



(10) **DE 10 2011 106 986 B3** 2013.01.03

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 106 986.4**
(22) Anmeldetag: **05.07.2011**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **03.01.2013**

(51) Int Cl.: **G01D 5/25 (2011.01)**
G01C 9/10 (2012.01)

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

(73) Patentinhaber:
**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
51147, Köln, DE**

(74) Vertreter:
**Rösler Schick Rasch Patentanwälte
Partnerschaftsgesellschaft, 81241, München, DE**

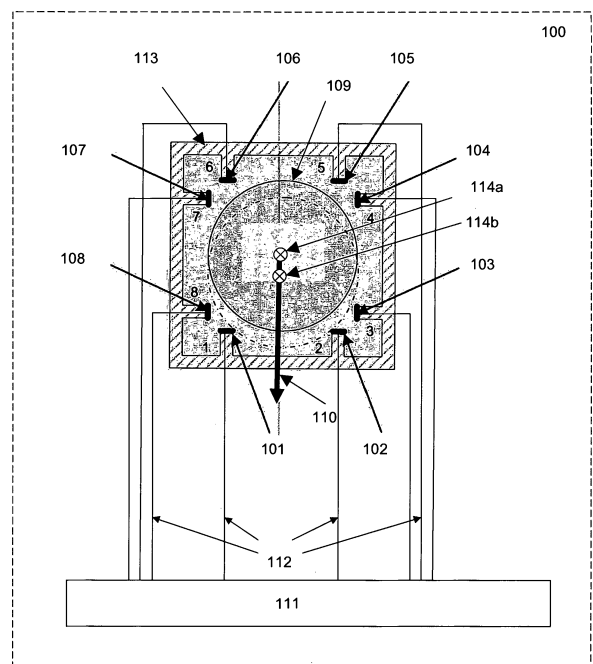
(72) Erfinder:
**Sedlmayr, Hans-Jürgen, 86928, Hofstetten, DE;
Hacker, Franz, 86899, Landsberg, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	43 41 918	C2
DE	102 61 961	A1
DE	10 2006 016 523	A1
EP	0 587 618	B1
WO	2004/ 020 943	A1
JP	11 351 845	A

(54) Bezeichnung: **Ermittlung einer Orientierung in einem Schwerfeld**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Sensor (100) zur Ermittlung einer Orientierung eines Sensorgehäuses (113) in einem auf den Sensor einwirkenden Schwerfeld. Der Sensor (100) umfasst das Sensorgehäuse (113) mit einem Gehäuseinnenraum in Form einer Kugel, eine innerhalb des Gehäuseinnenraums bewegliche Kugel (109) mit einer leitenden Oberfläche, eine Vielzahl von an/auf einer Innenseite des Sensorgehäuses (113), voneinander beabstandet und verteilt angeordneten elektrischen Kontakte (101–108), die jeweils voneinander und vom Sensorgehäuse (113) elektrisch isoliert sind, und eine mit den elektrischen Kontakten (101–108) verbundene Auswerteeinheit (111), die derart ausgeführt und eingerichtet ist, dass die Orientierung des Sensorgehäuses (113) im Schwerfeld durch eine Auswertung eines elektrischen Schaltzustandes der Kontakte (101–108) ermittelbar ist, wobei der Schaltzustand der Kontakte (101–108) dadurch änderbar ist, dass die Kugel (109) durch eine auf diese einwirkende Schwerkraft (110) an eine von einer Richtung der Schwerkraft (110) abhängige Position (114b) auf der Innenseite des Sensorgehäuses (113) bewegbar ist und die Kugel (109) an der Position (114b) durch eine elektrisch leitende Verbindung zwischen mindestens zwei der Kontakte (101–108) über die elektrisch leitende Kugel (109) den Schaltzustand der mindestens zwei Kontakte (101, 102) ändert, und die Auswerteeinheit (111) ein Mikroprozessor ist, mit dem zur Ermittlung der Position (114b) der Kugel (109) auf der Innenseite des Sensorgehäuses (113), zyklisch an jeden der Kontakte (101–108) eine Spannung angelegt wird und benachbarte Kontakte (101–108) oder alle anderen Kontakte (101–108) auf Anliegen einer Spannung geprüft werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Sensor und ein Verfahren zur Ermittlung einer Orientierung eines Sensorgehäuses in einem auf den Sensor einwirkenden Schwerfeld. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Raumsonde mit einem ebensolchen Sensor. Die Erfindung findet Anwendung in der Raumfahrtindustrie.

