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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

PCT

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. April 2006 (06.04.2006)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/034706 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01C 19/56 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2005/001773

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. September 2005 (27.09.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 047 140.1
27. September 2004 (27.09.2004) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **CONTI TEMIC MICROELECTRONIC GMBH** [DE/DE]; Sieboldstrasse 19, 90411 Nürnberg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **HARTMANN, Bernhard** [DE/DE]; Altkönigstrasse 24, 61169 Friedberg (DE). **KAPSER, Konrad** [DE/DE]; Kuckucksweg 4, 82166 Gräfelfing (DE). **GOTTINGER, Reinhard** [DE/DE]; Mainstrasse 39, 85579 Neubiberg (DE). **GÜNTHNER, Stefan** [DE/DE]; Thorwaldstrasse 19, 80335 München (DE).

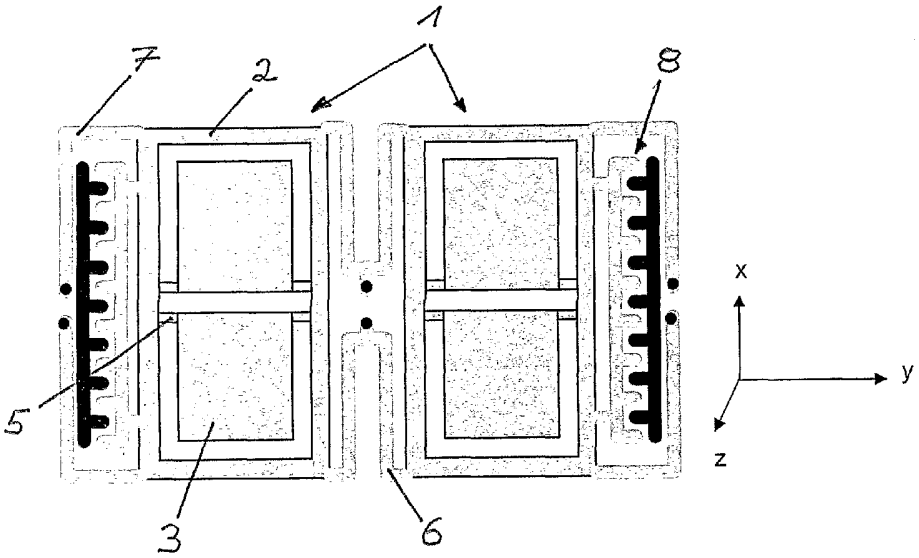
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC,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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** ROTATION SPEED SENSOR

(54) **Bezeichnung:** DREHRATENSENSOR



(57) **Abstract:** The invention relates to a rotation speed sensor comprising a substrate, at least one base element (1) comprising a frame (2), a suspension (7) of the frame (2) on the substrate, at least one oscillation device (3) and a suspension (4, 5) of the oscillation device (3) on the frame (2), a drive means (8) and a read-out (9, 10). According to the invention, the drive means (8) is configured in such a way that it acts upon the frame (2) of the base element (1).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/034706 A1

TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, 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*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft Drehratensensor mit einem Substrat, wenigstens einem Basiselement (1), das einen Rahmen (2), eine Aufhängung (7) des Rahmens (2) am Substrat, zumindest eine Schwingeinrichtung (3) und eine Aufhängung (4, 5) der Schwingeinrichtung (3) am Rahmen (2) umfasst, einem Antriebsmittel (8) und einer Ausleseeinrichtung (9, 10). Erfindungsgemäß ist das Antriebsmittel (8) derart ausgebildet, dass es auf den Rahmen (2) des Basiselementes (1) einwirkt.

Drehratensensor

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Drehratensensor gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Drehratensensoren werden üblicherweise verwendet, um eine Winkelgeschwindigkeit eines Gegenstandes um eine Achse zu ermitteln. Ist der Drehratensensor mikromechanisch auf Basis von Siliziumsubstrat hergestellt, bietet er gegenüber einem feinwerktechnischen Kreisel den Vorzug, dass er in sehr kleinen Abmessungen zu relativ niedrigen Kosten gefertigt werden kann. Vorteilhaft sind ferner eine relativ geringe Messunsicherheit und ein geringer Energieverbrauch während des Betriebes. Ein wichtiges Anwendungsgebiet von Drehratensensoren liegt in der Automobiltechnik, zum Beispiel bei Fahrdynamikregelungssystemen wie dem elektronischen Stabilitätsprogramm (ESP). Ein Antiblockiersystem, eine automatische Bremskraftverteilung, eine Antriebsschlupfregelung und eine Giermomentregelung wirken dabei so zusammen, dass eine Quer- und Längsstabilisierung des Fahrzeuges durch gezieltes Abbremsen einzelner Räder erreicht wird. Damit ist es möglich, ein Drehen des Fahrzeuges um seine Hochachse zu verhindern. Eine weitere Anwendung für Drehratensensoren liegt in der sogenannten Rollover-Detektion eines Fahrzeuges im Zusammenhang mit Airbagsteuereinheiten und Rückhaltesystemen für Fahrzeuginsassen. Ferner werden Drehratensensoren für Navigationszwecke sowie für die Bestimmung der Lage und des Bewegungszustandes von Fahrzeugen aller Art eingesetzt. Andere Einsatzfelder sind zum Beispiel Bildstabilisa-

toren für Videokameras, Dynamikregelung von Satelliten beim Aussetzen in die Erdumlaufbahn oder in der zivilen Luftfahrt bei Back-up Lageregelungssystemen.

Mikromechanisch hergestellte Drehratensensoren weisen allgemein eine Schwingeinrichtung auf, welche über einen Antrieb in eine Schwingung versetzt wird. Bewegt sich die Schwingeinrichtung in einem rotierenden System radial nach innen oder außen, ändert sich Ihre Bahngeschwindigkeit. Sie erfährt somit eine Tangentialbeschleunigung, welche durch die Coriolis-Kraft verursacht wird. Die Reaktion der Schwingeinrichtung auf die Rotation kann beispielsweise mittels einer weiteren Schwingeinrichtung oder anderen Ausleseeinrichtungen detektiert werden.

