 150 cm^2.

Fig. 3 zeigt eine fertig montierte Sensoranordnung 1, die noch nicht von einem schützenden Gehäuse umgeben ist. In dieser Figur ist die Auswerteeinheit 8 in Form von Leiterplatten zu sehen.

Hierin werden die vier Zungen mit dem Element 5 und dem Sensor verschraubt, zusätzlich ist eine Verschraubung zwischen dem Sensor und dem Transducer gegeben.

Die Sensoranordnung verfügt über eine interne Stromversorgung und muss insofern nicht kabelmäßig an weitere Bauteile, beispielsweise eine Steuereinrichtung des Roboters, angebunden sein, dies ist allerdings vorzugsweise auch möglich.

In jedem Fall enthält die Sensoranordnung eine Schnittstelle zum Abspeichern und Prüfen gemessener Werte, hier kann auch eine Drahtlos-Schnittstelle vorgesehen sein. Die erfindungsgemäße Sensoranordnung bietet sich insbesondere zur Belastungsaufnahme von Roboterarmen oder auch in der Medizintechnik, insbesondere zur Belastungsaufnahme von menschlichen oder tierischen Gelenken an, diese Einsatzbereiche sollen jedoch nicht einschränkend verstanden werden. In Fig. 3 wurde ein Koordinatensystem eingezeichnet, dieses ist dasselbe wie in Fig. 7 (auf die im Folgenden eingegangen wird).

Fig. 4 zeigt ein mechanisches Verbindungselement 5 (dies kann alternativ beispielsweise auch als Ring oder Rahmen ausgeführt sein), das mittels Löchern 20 mit dem Transducer verbindbar ist, so dass die Zungen 4 zusätzlich mechanisch untereinander gekoppelt sind.

Außerdem sind Löcher 19 am Element 5 vorgesehen, mit denen eine Ankopplung an externe Bauteile, deren Kräfte aufzunehmen sind, erfolgt. Die an diese externen Bauteile abgegebenen und übe die Befestigungslöcher 19 weitergegebenen Kräfte bzw. Momente werden dann von der Sensoranordnung erfasst.

Fig. 5 zeigt eine Draufsicht einer Sensoranordnung mit montiertem Verbindungselement 5, wobei neben dem schematisch dargestellten Transducer 3 und Sensor 2 herausstehende Abschnitte des Verbindungselements 5 zu sehen sind, insbesondere auch die Befestigungslöcher bzw. Befestigungspunkte 19.

Fig. 6 zeigt Ansicht A gemäß Fig. 5, hier ist zu sehen, wie eine Grundplatte 22, die über entsprechende Abstandsbolzen 21 (bzw. Schrauben) mit dem Sensor 2 und dem Transducer 3 verbunden sind, das Verbindungselement einschließen.

Fig. 7 zeigt einen Industrieroboter 12 mit einem Roboterarm 13. Am Roboterarm 13 ist ein Werkzeug 14, vorliegend ein Greifwerkzeug, angebracht. Im Bereich zwischen Roboterarm 13 sowie Werkzeug 14 ist die scheibenförmige Sensoranordnung 1 gezeigt.

Auf das Greifwerkzeug 14 wirken Kräfte und Momente in jeweils drei Raumrichtungen. Mit der erfindungsgemäßen Sensoranordnung, die in der X-Y-Ebene des mitbe-

wegten X-Y-Z-Koordinatensystems montiert ist, werden die Kräfte und Momente aufgenommen und durch die Bewegung der Zungen 4 bezüglich des kraftsensitiven Bereichs 7 in ihrer Größe ermittelt. Bemerkenswert ist hierbei, dass dieser räumliche Belastungszustand mit einer zweidimensionalen (scheibenförmigen) Anordnung ermittelbar ist.