[0002] Zur Erkundung des Weltraumes wurden und werden zahlreiche Raumsonden gebaut, die unterschiedliche Aufgaben erfüllen. Es ist bekannt, dass bei (große) Raumsonden, die bspw. gezielt auf Planeten gelandet werden sollen, Vorrichtungen zur Ermittlung der Orientierung der Raumsonde im Schwerfeld des Planeten erforderlich sind, bspw. um eine Landung der Raumsonde auf dem Planeten in der richtigen Orientierung zu gewährleisten. Hierzu sind eine Vielzahl von technisch hochentwickelten aktiven Lagesensoren und Orientierungssensoren bekannt. Diese Sensoren sind aufgrund ihrer Komplexität sehr teuer, ausfallgefährdet und müssen gegen Strahlung geschützt werden. Weiterhin beanspruchen sie viel Platz in der Raumsonde und haben einen hohen Strombedarf.

[0003] Aus der DE 43 41 918 C2 ist ein elektromechanischer Lageänderungsschalter bekannt, der unter Einfluss der Änderung Lage seiner Mittelachse in einem Gravitationsfeld und unter Einfluss mechanischer Kräfte, mittels einer als elektrischer Anker zwischen trichterförmigen Gesamtmassekontakten und einer Vielzahl von Richtungkontakten wirkenden Kugel, die aus glattem, elektrisch leitendem Material gefertigt und unter Einfluss einer Mittelachslageänderung gegen die Gravitationsrichtung und/oder eine Beschleunigung lageveränderlich ist.

[0004] Aus der DE 10 2006 016 523 A1 ist einen Kippsensor mit mindestens einem Körper bekannt, der entlang einer vorgegebenen Bahn bewegbar ist, und einer optoelektronischen Einheit zur Positionsbestimmung des Körpers, wobei der Kippsensor oberflächenmontierbar ist.

[0005] Aus der DE 102 61 961 A1 ist ein Neigungssensor bekannt, der eine Bahn aus einem Spritzguss-Polymerkunststoff, ein entlang der Bahn bewegliches Element, wobei eine Stellung des beweglichen Elements entlang der Bahn von einer Neigung der Bahn bezüglich einer Bezugsstellung abhängt, und eine Erfassungseinrichtung zum Erfassen der Stellung des beweglichen Elements entlang der Bahn und/oder einer zeitlichen Änderung der Stellung des beweglichen Elements entlang der Bahn umfasst.

[0006] Aus der EP 0 587 618 B1 ist ein einen Stellungssensor bekannt, bestehend aus einem Gehäuse, das eine Flüssigkeit enthält, einer im wesentlichen runden Kugel, die frei in der Flüssigkeit schwebt und

einem Mittel, um eine direkte Berührung der Kugel mit dem Gehäuse zu vermeiden, wobei durch aktive Mittel sichergestellt wird, dass die Kugel in Bezug auf die Flüssigkeit neutral schwimmt und Mittel zur Feststellung und Übertragung der Ausrichtung der Kugel vorhanden sind.

[0007] Aus der WO2004/020943 A1 ist ein Kippsensor mit einer sich in einem Innenraum des Kippsensors bewegenden Kugel bekannt, die sich durch Wirkung einer Gravitationskraft zwischen zwei Positionen bewegt sofern der Kippsensor um eine Achse mit einem bestimmten Drehmoment gedreht wird.

[0008] Schließlich ist aus der JP 11 351 845 A ein Neigungssensor für vier oder mehr Richtungen bekannt, wobei der Neigungssensor einen Innenraum in Form eines Polyeders mit einer darin beweglichen Metallkugel umfasst. Die Ermittlung der Neigung des Sensors in einem Schwerfeld basiert auf der Ermittlung der Lage der Metallkugel im Innenraum. Hierzu wird der Innenraum mittels Lichtstrahlen abgetastet, die von mehreren Lichtquellen ausgehen und mehreren Lichtsensoren empfangen werden.

[0009] Für (kleine) Raumsonden, die auf kleinen Himmelskörpern, wie bspw. Kometen oder Asteroiden landen sollen, sind die bekannten Lage- und Orientierungssensoren nicht geeignet, da sie zu schwer und zu teuer sind, sowie einen zu großen Platzbedarf haben. Gleichwohl ist es für derartige kleine Raumsonden je nach Anwendung ebenfalls erforderlich die Orientierung der Raumsonde in Bezug auf den Himmelskörper zu kennen, um bspw. die von der Raumsonde erfassten Messergebnisse beurteilen zu können.

[0010] Die hier vorgestellte Erfindung beschreibt eine Methode, wie ein passiver Lagesensor kompakt und strahlungsfest realisiert werden kann, so dass er für kleine kompakte Explorationssysteme verwendet werden kann.