Aus der deutschen Patentschrift DE 196 41 284 C1 ist ein Drehratensensor bekannt, der eine als Federeinrichtung ausgebildete, entkoppelte Antriebs- und Auslesestruktur einer ersten und einer zweiten Schwingeinrichtung aufweist. Diese und ähnliche aus dem Stand der Technik bekannte Sensorkonfigurationen, welche auf dem Coriolis-Effekt beruhen, haben den Nachteil, dass durch die hier notwendige Entkopplung eine passive träge Masse erzeugt wird, welche wiederum die Messempfindlichkeit reduziert, da auf die passive Masse die Coriolis-Kraft nicht einwirken kann.

Die internationale Veröffentlichungsschrift WO 03/104823 A1 offenbart einen mehrachsigen monolithischen Beschleunigungssensor mit bis zu vier seismischen Massen, die in Form von Paddeln ausgebildet und über Torsionsfedern an einem Rahmen aufgehängt sind. Mit diesem Sensor können Beschleunigungen in Richtung der jeweiligen Hauptempfindlichkeitsachsen, jedoch keine Drehraten gemessen werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Empfindlichkeit des Drehratensensors auf einwirkende Coriolis-Kräfte zu maximieren. Insbesondere sollen dabei auch möglichst unabhängige Antriebs- und Auslesestrukturen geschaffen werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Drehratensensor mit einem Substrat, wenigstens einem Basiselement, das einen Rahmen, eine Aufhängung des Rahmens am Substrat, zumindest eine Schwingeinrichtung und eine Aufhängung der Schwingeinrichtung am Rahmen umfasst, einem Antriebsmittel und einer Ausleseeinrichtung, wobei das Antriebsmittel derart ausgebildet ist, dass es auf den Rahmen des Basiselementes einwirkt bzw. über den Rahmen das gesamte Basiselement zum Schwingen angeregt wird.

Somit werden erfindungsgemäß sämtliche beweglichen Strukturen in Antriebsrichtung zum Schwingen angeregt, darunter auch die auf Coriolis-Kräfte empfindlichen Schwingeinrichtungen, welche jedoch noch einen weiteren Bewegungsfreiheitsgrad besitzen. Im Vergleich zum Stand der Technik gibt es somit keine ruhenden bzw. passiven Massen mehr, die die Empfindlichkeit des Drehratensensors verringern, da die Coriolis-Kraft nicht auf ruhende- bzw. passive Massen einwirken kann.

Vorzugsweise ist dabei der Rahmen des Basiselementes im Wesentlichen nur in einer durch das Substrat aufgespannten Ebene beweglich ausgeführt. In der dazu senkrechten Richtung ist der Rahmen also im Wesentlich starr. Die Schwingeinrichtung ist derart ausgebildet, dass sie vorzugsweise eine Bewegung senkrecht zur Antriebsbewegung ausführt. Die Antriebsbewegung kann durch Wahl von geeigneten Aufhängungen der Schwingeinrichtung weitestgehend Bewegungen entlang deren Freiheitsgrades nicht anregen. Ebenso kann die Schwingeinrichtung durch ihre Bewe-

gungen die Antriebsbewegung nicht stören. Die sensierende Bewegung der Schwingeinrichtung ist mit anderen Worten von der Antriebsbewegung des Rahmens entkoppelt. Dies ist die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Mit Vorteil ist insbesondere auch die Empfindlichkeitsrichtung der Ausleseeinrichtung im Wesentlichen senkrecht zur Wirkrichtung des Antriebsmittels.

Insbesondere weist jedes Basiselement ein separates Antriebsmittel auf, so dass jedes Basiselement unabhängig von anderen Basiselementen angetrieben bzw. zu Schwingungen angeregt werden kann. Eine Kopplung zwischen verschiedenen Basiselementen ist somit nicht zwingend erforderlich.

Vorzugsweise ist das Antriebsmittel als Antriebskamm mit einer kapazitiven Anregung ausgebildet. Es ist aber auch möglich, dass die Anregung bzw. der Antrieb elektrisch, thermisch, magnetisch, piezoelektrisch oder auf andere Art und Weise erfolgt.

Die Schwingeinrichtung ist bevorzugt als seismische Masse, insbesondere in Form eines Paddels, ausgebildet. Zur Aufhängung der Schwingeinrichtung am Rahmen und zur Aufhängung des Rahmens am Substrat sind vorzugsweise Federn vorgesehen. Die Aufhängung der Schwingeinrichtung erfolgt dabei bevorzugt über als Torsions- oder Biegebalken ausgebildete Federn.

Mit besonderem Vorteil sind die (Resonanz-)Frequenzen von Rahmen und Schwingeinrichtung durch die Federn unabhängig voneinander einstellbar, da die Federn voneinander unabhängig sind und sich im Wesentlichen nicht beeinflussen.

Mit besonderem Vorteil weist der Drehratensensor zumindest zwei Basiselemente auf, die mittels einer Kopplungseinheit miteinander verbunden sind. Die Kopplung ist dabei bevorzugt so ausgeführt, dass sich die Basiselemente nur wenig in ihrer Bewegung beeinflussen. Die Basiselemente sind vorzugsweise um 180° (bei zwei Basiselementen) bzw. 90° (bei vier Basiselementen) zueinander gedreht, so dass sie zu gegenphasigen Schwingungen angeregt werden können, wodurch der gesamte Schwerpunkt des Systems in Ruhe bleibt. Über die Kopplung können die Basiselemente dann eine gemeinsame Resonanzfrequenz aufweisen.

Obwohl sich die Basiselemente prinzipiell nur wenig in ihrer Bewegung beeinflussen, kann es vorteilhaft sein, dass die Kopplungseinheit bei gegenüberliegenden, gegenphasig schwingenden Basiselementen die dazu jeweils um 90° gedreht angeordneten Basiselemente ebenso zu gegenphasigen Schwingungen anregt bzw. zwingt.

