

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

698 079 B1

(51) Int. Cl.: G01P 15/18 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 00628/06

(22) Anmeldedatum: 13.04.2006

(30) Priorität: 14.04.2005 US 11/105474

(24) Patent erteilt: 15.05.2009

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.05.2009

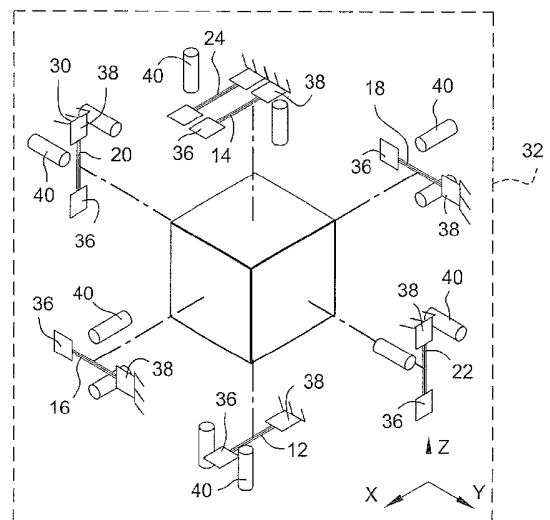
(73) Inhaber:
General Electric Company, 1 River Road
12345 Schenectady, New York (US)

(72) Erfinder:
Douglas S. Byrd, Carson City, Nevada 89703 (US)

(74) Vertreter:
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4
8008 Zürich (CH)

(54) DREIACHSIGER BESCHLEUNIGUNGSMESSER MIT VERÄNDERBARER ACHSENEMPFINDLICHKEIT.

(57) Der Beschleunigungsmesser umfasst eine Trägheitsmasse (10), eine feststehende Basis (30) und wenigstens eine(n) oder mehrere Stützen/Sensoren (12, 14, 16, 18, 20, 22, 24) zum Stützen der Masse von der Basis aus, wodurch das Stützsystem statisch unbestimmt ist. Die Stützen/Sensoren sind vorzugsweise doppelendige Doppelstabstimmgabeln, welche zwischen Anbringungskissen aufgehängt sind und durch einen Oszillator in Vibration versetzt werden. Durch Hinzufügen einer(s) Stütze/Sensor(s) oder mehrerer Stützen/Sensoren über jene Stützen/Sensoren hinaus, die notwendig für ein statisch bestimmtes Stützsystem sind, wird das Stützsystem statisch unbestimmt und daher empfindlich in einer oder in mehreren Richtungen.



Beschreibung

Allgemeiner Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Beschleunigungsmesser und insbesondere einen dreiachsigen Beschleunigungsmesser basierend auf einem Kristall in einer einheitlichen Verpackung mit der Fähigkeit des Veränderns der Sensorachsenempfindlichkeit in jeder beliebigen gegebenen Richtung.