Patentansprüche

1. Sensoranordnung (1), enthaltend einen im Wesentlichen scheibenförmigen Sensor (2) sowie einen damit verbindbaren im Wesentlichen scheibenförmigen Transducer (3), wobei der Transducer so aufgebaut ist, dass er Kräfte und/oder Momente in mindestens eine Raumrichtung auf den Sensor überträgt und der Transducer mindestens eine oder mehrere Zungen (4) aufweist, die über eine gesonderte mechanische Verbindung (5) miteinander gekoppelt sind und wobei Abschnitte (6) der Zungen auf einen kraftsensitiven Bereich (7) des Sensors wirken, und wobei die Sensoranordnung außerdem eine Auswerteeinheit (9) enthält, die die Einwirkung der Zungen auf den kraftsensitiven Bereich in Kraft- und/oder Momenten-Informationen umrechnet.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Transducer (3) mit dem Sensor (2) verklebt oder verschraubt ist.

3. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Transducer (3) Kraftteiler (9) aufweist, die so aufgebaut sind, dass nur ein Teil der auf den Transducer wirkenden Kraft über die Zungen (4) an den Sensor weitergeleitet wird.

4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zungen (4) einen mechanischen Anschlag aufweisen, der als

Überlastschutz und Zerstörungssicherung für den Sensor wirkt.

5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Transducer (3) einteilig ausgeführt ist.

6. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der kraftsensitive Bereich (7) des Sensors (2) als piezoelektrischer, als piezoresistiver oder als kapazitiver Messbereich ausgeführt ist.

7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Widerstandsbrücken (10) mit jeweils mindestens einem oder mehreren Widerständen zur Weiterverarbeitung der Messsignale der Zungen (4) auf den kraftsensitiven Bereich (7) vorgesehen sind.

8. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (2) und der Transducer (3) zweidimensional ausgeführt sind.

9. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (2) einteilig ist und aus Silizium gefertigt ist.

10. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (2) mindestens einen weiteren Widerstand aufweist zur Temperaturmessung.

11. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die gesonderte mechanische Verbindung der Zungen als Ring (5) oder als Rahmen ausgeführt ist.

12. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zungen (4) radial aufeinander zulaufend angeordnet.

13. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass diese so aufgebaut ist, dass sie in drei Raumrichtungen Momente und/oder Kräfte aufnimmt.

14. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Sensoranordnung (1) insgesamt zwischen 0,5 mm und 10 mm beträgt und die Gesamtfläche der Sensoranordnung in ihrer größten Ausdehnung zwischen 10 mm^2 und 200 cm^2 beträgt.

15. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnung (1) als Einmalprodukt ausgeführt ist und eine interne Stromversorgung aufweist.

16. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnung (1) eine Schnittstelle zum Abspeichern und Prüfen gemessener Werte aufweist.

17. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (8) ausgeführt ist in unmittelbarer Nähe des Sensors und z.B. auf einer der Seiten des Transducers angeordnet ist.

18. Verwendung der Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche in der Robotik, insbesondere zur Belastungsaufnahme von Roboterarmen oder in der Medizintechnik.

19. Roboter (17), enthaltend einen Roboterarm (13) sowie ein daran zu befestigendes Werkzeug (14), dadurch gekennzeichnet, dass eine Sensoranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 17 am Roboterarm oder Werkzeug angebracht ist und dass auf diese Weise die auf den Roboterarm oder das Werkzeug wirkenden Kräfte und/oder Momente messbar sind.