Bevorzugt ist die Kopplungseinheit ring- oder kreisförmig ausgebildet und benachbart zum gemeinsamen Schwerpunkt der Basiselemente aufgehängt.

Mit besonderem Vorteil sind mindestens zwei Ausleseeinrichtungen vorhanden, so dass zwei Drehbewegungen in verschiedenen Richtungen sensiert bzw. detektiert werden können. Eine Ausleseeinrichtung erfasst dann bevorzugt Bewegungen des Rahmens in der durch das Substrat aufgespannten Ebene und senkrecht zur Wirkrichtung des Antriebsmittels und die andere Ausleseeinrichtung detektiert Bewegungen der Schwingeinrichtung senkrecht durch das Substrat aufgespannten Ebene.

In einer Variante der vorliegenden Erfindung können auch an jedem Rahmen bzw. Basiselement zwei Ausleseeinrichtungen um 180° zueinander gedreht vorgesehen sein.

In der nachfolgenden Beschreibung werden die Merkmale und Einzelheiten der Erfindung in Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei sind in einzelnen Varianten beschriebene Merkmale und Zusammenhänge grundsätzlich auf alle Ausführungsbeispiele übertragbar. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 in schematischer Ansicht erste Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit jeweils einem Basiselement, das eine (Fig. 1a und 1b) bzw. zwei (Fig. 1c) Schwingeinrichtungen aufweist,

Fig. 2 eine schematische Ansicht auf einen Teil eines erfindungsgemäßen Drehratensensors mit zwei gekoppelten Basiselementen gemäß einem weiteren erfindungsgemäßen Ausbildungsbeispiel ,

Fig. 3 in schematischer Ansicht ein drittes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung mit vier gekoppelten Basiselementen,

Fig. 4 schematisch ein viertes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung mit zwei gekoppelten Basiselementen und

Fig. 5 eine schematische Ansicht einer kapazitiv wirkenden Ausleseeinrichtung.

In Fig. 1, die ihrerseits drei einzelne Fig. 1a bis 1c beinhaltet, werden verschiedene Ausführungsformen von Basiselementen 1 gezeigt, die in der vorliegenden Erfindung Verwendung finden können. Ein mikromechanisch hergestellter Drehratensensor umfasst üblicherweise mehrere Komponenten. Ein in den Fig. nicht dargestelltes Substrat, bei dem es sich beispielsweise um einen Siliziumwafer handeln kann, weist insbesondere eine plane Oberfläche auf.

An oder in dem Substrat ist wenigstens ein Basiselement 1 ausgebildet, das eine oder mehrere Schwingeinrichtungen 3 umfasst. Gemäß der vorliegenden Erfindung sind die Schwingeinrichtungen bevorzugt als seismische Massen 3 ausgebildet, die in einem Rahmen 2 aufgehängt sind. Diese Aufhängung kann beispielsweise über Torsionsbalken 5 oder Biegebalken 4 realisiert werden. Biegebalken 4 haben eine lineare Federkennlinie, die seismischen Massen 3 der erfindungsgemäßen Drehratensensoren sind jedoch bevorzugt über Torsionsbalken 5 am Rahmen 2 befestigt. Gemäß Fig. 1c kann das Basiselement 1 eine oder mehrere seismische Massen 3 aufweisen, beispielsweise zwei Paddel 3 mit gegenüberliegender Aufhängung 5.

Die Aufhängung 4, 5 lässt eine Bewegung des Schwerpunktes der seismischen Masse 3 nur in z-Richtung senkrecht zur Ebene des Rahmens 2 zu. Die Ebene des Rahmens 2 ist parallel zum Substrat bzw. zur durch das Substrat aufgespannten Ebene (x/y-Ebene).

Wie in Fig. 1c dargestellt, ist das Basiselement 1 über eine oder mehrere, weitere Aufhängungen 7 am nicht gezeigten Substrat befestigt. Die Aufhängung 7 ist vorzugsweise durch Federn gebildet. Diese erlauben eine Bewegung des Basiselements 1 in Richtung y einer ersten Achse (y-Achse) parallel zum Sub-

strat. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Federn 7 im Wesentlichen steif in den Richtungen x, z senkrecht zur ersten Achse (y-Achse) ausgeführt. Gemäß später beschriebenen Ausführungsbeispielen ist es aber auch möglich, dass die Aufhängung 7 nur in einer Richtung z steif ist. Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Rahmen 2 des Basiselementes 1 auf jeden Fall nur in der durch das Substrat aufgespannten Ebene (x/y-Ebene) beweglich.

Der Drehratensensor weist weiterhin zumindest eine Anregung bzw. ein Antriebsmittel auf, das in Fig. 1a bis 1c nicht gezeigt ist. Das Antriebsmittel ist eine Vorrichtung, die das Basiselement 1 entlang der ersten Achse (y-Achse) zu Schwingungen anregen kann. Dies kann beispielsweise elektrisch, thermisch, magnetisch, piezoelektrisch oder auf andere, geeignete Art und Weise erfolgen.

Schließlich umfasst der Drehratensensor noch wenigstens eine Ausleseeinrichtung (in Fig. 1a bis 1c nicht gezeigt). Dabei handelt es sich um eine Vorrichtung, die eine Auslenkung der der Schwingeinrichtung bzw. der seismischen Masse 3 senkrecht zur Ebene (x/y-Ebene) des Rahmens 2 misst, also in Richtung z. Die Ausleseeinrichtung kann beispielsweise auf einem kapazitiven, piezoresistiven, magnetischen, piezoelektrischen oder optischen Messprinzip beruhen.