[0002] Navigationsinstrumentierung, welche Beschleunigungsmesser verwendet, wird in vielen unterschiedlichen Umgebungen verwendet. Zum Beispiel verwenden typischerweise Bohrlochaufschliessungswerkzeuge drei unabhängige Einzelachsensensoren zum Bestimmen von Beschleunigung. Die Einzelachsensensoren nehmen nachteiligerweise jedoch wesentlichen Raum im Bohrlochaufschliessungswerkzeug ein. Des Weiteren sind die meisten derzeitigen Einzelachsensensoren zwangsgewuchtete Servobeschleunigungsmesser, welche eine magnetisch rückgestellte Prüfmasse verwenden und daher einen magnetischen Einfluss auf ihre Umgebung ausüben. Die Trägheitsnavigationsinstrumentierung umfasst jedoch auch Magnetometer. Die potentielle Wirkung aufeinander zwischen den hochmagnetischen Beschleunigungsmessern und den Magnetometern erfordert, dass die Beschleunigungsmesser in einem Mindestabstand von den Magnetometern entfernt angeordnet werden. Des Weiteren sind Resonatoren basierend auf Quarzkristallen in Sensoren eingesetzt worden und sind für den Einsatz in Dreiaachsenbeschleunigungsmessern vorgeschlagen worden. Zum Beispiel, siehe US-Patentschrift Nr. 6 826 960. Der Dreiaachsenbeschleunigungsmesser jener Patentschrift umfasst ein statisches Determinantensystem, welches in keine einzelne oder mehrere Richtungen Empfindlichkeit gewährt oder veränderbare Empfindlichkeit ermöglicht, ohne dass die Grösse oder Form der individuellen Kristalle modifiziert werden muss. Dementsprechend besteht ein Bedarf für einen verbesserten dreiachsigen Beschleunigungsmesser, welcher die Eigenschaft variabler Achsenempfindlichkeit aufweist und welcher ein Standardstützsystem (d.i. einen Stützkristall) ausnützen kann.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0003] Gemäss der Erfindung werden ein Sensor zum Messen der Beschleunigung in drei Dimensionen, welcher eine Trägheitsmasse und ein Stützsystem für die Trägheitsmasse umfasst, wobei das Stützsystem eine Basis und eine Mehrzahl von Stützelementen umfasst, welche sich zwischen der Basis und der Trägheitsmasse erstrecken, um die Trägheitsmasse in orthogonalen Richtungen aufzuhängen, welche eine statisch unbestimmte Struktur bereitstellen; und Belastungssensoren zum Messen der durch Beschleunigung induzierten Belastung in den Stützelementen bereitgestellt, wodurch ein Mass für die Beschleunigung der Masse gewonnen wird.

[0004] In einer bevorzugten Ausführungsform werden ein Beschleunigungsmesser, welcher eine Trägheitsmasse und ein Stützsystem für die Trägheitsmasse umfasst, wobei das Stützsystem eine Basis und eine Mehrzahl von Stützelementen umfasst, welche sich zwischen der Basis und der Trägheitsmasse erstrecken, um die Trägheitsmasse in orthogonalen Richtungen aufzuhängen, welche eine statisch unbestimmte Struktur bereitstellen; und wenigstens sechs Stützelemente bereitgestellt, welche die jeweiligen Belastungssensoren zum Messen der durch die Beschleunigung induzierten Belastung in den Stützelementen darstellen, um ein Mass der Beschleunigung der Masse bereitzustellen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0005]

- Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer Prüfmasse, welche durch Sensoren in orthogonalen Richtungen gestützt werden, die eine statisch unbestimmte Struktur ergeben;
- Fig. 2 ist eine schematische Darstellung eines Beschleunigungsmessermoduls, welche die Trägheitsmasse, die Sensoren, die feststehende Stütze und Anschläge der statisch unbestimmten Struktur zeigt;
- Fig. 3 ist eine schematische Darstellung einer Quarzkristall-Doppelstab-Doppelstimmgabel, welche als ein(e) Stütze/Sensor in einem Aspekt der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird;
- Fig. 4 ist eine schematische Darstellung eines Bohrloch-Ölbohraufschliessungswerkzeugs, welches einen dreiachsigen Beschleunigungsmesser gemäss einem bevorzugten Aspekt der vorliegenden Erfindung verkörpert; und
- Fig. 5–8 sind schematische Darstellungen verschiedener Ausführungsformen, welche Stützen für die Trägheitsmasse in verschiedenen statisch unbestimmten Strukturen darstellen.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0006] In Fig. 1 ist eine Trägheitsmasse 10 dargestellt, welche durch den dargestellten Würfel veranschaulicht ist. Man wird jedoch zu schätzen wissen, dass die Masse 10 jede geometrische Konfiguration einnehmen kann. Für die Zwecke der Anschaulichkeit wird die Masse 10 durch sechs in orthogonaler Beziehung stehende Stützen gestützt, nämlich die Stützen 12, 14; 16, 18; und 20, 22. Es gibt auch eine zusätzliche Stütze 24. Die gegenüberliegenden Enden jeder Stütze sind an der Masse 10 befestigt und an einer feststehenden, unbeweglichen Tragebasis befestigt, welche zum Beispiel ein Gehäuse für einen Beschleunigungsmesser umfassen kann. Wie dargestellt, sind die Stützen 12, 14; 16, 18; und 20, 22