FIG 1

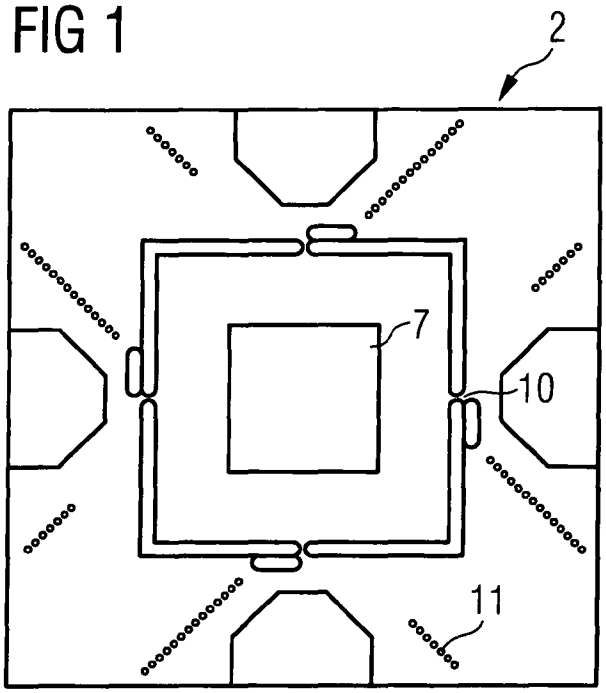


FIG 2

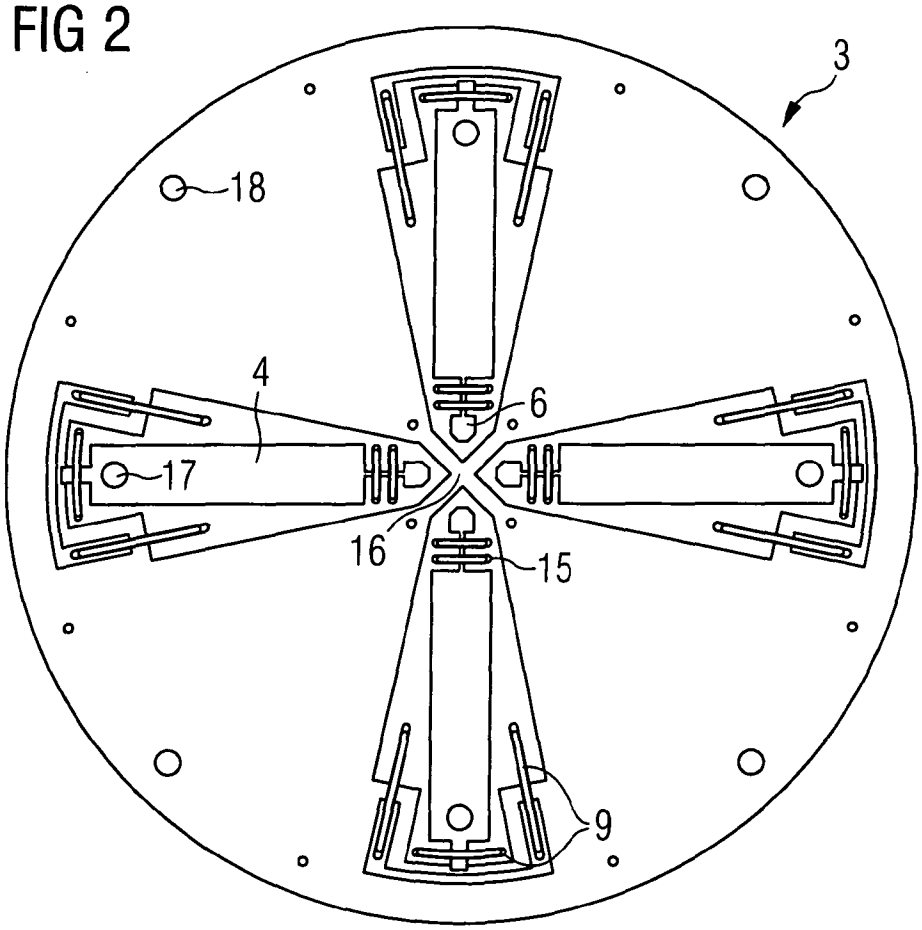


FIG 3

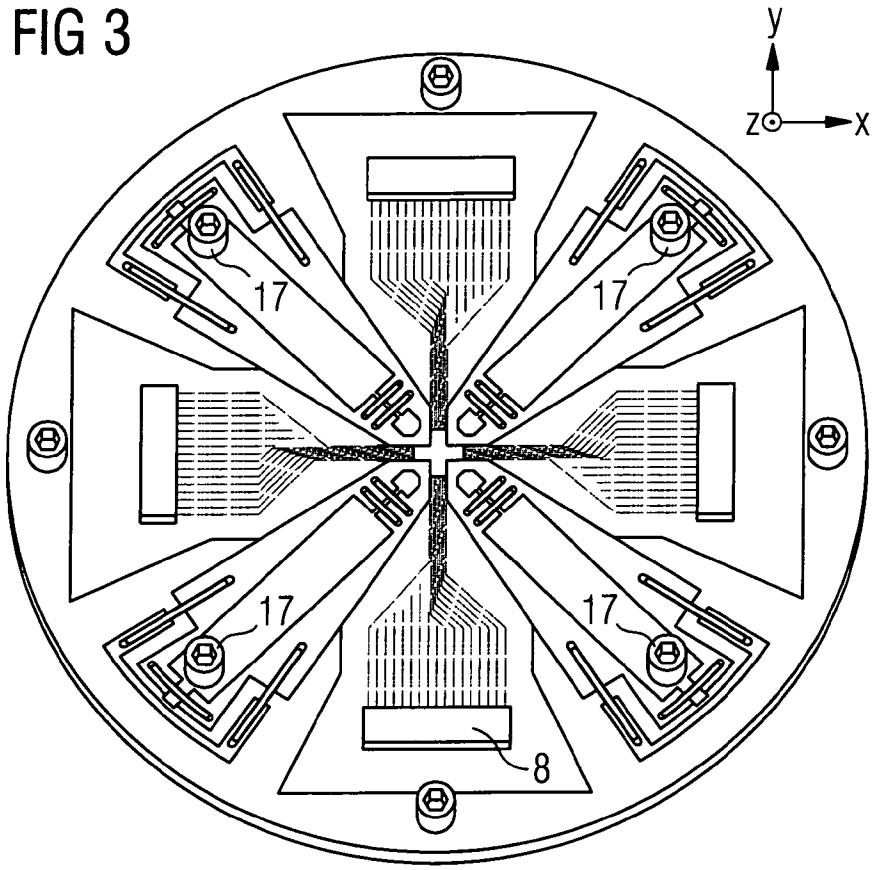


FIG 4

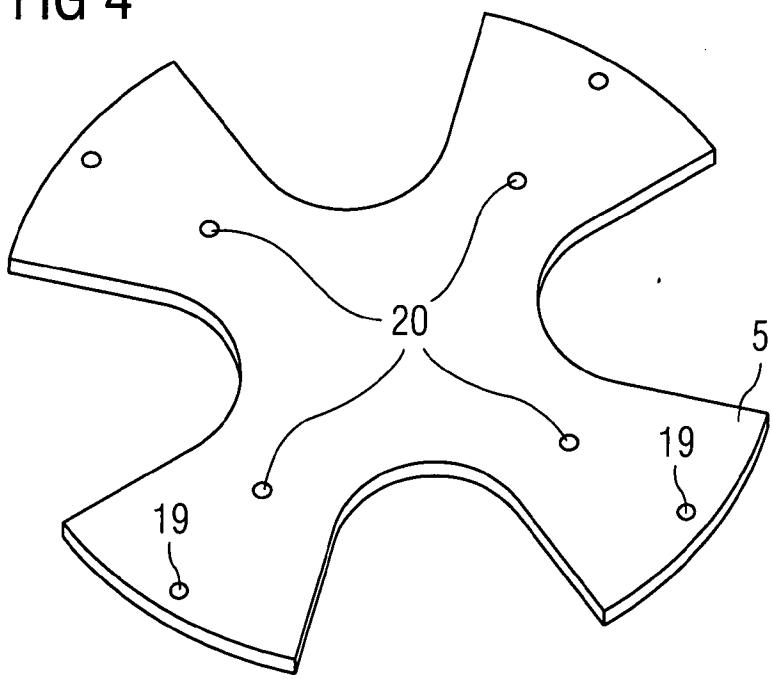


FIG 5

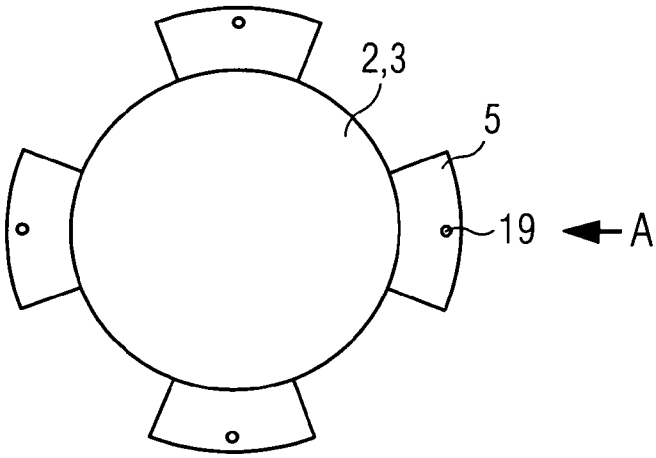


FIG 6

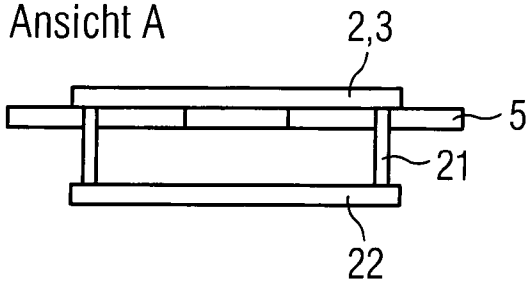
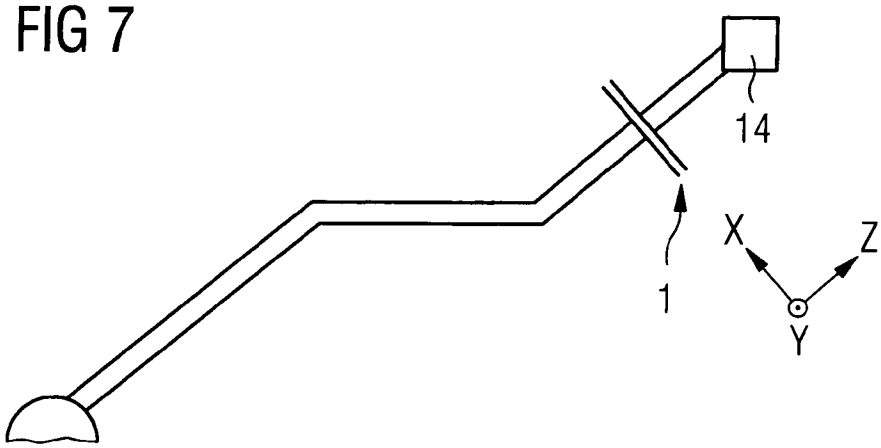


FIG 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/003450

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01L1/22 G01L5/16

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)
G01L B25J G01P G05B

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 practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GROSSER, HUBERT: "New low-cost microsystem-based robot force sensor" INFORMATIONSDIENST WISSENSCHAFT, [Online] 1 April 2008 (2008-04-01), XP002540059 Retrieved from the Internet: URL:http://idw-online.de/pages/de/news253118> [retrieved on 2009-08-03] the whole document	1-19