Das generelle Funktionsprinzip des Drehratensensors ist im Folgenden kurz beschrieben. Das Basiselement 1 bzw. der Rahmen 2 wird zu periodischen Schwingungen entlang der ersten Achse (y-Achse) angeregt. Bei einer Drehbewegung der Schwingeinrichtung bzw. der seismischen Masse 3 um die zweite Achse (x-Achse, in der Substratebene und senkrecht zur ersten Achse) tritt eine Coriolis-Kraft senkrecht zur ersten und zweiten

Achse auf, nämlich in Richtung z der dritten Achse. Die Coriolis-Kraft wirkt sowohl auf den Rahmen 2 als auch auf die dort aufgehängte seismische Masse bzw. Schwingeinrichtung 3. Der Rahmen 2 ist in Richtung z jedoch steif, so dass nur die seismische Masse 3 entlang dieser Achse ausgelenkt wird. Diese Auslenkung wird mit der Detektions- bzw. Ausleseeinrichtung detektiert und ist ein Maß für die aufgetretene Drehgeschwindigkeit.

In Zusammenhang mit Fig. 2 und mit anderen Worten erläutert, wird ein weitgehend starrer Rahmen 2 in Richtung y des Antriebsmittels 8 angeregt und ist vorzugsweise nur in dieser Richtung y beweglich. Diese Bewegung wird auf die seismische Masse 3 übertragen, die nur in der Ausleserichtung z (senkrecht zur Anregungsrichtung y) weich aufgehängt ist. Dadurch bleibt die seismische Masse 3 weitestgehend während der reinen Antriebsbewegung in Ruhe. Die Coriolis-Kraft bewegt nur die seismische Masse 3, der bewegte Rahmen 2 ist weitgehend starr in dieser Richtung. Die Antriebsbewegung wird dadurch im Wesentlichen nicht gestört. Die Antriebsbewegung beeinflusst umgekehrt die Signalauslesung der Ausleseeinrichtung (in Fig. 2 nicht gezeigt) weitgehend nicht, die Auslesebewegung hat also im Prinzip keine Rückkopplung auf die Antriebsbewegung.

Die Anregung erfolgt vorzugsweise durch als Antriebsmittel 8 ausgebildete kapazitive Kammstrukturen (Fig. 2), sie könnte aber beispielsweise auch durch Piezowiderstände in der Aufhängung der seismischen Masse 3 erfolgen (nicht gezeigt), wobei dann der Stress in der Aufhängung 5 bei einer Auslenkung gemessen würde. Die Auslesung erfolgt beispielsweise kapazitiv durch Gegenelektroden, die in einem definierten Abstand zur seismischen Masse 3 angeordnet sind.

Erfindungsgemäß wirkt das Antriebsmittel 8 direkt oder indirekt auf den Rahmen 2 des Basiselementes 1 ein bzw. wird über den Rahmen 2 das gesamte Basiselement 1 zum Schwingen angeregt. Somit werden sämtliche beweglichen Strukturen in Antriebsrichtung y zum Schwingen angeregt, darunter auch die auf Coriolis-Kräfte empfindlichen Schwingeinrichtungen 3, welche jedoch noch einen weiteren Bewegungsfreiheitsgrad besitzen. Im Vergleich zum Stand der Technik gibt es somit keine ruhenden bzw. passiven Massen mehr, die die Empfindlichkeit des Drehratensensors verringern, da die Coriolis-Kraft nicht auf ruhende- bzw. passive Massen einwirken kann.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Drehratensensors mit zwei gekoppelten, um 180° gedrehten Basiselementen 1 mit je zwei seismischen Massen 3, die zu gegenphasigen Schwingungen angeregt werden. Dies hat folgenden Vorteil. Durch die gegenphasige Schwingung der beiden symmetrisch angeordneten Basiselemente 1 bleibt der gesamte Schwerpunkt des Systems in Ruhe, es wirkt idealerweise keine Energie auf den Chipaufbau. Lineare Beschleunigungen (beispielsweise Vibrationen) in Richtung der z-Achse können durch differentielle Signalauswertung eliminiert werden. Vibration in Richtung x haben aufgrund der hohen Steifigkeit der verwendeten Aufhängung keine Auswirkung auf den Betrieb des Drehratensensors. Eine Kopplungseinheit 6 zwischen den Basiselementen 1 erzwingt eine gemeinsame Resonanzfrequenz der beiden Basiselemente 1 für gegenphasige Bewegungungen in y-Richtung.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen mehrachsigen x/y-Drehratensensors. Das heißt, eine Drehrichtung in den Richtungen x und y kann damit detektiert werden. Hier sind vier um 90° zueinander gedrehte Basiselemente 11,

12, 13, 14 in der Form gekoppelt, dass jeweils zwei Basiselemente 11, 13 bzw. 12, 14 in einer Richtung x bzw. y in Antiphase schwingfähig sind. Die beiden Schwingrichtungen x, y liegen in einer Ebene und stehen senkrecht aufeinander. Die gewählte Kopplungseinheit 6 unterstützt gegenphasiges Schwingverhalten der Schwingeinrichtungen bzw. seismischen Massen 3. Im Falle dieser Anordnung bewegen sich die entlang der Richtung y angeordneten Basiselemente 12, 14 sowohl zueinander als auch zu den in Richtung y angeordneten Basiselementen 11, 13 um 180° phasenverschoben. Aus dem Phasenbezug der nicht gezeigten Ausleseeinrichtung zu den Signalen der Antriebseinrichtungen 8 kann auch eine Drehrichtung welche in der Substratebene und zwischen der exakten x- und y-Richtungen liegt, detektiert und unterschieden werden.

Insbesondere weist jedes Basiselement 11, 12, 13, 14 ein separates Antriebsmittel 8 auf, so dass jedes Basiselement 11, 12, 13, 14 unabhängig von anderen Basiselementen 11, 12, 13, 14 angetrieben bzw. zu Schwingungen angeregt werden kann. Eine Kopplungseinheit 6 zwischen verschiedenen Basiselementen 11, 12, 13, 14 ist somit nicht zwingend erforderlich, weist aber die oben beschriebenen Vorteile auf.