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Sensor und ein Verfahren anzugeben, die eine einfache, nicht störanfällige Ermittlung einer beliebigen dreidimensionalen Orientierung des Sensors in einem Schwerfeld ermöglichen. Der Sensor soll günstig herstellbar sein, eine geringe Masse, ein geringes Bauvolumen aufweisen, zuverlässig arbeiten, einen geringen Energiebedarf haben und insbesondere als Orientierungssensor für Raumsonden geeignet sein.

[0012] Die Erfindung ergibt sich aus den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche. Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, so-

wie der Erläuterung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren dargestellt sind.

[0013] Der vorrichtungsgemäße Aspekt der Aufgabe ist mit einem Sensor zur Ermittlung einer Orientierung eines Sensorgehäuses in einem auf den Sensor einwirkenden Schwerefeld gelöst. Unter dem Begriff „Schwerefeld“ wird vorliegend das Feld der Schwerebeschleunigung, d. h. die am jeweiligen Ort des Sensors auf den Sensor einwirkende Beschleunigung als der Vektorsumme von Gravitationsbeschleunigung und Zentrifugalbeschleunigung, verstanden. Unter dem Begriff „Orientierung“ wird vorliegend die Ausrichtung/die Drehung, insbesondere des Sensorgehäuses, gegenüber einem Bezugssystem bzw. einer ausgezeichneten Richtung (der Schwerkraft) verstanden. Unter dem Begriff „Kugel“ werden vorliegend neben dem gebräuchlichen Wortsinn „Kugel“: Rotationsfläche oder spezielle Fläche zweiter Ordnung, beschrieben als die Menge aller Punkte im dreidimensionalen euklidischen Raum, deren Abstand von einem festen Punkt des Raumes gleich einer gegebenen positiven reellen Zahl r ist, auch Polyeder, insbesondere catalanische Körper verstanden.

[0014] Der erfindungsgemäße Sensor umfasst zumindest das Sensorgehäuse mit einem Gehäuseinnenraum in Form einer Kugel, eine innerhalb des Gehäuseinnenraums bewegliche Kugel mit einer leitenden Oberfläche, eine Vielzahl von an/auf einer Innenseite des Sensorgehäuses voneinander beabstandet und verteilt angeordneten elektrischen Kontakten, die jeweils voneinander und vom Sensorgehäuse elektrisch isoliert sind, und eine mit den elektrischen Kontakten verbundene Auswerteeinheit, die derart ausgeführt und eingerichtet ist, dass die Orientierung des Sensorgehäuses im Schwerefeld durch eine Auswertung eines elektrischen Schaltzustandes der Kontakte ermittelbar ist. Der Schaltzustand der elektrischen Kontakte ist dadurch änderbar, dass die Kugel durch eine auf diese einwirkende Schwerkraft an eine von einer Richtung der Schwerkraft abhängige Position auf der Innenseite des Sensorgehäuses bewegt wird und dort zwischen mindestens zwei elektrischen Kontakten über die leitende Kugeloberfläche eine elektrisch leitende Verbindung herstellt. Durch diese leitende Verbindung zwischen den mindestens zwei Kontakten wird der Schaltzustand dieser mindestens zwei Kontakte geändert, d. h. sie sind dann leitend miteinander verbunden. Da die Positionen der einzelnen elektrischen Kontakte auf/an der Innenseite des Gehäuseinnenraums bekannt sind, kann aus der Ermittlung derjenigen Kontakte, deren Schaltzustand sich geändert hat, zunächst die Richtung der auf den Sensor wirkenden Schwerkraft und damit die Orientierung des Sensorgehäuses im Schwerefeld bestimmt werden.

[0015] Die Kugel steht mit dem Sensorgehäuse bevorzugt nur über die dort angeordneten elektrischen

Kontakte in Kontakt. Die elektrischen Kontakte sind hierzu an in der Innenseite des Sensorgehäuses derart verteilt angeordnet, dass für jede Lage, in der die Kugel mit dem Sensorgehäuse in Kontakt steht, die Kugel mindestens zwei elektrische Kontakte miteinander elektrisch leitend verbindet. Der Kugeldurchmesser, das Volumen und die Form des Volumens im Gehäuseinneren, in dem sich die Kugel frei bewegen kann, sind weiterhin derart aufeinander abgestimmt, dass die Kugel in zumindest einer Position in diesem Volumen keinen Kontakt zu einem der elektrischen Kontakte hat und andererseits das Volumen in dem sich die Kugel frei bewegen kann ohne mit den mindestens zwei Kontakten in Kontakt zu stehen minimal ist, so dass der Sensor eine kurze Reaktionszeit aufweist und eine Beschädigung des Sensors aufgrund auftretender Beschleunigungen und damit großer Geschwindigkeiten der Kugel verhindert wird.