X	US 2008/047366 A1 (KURIYAMA NARIAKI [JP] ET AL) 28 February 2008 (2008-02-28) figures 1-5,7-11 paragraphs [0003], [0008], [0009] paragraph [0022] paragraph [0060] - paragraph [0071] paragraph [0088] - paragraph [0090] paragraph [0095] - paragraph [0098] paragraphs [0101], [0106] paragraph [0112] - paragraph [0126]	1-19

☐ 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 document 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	Date of mailing of the international search report
5 August 2009	25/08/2009

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Fax: (+31–70) 340–3016	Giesen, Fabian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2009/003450

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008047366 A1	28-02-2008	JP 4210296 B2	14-01-2009
		JP 2008051624 A	06-03-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/003450

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01L1/22 G01L5/16

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01L B25J G01P G05B

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GROSSER, HUBERT: "New low-cost microsystem-based robot force sensor" INFORMATIONSDIENST WISSENSCHAFT, [Online] 1. April 2008 (2008-04-01), XP002540059 Gefunden im Internet: URL:http://idw-online.de/pages/de/news253118> [gefunden am 2009-08-03] das ganze Dokument ----	1-19
X	US 2008/047366 A1 (KURIYAMA NARIAKI [JP] ET AL) 28. Februar 2008 (2008-02-28) Abbildungen 1-5,7-11 Absätze [0003], [0008], [0009] Absatz [0022] Absatz [0060] - Absatz [0071] Absatz [0088] - Absatz [0090] Absatz [0095] - Absatz [0098] Absätze [0101], [0106] Absatz [0112] - Absatz [0126] ----	1-19

☐ 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" älteres Dokument, 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 anderen 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
5. August 2009	25/08/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Giesen, Fabian

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/003450

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2008047366 A1	28-02-2008	JP 4210296 B2	14-01-2009
		JP 2008051624 A	06-03-2008