Bevorzugt ist die Kopplungseinheit 6 ring- oder kreisförmig ausgebildet und benachbart zum gemeinsamen Schwerpunkt der Basiselemente 11, 12, 13, 14 aufgehängt.

In Fig. 4 ist als weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ein mehrachsiger x/z-Drehratensensor dargestellt. Basierend auf dem in Fig. 2 beschriebenen, einachsigen Drehratensensor kann durch dieses Ausführungsbeispiel ein zweiachsiger Drehratensensor mit den Empfindlichkeitsrichtungen x und z realisiert werden. Zwei Basiselemente 1 sind hier

mit einem System von als Federn ausgebildeten Aufhängungen 7 derart aufgehängt, dass sie sowohl in Richtung y als auch in Richtung x beweglich sind. Die Basiselemente 1 werden entlang der Richtung y über als kapazitive Strukturen bzw. Antriebskämme ausgebildete Antriebsmittel 8 zu einer gegenphasigen Schwingung angeregt.

Der x-Sensor funktioniert folgendermaßen. Bei Auftreten einer Drehrate in Richtung x wird auf die im Basiselement 1 beweglich aufgehängten seismischen Massen bzw. Paddel 3 eine Kraft in Richtung z ausgeübt. Die dabei auftretende Verkippung um die Aufhängung bzw. den Torsionsbalken 5 wird mit einer in Fig. 4 nicht dargestellten Ausleseeinrichtung, die beispielsweise mittels darüber liegenden Elektroden ausgebildet sein kann, als Kapazitätsänderung detektiert.

In Fig. 5 ist beispielsweise eine derartige Ausleseeinrichtung 10 dargestellt, welche die Bewegung der seismischen Masse 3 durch Kapazitätsänderungen Δ c erfassen kann. Dabei ist eine am Substrat fixierte Gegenelektrode vorhanden.

Wieder zurück zu Fig. 4, gemäß der der z-Sensor wie folgt arbeitet. Eine Drehrate in Richtung z bewirkt eine Verschiebung des Basiselements 1 in Richtung x. Diese Verschiebung wird mit einer als kapazitive Kammstrukturen ausgebildeten Ausleseeinrichtung 9 detektiert. Eine besonderst vorteilhafte Anordnung ist gegeben, wenn an jedem Basiselement 1 zwei Ausleseeinrichtungen 9 um 180° gedreht befestigt sind. Somit kann bei jedem Basiselement 1 das Differenzsignal ausgewertet werden.

Der besondere Vorteil der erfindungsgemäßen Ausführungsform nach Fig. 4 liegt in Folgendem. Durch die gezeigte Anordnung kann gleichzeitig eine Drehrate in Richtung x und eine Drehra-

te in Richtung z gemessen werden. Die Ausleseeinrichtungen 9, 10 in diesen beiden Achsen sind weitgehend entkoppelt. Durch Anwendung differenzieller Ausleseprinzipien können Linearbeschleunigungen entlang der x-, bzw. der z-Achse weitgehend unterdrückt oder kompensiert werden. Die zweiachsige Ausführung des erfindungsgemäßen Drehratensensors ist auch relativ klein möglich, da für beide Detektionsachsen bzw. Empfindlichkeitsrichtungen u, w der Ausleseeinrichtungen 9, 10 dieselben Basiselemente 1 verwendet werden können.

Bei allen Ausführungsbeispielen können die Aufhängungen bzw. Federn 4, 5, 7, welche die Resonanzfrequenz der Anregungsbewegung des Rahmens 2 und der Auslesebewegung der seismischen Masse bzw. der Schwingeinrichtung 3 festlegen, weitgehend unabhängig voneinander ausgebildet sein. Mit besonderem Vorteil können somit auch die Frequenzen unabhängig voneinander eingestellt werden.

Bei den Ausführungsbeispielen mit zumindest zwei Basiselementen 1 können die Aufhängungen 4, 5, 7 der seismischen Massen 3 und der Rahmen 2 vorzugsweise auch so gewählt werden, dass eine geringe Kopplung der Bewegung der seismischen Masse bzw. Schwingeinrichtung 3 im ersten Basiselement 1 auf die Schwingeinrichtung 3 im zweiten Basiselement 1 vorhanden ist. Damit sind die Bewegungen der beiden seismischen Massen 3 nicht völlig unabhängig voneinander, so dass sich zwei gemeinsame Resonanzfrequenzen beider Basiselemente einstellen. In einem Nutzmode, welcher durch einwirkende Coriolis-Kräfte angeregt wird, schwingen die seismischen Massen 3 der Basiselemente 1 um 180° phasenverschoben zu einander. Ein parasitärer Mode, welcher die gleichphasige Schwingung (0° Phasenverschiebung) der seismischen Massen bzw. Schwingeinrichtungen 3 darstellt, liegt in einem anderen Frequenzband und kann durch geeignete Filterung

eliminiert werden. Dadurch können Signale, hervorgerufen durch geringe Asymmetrien zwischen den derart gekoppelten Basiselementen 1, unterdrückt werden.

Bezugszeichenliste

1	Basiselement
2	Rahmen
3	Schwingeinrichtung bzw. seismische Masse
4	Aufhängung bzw. Biegebalken
5	Aufhängung bzw. Torsionsbalken
6	Kopplungseinheit
7	Aufhängung des Rahmens am Substrat
8	Antriebsmittel
9	Ausleseeinrichtung
10	Ausleseeinrichtung
11	Basiselement
12	Basiselement
13	Basiselement
14	Basiselement

Δc	Kapazitätsänderung
u	Empfindlichkeitsrichtung einer Ausleseeinrichtung
v	Wirkrichtung des Antriebsmittels
w	Empfindlichkeitsrichtung einer Ausleseeinrichtung
x	Richtung (Substratebene)
y	Richtung (Substratebene)
z	Richtung (senkrecht zur Substratebene)

Patentansprüche

1. Drehratensensor mit einem Substrat, wenigstens einem Basiselement (1, 11, 12, 13, 14), das einen Rahmen (2), eine Aufhängung (7) des Rahmens (2) am Substrat, zumindest eine Schwingeinrichtung (3) und eine Aufhängung (4, 5) der Schwingeinrichtung (3) am Rahmen (2) umfasst, einem Antriebsmittel (8) und einer Auslese-einrichtung (9, 10), wobei das Antriebsmittel (8) derart ausgebildet ist, dass es auf den Rahmen (2) des Basiselementes (1, 11, 12, 13, 14) einwirkt.