übereinstimmend mit der jeweiligen X-, Y- und Z-Achse eines kartesischen Koordinatensystems angeordnet. Das Stützsystem für die Masse 10, wie dargestellt, umfasst sieben Stützen und stellt daher ein statisch unbestimmtes Stützsystem dar. Im Speziellen jedoch, wenn die Masse 10 nur durch sechs Stützen 12, 14; 16, 18; und 20, 22 getragen wird, ist das statische Stützsystem eine statisch bestimmte Stützsystemstruktur. Ein System hat eine statisch bestimmte Struktur, wenn die Anzahl der unbekannten Kräfte der Anzahl der Bewegungsgleichungen entspricht, die notwendig sind, um die Bewegung der Masse im freien Raum zu beschreiben. Das heisst, die Stützen oder Zwangsführungen sind gleich der Anzahl und Arten der Freiheitsgrade und sind unabhängig. Daher ist es möglich in einem statisch bestimmten System, alle axialen Kräfte in den Stützen und alle Reaktionen an den Stützen durch Lösen der Gleichgewichtsgleichungen zu bestimmen.

[0007] Im Gegensatz dazu ist ein Stützsystem statisch unbestimmt, wie hier, wenn es mehr Halterungen gibt, als erforderlich sind, um eine unabhängige, statisch bestimmte Struktur aufzubauen, d.h. es gibt mehr Stützen als erforderlich sind, um die externen Belastungen unabhängig auszugleichen. Anders ausgedrückt, ist ein System statisch unbestimmt, wo die Zwangsführungen die Anzahl der Freiheitsgrade übersteigen, und es gibt wenigstens eine Halterung für jeden Freiheitsgrad, z.B. Versatz relativ zu und Drehung um die X-, Y- und Z-Achse. Die Lösung der Dynamiken in statisch unbestimmter Struktur erfordert mehr als das Lösen der Gleichungen des statischen Gleichgewichts und erfordert insbesondere weitere Kenntnis der Eigenschaften des Stützsystems.

[0008] Im Bewusstsein der vorangehenden Definitionen wird man zu schätzen wissen, dass das Stützsystem für die Masse 10, dargestellt in Fig. 1, mit den sechs Stützen 12, 14; 16, 18; und 20, 22, die relativ zueinander orthogonal angeordnet sind, ein statisch bestimmtes Stützsystem darstellt. Das Stützsystem, dargestellt in Fig. 1, jedoch mit sieben Stützen, darunter die zusätzliche Stütze 24, stellt ein statisch unbestimmtes Stützsystem dar. Das heisst, es gibt wenigstens eine Stütze mehr, als erforderlich, um die externen Belastungen unabhängig auszugleichen. Ein statisch unbestimmtes System schliesst auch zusätzliche Stützen zu der einzelnen zusätzlichen Stütze ein, die in Fig. 1 dargestellt ist, und kann durch ein statisch bestimmtes Stützsystem mit wenigstens einer oder mehreren zusätzlichen Stützen gekennzeichnet werden.