[0016] Eine bevorzugte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Sensors zeichnet sich dadurch aus, dass der Gehäuseinnenraum die Form einer Kugel, eines Quaders oder eines regelmäßigen Polyeders hat. Die elektrischen Kontakte weisen bevorzugt eine Kontaktfläche in Form eines Kreises, eines Rechtecks oder eines regelmäßigen Polygons auf. Zur Dämpfung der Bewegung der Kugel im Gehäuseinnenraum weist der Gehäuseinnenraum bevorzugt eine elektrisch nicht leitende Flüssigkeit auf. Dies führt dazu, dass bei auf den Sensor einwirkenden starken Beschleunigungen, die daraus resultierende Geschwindigkeit der Kugel nicht so groß wird, dass der Sensor beschädigt oder zerstört wird.

[0017] Eine weitere bevorzugte Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass der Gehäuseinnenraum evakuiert ist. Dies bewirkt eine besonders kurze Reaktionszeit des Sensors. Bevorzugt wird weiterhin die Kugel als Hohlkörper ausgebildet und/oder aus einem Material mit geringem spezifischen Gewicht gefertigt.

[0018] Der erfindungsgemäße Sensor zeichnet sich weiterhin dadurch aus, dass die Auswerteeinheit ein Mikroprozessor ist, mit dem zur Ermittlung der Position der Kugel auf der Innenseite des Sensorgehäuses, zyklisch an jeden der elektrischen Kontakte eine Spannung anlegbar ist und benachbarte oder alle anderen Kontakte auf Anliegen einer Spannung geprüft werden. Wird diese Spannung an einen Kontakt angelegt, der mit der Kugel in elektrisch leitender Verbindung steht, so kann diese Spannung an allen weiteren elektrischen Kontakten abgegriffen werden, mit denen über die Kugel ebenfalls ein elektrisch leitender Kontakt besteht.

[0019] Der verfahrensgemäße Aspekt der Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Ermittlung einer Orientierung eines Sensorgehäuses in einem auf den Sensor einwirkenden Schwerefeld erfüllt, wobei der Sen-

Das Sensorgehäuse mit einem Gehäuseinnenraum in Form einer Kugel, eine innerhalb des Gehäuseinnenraums bewegliche Kugel mit einer leitenden Oberfläche, eine Vielzahl von an/auf einer Innenseite des Gehäuses, voneinander beabstandet und verteilt angeordneten elektrischen Kontakten, die voneinander und vom Sensorgehäuse elektrisch isoliert sind, und eine mit den elektrischen Kontakten verbundene Auswerteeinheit umfasst, die die Orientierung des Sensorgehäuses im Schwerfeld durch Auswerten eines elektrischen Schaltzustandes der Kontakte ermittelt. Dabei wird der einwirkende Schaltzustand der Kontakte dadurch geändert, dass die Kugel durch eine auf diese Schwerkraft an eine von einer Richtung der Schwerkraft abhängige Position auf der Innenseite des Sensorgehäuses bewegt wird, und die Kugel an der Position durch eine elektrisch leitende Verbindung zwischen mindestens zwei der Kontakte über die elektrisch leitende Kugel den Schaltzustand der mindestens zwei Kontakte ändert und weiterhin die Auswerteeinheit ein Mikroprozessor ist, mit dem zur Ermittlung der Position der Kugel auf der Innenseite des Sensorgehäuses, zyklisch an jeden der elektrischen Kontakte eine Spannung angelegt wird und benachbarte oder alle anderen Kontakte auf Anlegen einer Spannung geprüft werden.

[0020] Weitere bevorzugte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus einer analogen Anwendung der zuvor zum erfindungsgemäßen Sensor gemachten Ausführungen auf das erfindungsgemäße Verfahren.

[0021] Schließlich betrifft die Erfindung eine Raumsonde mit einem vorbeschriebenen erfindungsgemäßen Sensor, wobei eine Orientierung der Raumsonde auf Basis der ermittelten Orientierung des Sensorgehäuses im Schwerfeld und einer bekannten Lageanordnung des Sensors an der Raumsonde ermittelbar ist. Der erfindungsgemäße Sensor ist einfach aufgebaut, wartungsfrei, kostengünstig und mit geringer Sensormasse herzustellen. Die Winkelauflösung der mit dem Sensor ermittelbaren Orientierung ist u. a. abhängig von der Flächendichte der auf der Innenseite des Sensorgehäuses angeordneten elektrischen Kontakte. Je größer die Flächendichte, desto größer ist die Winkelauflösung der mit dem Sensor ermittelbaren Orientierung.