2. Drehratensensor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rahmen (2) des Basiselementes (1, 11, 12, 13, 14) im Wesentlichen nur in einer durch das Substrat aufgespannten Ebene (x/y-Ebene) beweglich ist.

3. Drehratensensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes Basiselement (1, 11, 12, 13, 14) ein separates Antriebsmittel (8) aufweist.

4. Drehratensensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Antriebsmittel (8) als Antriebskamm mit einer kapazitiven Anregung ausgebildet ist.

5. Drehratensensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwingeinrichtung (3) als seismische Masse, insbesondere in Form eines Paddels, ausgebildet ist.

6. Drehratensensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Empfindlichkeitsrichtung (u, w) der Ausleseeinrichtung (9, 10) im Wesentlichen senkrecht zur Wirkrichtung (v) des Antriebsmittels (8) ist.

7. Drehratensensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufhängung (4, 5) der Schwingeinrichtung (3) und die Aufhängung (7) des Rahmens (2) als Federn ausgebildet sind.

8. Drehratensensor nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die (Resonanz-)Frequenzen von Rahmen (2) und Schwingeinrichtung (3) durch die Federn (4, 5, 7) unabhängig voneinander einstellbar sind.

9. Drehratensensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehratensensor zumindest zwei Basiselemente (1, 11, 12, 13, 14) aufweist, die mittels einer Kopplungseinheit (6) miteinander verbunden sind.

10. Drehratensensor nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Basiselemente (1, 11, 12, 13, 14) eine gemeinsame Resonanzfrequenz aufweisen.

11. Drehratensensor nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehratensensor vier um 90° zueinander gedrehte Basiselemente (11, 12, 13, 14) aufweist.

12. Drehratensensor nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kopplungseinheit (6) bei gegenüberliegenden, gegenphasig schwingenden Basiselementen (11, 13) die dazu jeweils um 90° gedreht angeordneten Basiselemente (12, 14) zu gegenphasigen Schwingungen anregt.

13. Drehratensensor nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kopplungseinheit (6) ring- oder kreisförmig ausgebildet und benachbart zum gemeinsamen Schwerpunkt der Basiselemente (1, 11, 12, 13, 14) aufgehängt ist.

14. Drehratensensor nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Drehratensensor zumindest zwei Ausleseeinrichtungen (9, 10) vorgesehen sind.

15. Drehratensensor nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Ausleseeinrichtung (9) Bewegungen (u) des Rahmens (2) in der durch das Substrat aufgespannten Ebene und senkrecht zur Wirkrichtung (v) des Antriebsmittels (8) und die andere Ausleseeinrichtung (10) Bewegungen (w) der Schwingeinrichtung (3) senkrecht zu der durch das Substrat aufgespannten Ebene detektiert.

16. Drehratensensor einem der Ansprüche 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** an jedem Rahmen (2) zwei Ausleseeinrichtungen (9) um 180° zueinander gedreht vorgesehen sind.