[0022] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der ein Ausführungsbeispiel im Einzelnen beschrieben ist, in Zusammenhang mit den Zeichnungen.

[0023] Es zeigen:

[0024] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch einen erfindungsgemäßen Sensor, und

[0025] [Fig. 2](#) eine Prinzipschaltung zur Auswertung des Schaltzustandes der elektrischen Kontakte.

[0026] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch einen erfindungsgemäßen Sensor. Das dargestellte Ausführungsbeispiel umfasst die leitende Kugel **109** in einem geschlossenen Gehäuse **113**. Das Gehäuse **113** weist auf allen Innenseiten in Richtung Gehäuseinneres ragende Rippen **1-8** auf, die ihrerseits jeweils elektrisch leitende Kontakte **101-108** aufweisen. Die Kontakte **101-108** sind gegenüber dem Gehäuse **113** und den anderen Rippen **1-8** elektrisch isoliert. Die elektrischen Kontakte **101-108** sind mit dem Auswertemittel **111** über elektrische Leitungen **112** verbunden. Die elektrischen Kontakte **101-108** werden vorliegend vom Auswertemittel **111** derart elektrisch beschaltet, dass immer ein aktiver, unter Spannung stehender Kontakt, bspw. **101, 103, 105, 107**, neben einem nicht unter Spannung stehenden Kontakt, bspw. **102, 104, 106, 108** zu liegen kommt.

[0027] [Fig. 2](#) zeigt hierzu eine Prinzipschaltung zur Auswertung des Schaltzustandes für ein solches Paar elektrischer Kontakte **101, 102**. Die Funktionsweise des vorliegenden Sensors beruht darauf, dass selbst bei geringster Schwerkraft, die leitende Kugel **109** in Richtung der Schwerkraft **110** bewegt wird und so eine elektrisch leitende Verbindung zwischen den Kontakten **101** und **102** hergestellt wird, die zu einer Schaltzustandsänderung der Kontakte führt, welche wiederum zur Ermittlung der Orientierung im Schwerfeld vom Auswertemittel ausgewertet werden kann.

[0028] In der [Fig. 1](#) ist dies dadurch verdeutlicht, dass der Mittelpunkt der Kugel **109** von der Position **104a** durch Einwirkung der Schwerkraft **110**, bspw. nach Landung einer mit dem Sensor bestückten Raumsonde auf einem Kometen, im Bild nach unten bewegt wird, so dass über die elektrisch leitende Oberfläche der Kugel eine elektrische Verbindung zwischen dem Kontakt **101** und dem Kontakt **102** zustande kommt. Dies sorgt dafür, dass eine Spannung, die zyklisch von dem Auswertemittel **111**, einem Microcontroller, DSP oder FPGA, an jeden Kontakt **101, 103, 106, 107** angelegt wird, über eine entsprechende digitale Auswertung erkannt wird. Durch die Zuordnung zwischen dem mit Spannung versorgten Kontakt **101, 103, 106, 107** und reagierendem Kontakt kann somit die Lage der Kugel **109** innerhalb der Gehäuseinneren bzw. die Position **114b** hinreichend genau ermittelt werden.

[0029] Bei der Dimensionierung des Gehäuseinneren, in dem sich die Kugel **109** frei bewegen kann sollte beachtet werden, dass der Abstand der einzelnen Rippen **1-8** in Bezug auf die Kugel **109** so groß ist, dass kein unbeabsichtigter Kontakt zwischen Kugel **109** und den elektrischen Kontakten **101-108** zustande kommt. Weiterhin sollte der Abstand so klein

gewählt werden, dass ein gewünschter Kontakt zwischen Kugel **109** und den elektrischen Kontakten **101–108** sicher geschlossen wird. Des Weiteren sollte beachtet werden, dass das Gehäuseinnere, in dem sich die Kugel **109** frei bewegen kann, der Kugel **109** nicht viel Bewegungsfreiheit lässt, um a) eine schnelle Anzeige zu ermöglichen und b) bei starken Beschleunigungen die resultierende Geschwindigkeit der Kugel nicht so groß werden zu lassen, dass die Kammer zerstört wird. Zu diesem Zweck kann das Gehäuseinnere mit einer nichtleitenden Flüssigkeit (z. B. Öl) gefüllt werden, um die Bewegung der Kugel **109** zu dämpfen.