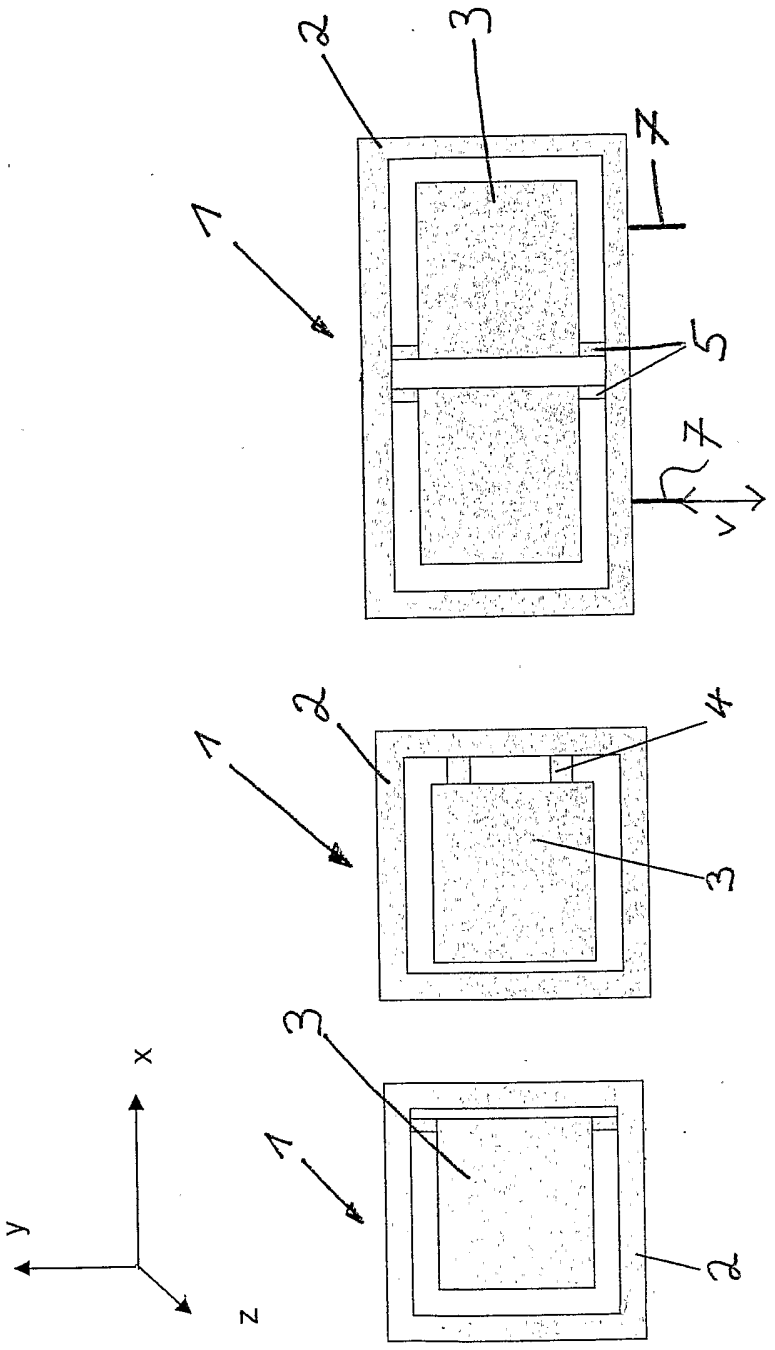


Fig. 1a

Fig. 1b

Fig. 1c

Fig. 1

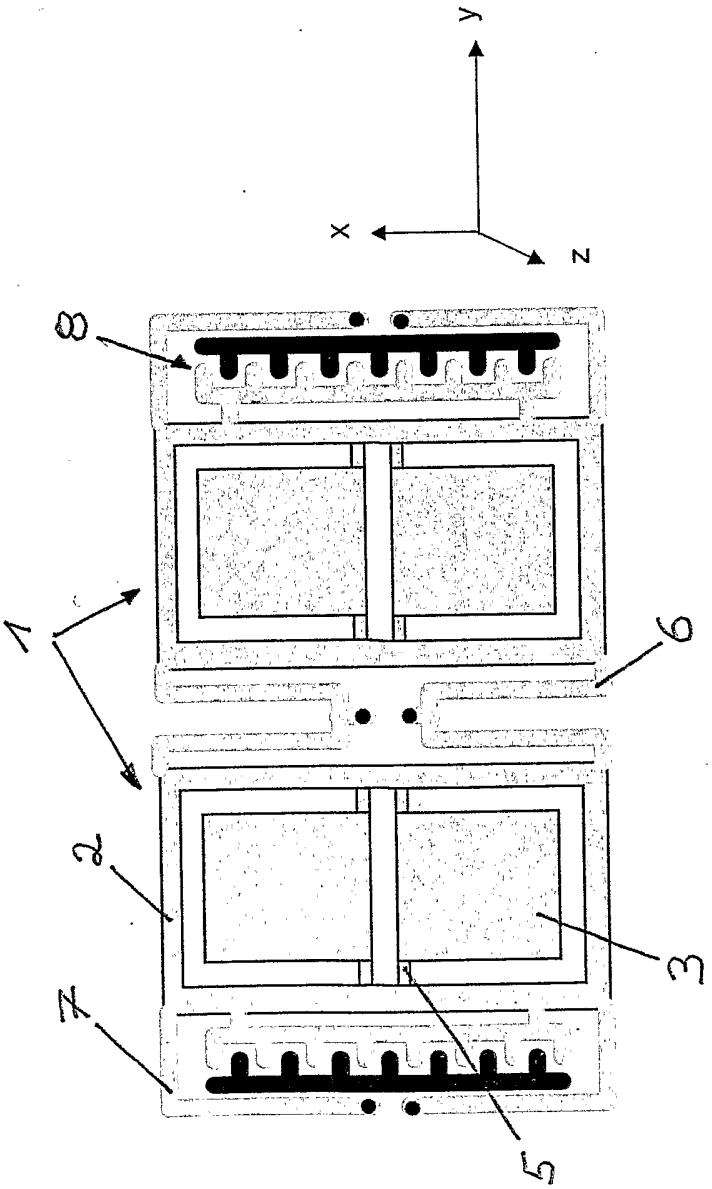


Fig. 2

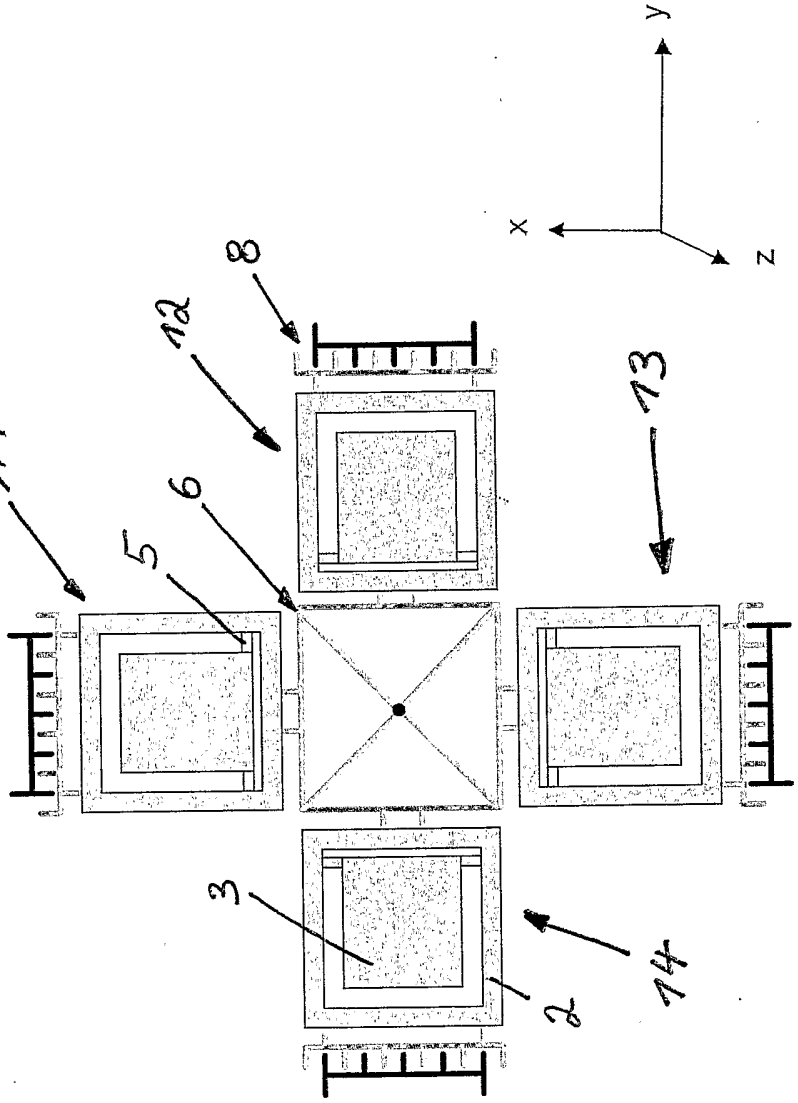


Fig. 3

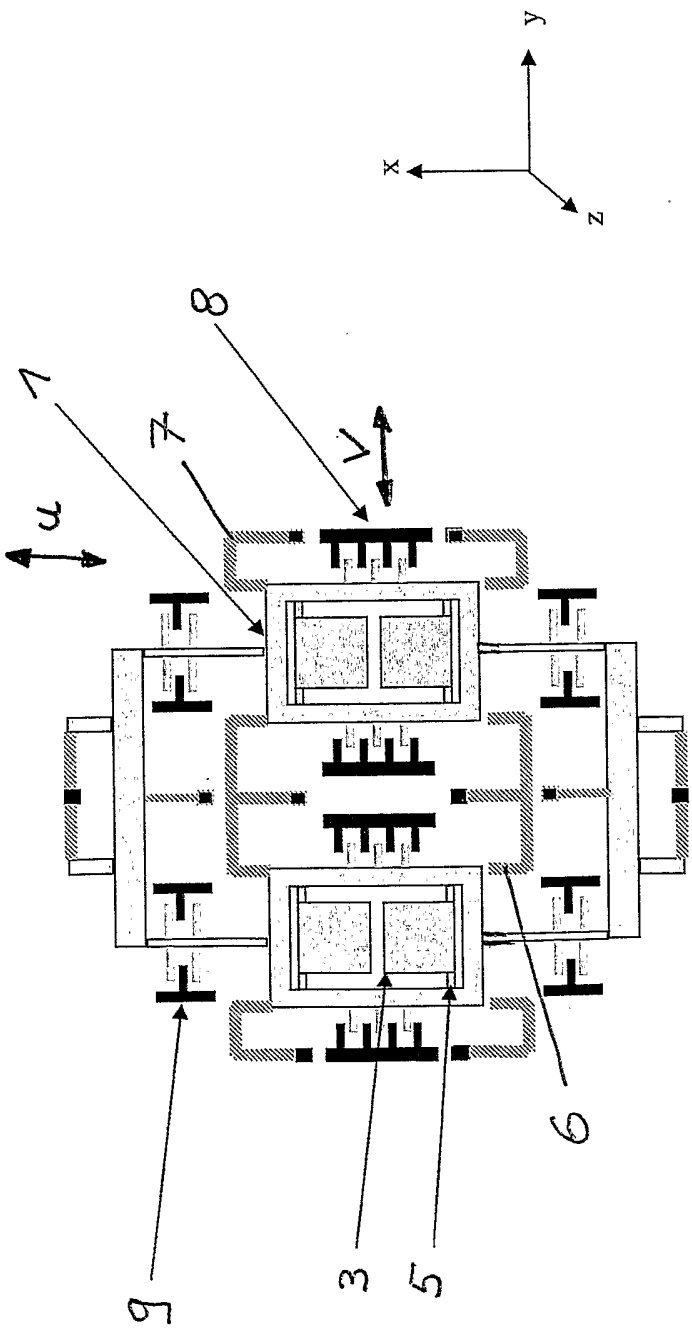


Fig. 4

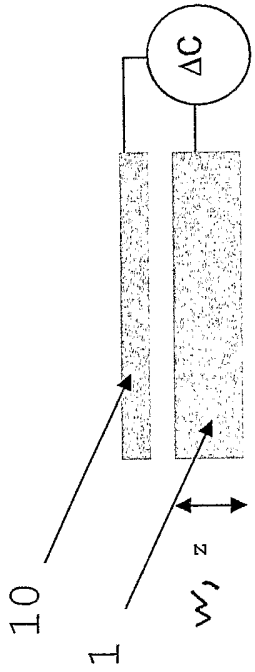


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2005/001773

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01C19/56

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)
G01C

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, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 196 41 284 C1 (INSTITUT FUER MIKRO- UND INFORMATIONSTECHNIK HAHN-SCHICKARD-GESELLSCHA) 20 May 1998 (1998-05-20) cited in the application column 13, line 20 - column 14, line 50; figures 2,5	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 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
26 January 2006	06/02/2006

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, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Hoekstra, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/DE2005/001773

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19641284 C1	20-05-1998	WO 9815799 A1	16-04-1998
		EP 0906557 A1	07-04-1999
		JP 2000509812 T	02-08-2000
		JP 3342496 B2	11-11-2002
		US 6349597 B1	26-02-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2005/001773

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
G01C19/56

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01C

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, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 196 41 284 C1 (INSTITUT FUER MIKRO- UND INFORMATIONSTECHNIK HAHN-SCHICKARD-GESELLSCHA) 20. Mai 1998 (1998-05-20) in der Anmeldung erwähnt Spalte 13, Zeile 20 - Spalte 14, Zeile 50; Abbildungen 2,5	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" 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
26. Januar 2006	06/02/2006

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Hoekstra, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2005/001773

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19641284 C1	20-05-1998	WO 9815799 A1	16-04-1998
		EP 0906557 A1	07-04-1999
		JP 2000509812 T	02-08-2000
		JP 3342496 B2	11-11-2002
		US 6349597 B1	26-02-2002