[0030] Für einen Einsatz des vorliegenden Sensors bei kleinen leichten Raumsonden, bei denen das Systemgewicht sehr stark reduziert ist, besteht die Möglichkeit, die Kugel **109** als Hohlkörper zu realisieren und das Gehäuseinnere zu evakuieren. Damit wird in letzter Konsequenz ein ungedämpftes System realisiert, dass aber durch die stark verkleinerte Masse der Kugel **109** unkritisch bleibt.

[0031] Wenn die Positionsauflösung und damit die erzielbare Winkelauflösung der Orientierung der gezeigten Anordnung nicht ausreichend sind, wird um die Kugel **109** anstelle des Rippenquaders ein Polyeder mit mehreren Kontaktflächen **101–108** bzw. Kontaktpunkten verwendet. Dieser ist bevorzugt derart gestaltet, dass sich die Kugel **109** im allgemein räumlichen Fall auf jeweils drei verschiedenen Kontaktelementen **101–108** stabil abstützt und diese elektrisch verbindet. Jedes so entstehende Tripel von Kontaktelementen **101–108** beschreibt eine eindeutige Raumrichtung bezogen auf den Polyeder. Da nicht jede beliebige Kombination von Kontaktelementen **101–108** möglich ist, sondern nur unmittelbar benachbarte Kontakte **101–108** durch die Kugel **109** verbunden werden können, ist es möglich mehrere hinreichend weit voneinander entfernte Kontaktelemente **101–108** in einer Gruppe mit gemeinsamem Anschluss zusammenzufassen, um die Anzahl der nötigen Anschlussleitungen **112** zu dem Auswertemittel **111** möglichst gering zu halten. Bei dieser Variante muss lediglich darauf geachtet werden, dass durch die Nachbarschaftsverhältnisse jede Dreierkombination von Kontaktgruppen weiterhin eindeutig bleiben, d. h. dass drei Gruppen nur an einer Stelle im Polyeder ein Dreieck von benachbarten Kontakten **101–108** aufspannen. Wie oben bereits beschrieben, erfolgt auch in diesem allgemeineren Fall die Auswertung dadurch, dass einzelne Kontaktgruppen stimuliert werden und die Antworten der anderen ausgewertet werden. Da die Stimulation und die Auswertung aller Schaltkreise bevorzugt in einem digitalen Baustein (Microcontroller, DSP oder FPGA) erfolgt, benötigt der erfindungsgemäße Sensor keinerlei Interfacebeschaltung um Signalpegel zu adaptieren. Einzig die Anzahl der Kontaktflächen **101–108**, die durch die gewünschte räumliche Auflösung vor-

gegeben wird, bestimmt die elektrischen Eigenschaften des Interfaces.

[0032] Bei einem Einsatz des beschriebenen Sensors an Bord einer Raumsonde ist die Lage, d. h. der Ort und die Orientierung des Sensors an der Raumsonde, in Bezug auf die Raumsonde bekannt. Mit der von dem Sensor ermittelten Orientierung kann die Orientierung der Raumsonde in Bezug auf das, auf die Raumsonde wie auch den Sensor einwirkende Schwerfeld eindeutig bestimmt werden. In der gezeigten Konfiguration des Sensors können Lagen von 45 Grad in Bezug auf das Schwerkrafttrichtung **110** angezeigt werden, da die Kugel **109** in diesem Fall über eine Raumecke des Gehäuseinneren die elektrischen Kontakte **101–108** schließen kann.

Bezugszeichenliste

1–8	Kontaktsockel
100	Sensor
101–108	elektrische Kontakte, die jeweils vom Gehäuse elektrisch isoliert sind
109	Kugel, Polyeder, catalanischer Körper mit elektrisch leitender Oberfläche
110	Schwerkraft = Summe aus Gravitationskraft und Zentrifugalkraft
111	Auswerteeinheit
112	elektrische Leitungen
113	Sensorgehäuse
114a	Position der Kugel, ohne Berührung eines der elektrischen Kontakte
114b	Position der Kugel auf der Innenseite des Sensorgehäuses, die sich durch eine auf die Kugel einwirkende Schwerkraft in Abhängigkeit der Richtung der Schwerkraft ergibt

Patentansprüche

1. Sensor (**100**) zur Ermittlung einer Orientierung eines Sensorgehäuses (**113**) in einem auf den Sensor einwirkenden Schwerfeld, wobei der Sensor (**100**) mindestens umfasst:

- das Sensorgehäuse (**113**) mit einem Gehäuseinnenraum in Form einer Kugel,
- eine innerhalb des Gehäuseinnenraums bewegliche Kugel (**109**) mit einer leitenden Oberfläche,
- eine Vielzahl von an/auf einer Innenseite des Sensorgehäuses (**113**), voneinander beabstandet und verteilt angeordneten elektrischen Kontakten (**101–108**), die jeweils voneinander und vom Sensorgehäuse (**113**) elektrisch isoliert sind, und
- eine mit den elektrischen Kontakten (**101–108**) verbundene Auswerteeinheit (**111**), die derart ausgeführt und eingerichtet ist, dass die Orientierung des Sensorgehäuses (**113**) im Schwerfeld durch eine Auswertung eines elektrischen Schaltzustandes der Kontakte (**101–108**) ermittelbar ist, wobei der Schaltzu-

stand der Kontakte (101–108) dadurch änderbar ist, dass die Kugel (109) durch eine auf diese einwirkende Schwerkraft (110) an eine von einer Richtung der Schwerkraft (110) abhängige Position (114b) auf der Innenseite des Sensorgehäuses (113) bewegbar ist und die Kugel (109) an der Position (114b) durch eine elektrisch leitende Verbindung zwischen mindestens zwei der Kontakte (101–108) über die elektrisch leitende Kugel (109) den Schaltzustand der mindestens zwei Kontakte (101, 102) ändert, und die Auswerteeinheit (111) ein Mikroprozessor ist, mit dem zur Ermittlung der Position (114b) der Kugel (109) auf der Innenseite des Sensorgehäuses (113), zyklisch an jeden der Kontakte (101–108) eine Spannung angelegt wird und benachbarte Kontakte (101–108) oder alle anderen Kontakte (101–108) auf Anliegen einer Spannung geprüft werden.

dass die Kugel (109) durch eine auf diese einwirkende Schwerkraft (110) an eine von einer Richtung der Schwerkraft (110) abhängige Position (114b) auf der Innenseite des Sensorgehäuses (113) bewegt wird und die Kugel (109) an der Position (114b) durch eine elektrisch leitende Verbindung zwischen mindestens zwei der Kontakte (101–108) über die elektrisch leitende Kugel (109) den Schaltzustand der mindestens zwei Kontakte (101, 102) ändert, und weiterhin die Auswerteeinheit (111) ein Mikroprozessor ist, mit dem zur Ermittlung der Position (114b) der Kugel (109) auf der Innenseite des Sensorgehäuses (113), zyklisch an jeden der Kontakte (101–108) eine Spannung angelegt wird und benachbarte Kontakte (101–108) oder alle anderen Kontakte (101–108) auf Anliegen einer Spannung geprüft werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

2. Sensor (100) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Kontaktflächen der Kontakte (101–108) die Form eines Kreises, eines Rechtecks oder eines regelmäßigen Polygons aufweisen.

3. Sensor (100) gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Gehäuseinnenraum eine elektrisch nicht leitende Flüssigkeit aufweist.

4. Sensor (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Gehäuseinnenraum evakuiert ist.

5. Sensor (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kugel (109) als Hohlkörper ausgebildet ist.

6. Raumsonde mit einem Sensor (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine Orientierung der Raumsonde auf Basis der ermittelten Orientierung des Sensorgehäuses (113) im Schwerfeld und einer bekannten Lageanordnung des Sensors (100) an der Raumsonde ermittelbar ist.

7. Verfahren zur Ermittlung einer Orientierung eines Sensorgehäuses (113) in einem auf den Sensor (100) einwirkenden Schwerfeld, wobei der Sensor (100) das Sensorgehäuse (113) mit einem Gehäuseinnenraum in Form einer Kugel, eine innerhalb des Gehäuseinnenraums bewegliche Kugel (109) mit einer leitenden Oberfläche, eine Vielzahl von an/auf einer Innenseite des Gehäuses, voneinander beabstandet und verteilt angeordneten elektrischen Kontakten (101–108), die voneinander und vom Sensorgehäuse (113) elektrisch isoliert sind, und eine mit den elektrischen Kontakten (101–108) verbundene Auswerteeinheit (111) umfasst, die die Orientierung des Sensorgehäuses (113) im Schwerfeld durch Auswerten eines elektrischen Schaltzustandes der Kontakte (101–108) ermittelt, wobei der Schaltzustand der Kontakte (101–108) dadurch geändert wird,

Anhängende Zeichnungen

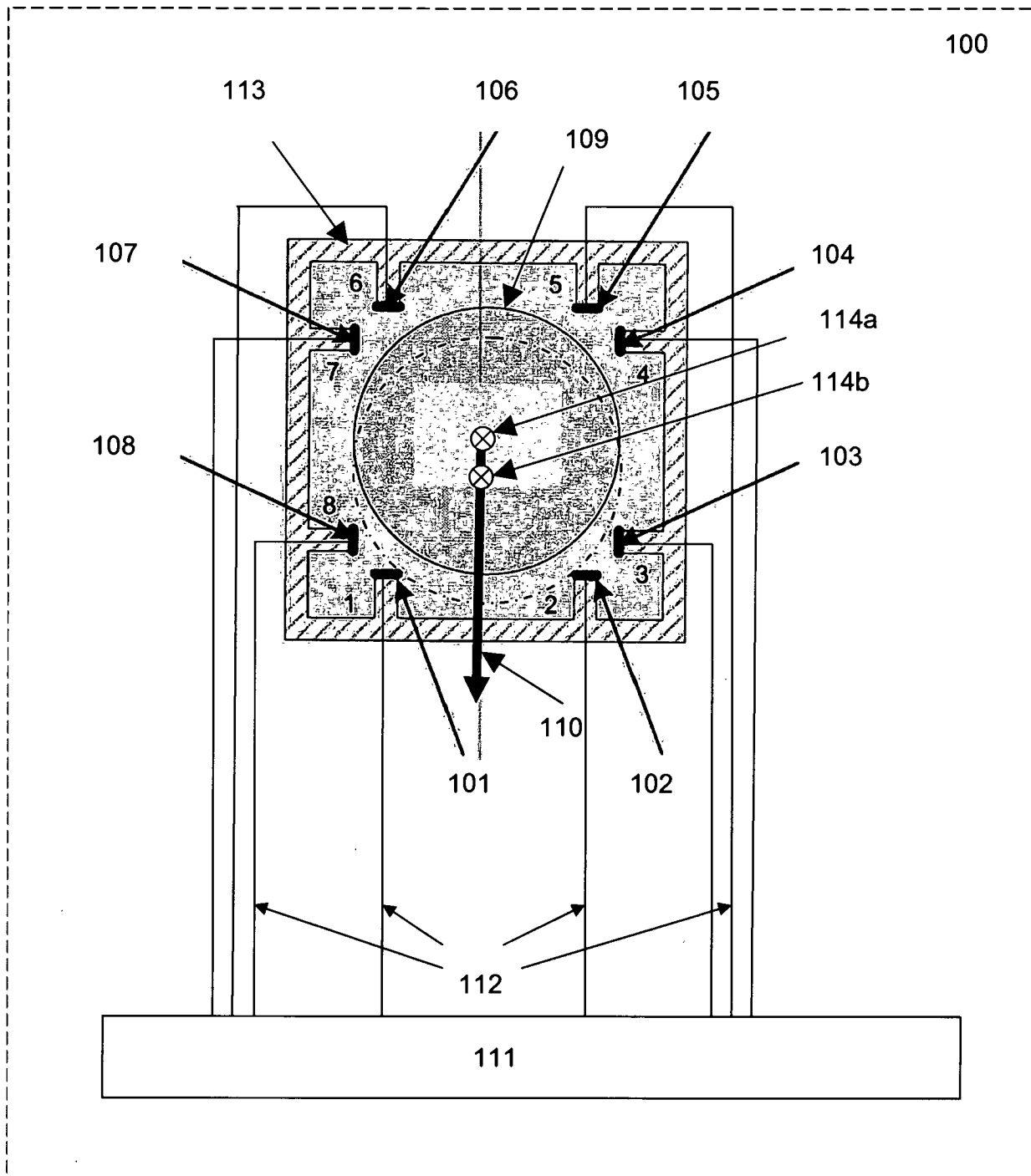


Fig. 1

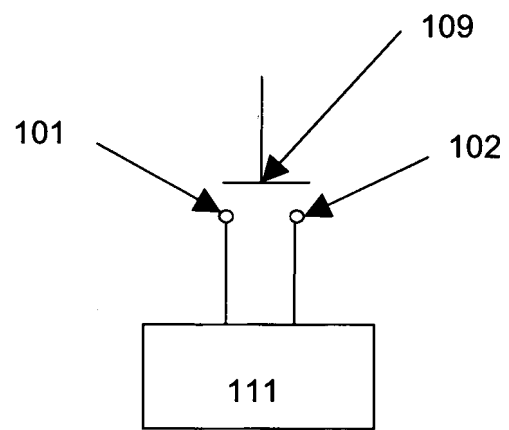


Fig. 2