[0009] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung stellt ein Stützsystem für eine Trägheitsmasse bereit, welches Stützen aufweist, die sich zwischen einer feststehenden Basis und der Trägheitsmasse in orthogonalen Richtungen in einer statisch unbestimmten Stützstruktur erstrecken. Zum Beispiel, wie in Fig. 2 dargestellt, welche im Wesentlichen das gleiche Stützsystem, wie durch die sieben Stützen aus Fig. 1 dargestellt, auf einem etwas detaillierteren Niveau darstellt, kann jede Stütze jeden beliebigen, aus einer Anzahl von unterschiedlichen lastempfindlichen, ansprechenden Sensoren umfassen. Zum Beispiel können Lasterfassungsvorrichtungen wie Verformungsmesser eingesetzt werden. Als ein anderes Beispiel können einstrahlige Resonatorsysteme, wie in Fig. 3A der US-Patentschrift Nr. 6 826 960 offenbart, eingesetzt werden. Vorzugsweise jedoch stellen Doppelstab-Doppelstimmgabeln (DETF) die(den) Stütze/Sensor zwischen der Masse 10 und der feststehenden Basis bereit, und eben diese Basis kann ein Gehäuse 30 für ein Beschleunigungsmesser-Modul 32 umfassen. Ein Beispiel für die Doppelstab-Doppelstimmgabel 34 ist in Fig. 3 dargestellt. Anbringungskissen 36 und 38 sind an den gegenüberliegenden Enden der(dem) DETF lastempfindlichen Stütze/Sensor bereitgestellt. Ein Oszillator 40 ist elektrisch durch die Anschlussleitungen 42 und 44 zu den elektrischen Verbindungen auf dem Kissen 38 verbunden, wobei der Oszillator die elektrische Energie bereitstellt, um die Stäbe des Sensors 34 zum Schwingen zu bringen. Während die zwei Stäbe der Stützstruktur Zugspannung oder Druckspannung, im Gegensatz zu linearen Kräften und Winkeldrehung, die durch Beschleunigung der Masse 10 verursacht sind, erfahren, verändern sich folglich die Frequenzen der Schwingungen mit der Belastung und sind folglich proportional zur Beschleunigung, d.h. ein Mass für die Beschleunigung. Verformungsmesser können auf ähnliche Weise eingesetzt werden, um eine Signalausgabe proportional zur Beschleunigung bereitzustellen.

[0010] Mit Bezugnahme auf Fig. 2 stellen die Stützen 12, 14; 16, 18; und 20, 22, welche schematisch in Fig. 1 dargestellt sind, in der bevorzugten Ausführungsform jeweils lastempfindliche Doppelstab-Doppelstimmgabeln 34 dar, die zwischen der Masse 10 und der feststehenden Basis 30 eingesetzt sind. Folglich ist in Fig. 2 eines der Kissen, z.B. 36, auf jeder(m) Stütze/Sensor 34 an der Trägheitsmasse 10 befestigt, während ein gegenüberliegendes Kissen, z.B. 38 an der feststehenden Basis 30 befestigt ist. Insbesondere stellen die Stützen/Sensoren 12, 14 Stütze in der X-Richtung; die Stützen/Sensoren 16, 18 Stütze in der Y-Richtung; und die Stützen/Sensoren 20, 22 Stütze in der Z-Richtung bereit. Die(Der) zusätzliche Stütze/Sensor 24 stellt eine weitere Stütze in der X-Richtung und folglich weitere Steifigkeit in der X-Richtung bereit. Diese zusätzliche Stütze lässt das Stützsystem aus Fig. 2 statisch unbestimmt werden. Wie unten in den weiteren Darstellungen angemerkt, können eine oder mehrere Stützen zu den statisch bestimmten Stützsystemen hinzugefügt werden, um die Stützsysteme statisch unbestimmt werden zu lassen.

[0011] Es wird ebenfalls geschätzt werden, dass die zusätzliche Stütze keine lastempfindliche Stütze sein muss. Daher ist, um eine statisch unbestimmte Struktur im Zusammenhang mit dem vorliegenden Beschleunigungsmesser bereitzustellen, ein Minimum von einer lastempfindlichen Stütze für jeden Freiheitsgrad in Verbindung mit einer oder mehreren zusätzlichen Stützen erforderlich. Jede zusätzliche Stütze kann, muss aber nicht lastempfindlich sein, z.B. eine oder mehrere zusätzliche Stützen können gänzlich konstruktiv sein.

[0012] Ebenfalls in Fig. 2 dargestellt, sind sechs Anschläge 40. Die Anschläge sind paarweise in jeder der sechs orthogonalen Richtungen dargestellt. Die Anschläge 40 werden von der Basis 30 getragen und verhindern die Bewegung der Trägheitsmasse über Abstände jenseits der Kapazität der Belastungssensoren, um die durch Beschleunigung induzierte Last in den Stützelementen zu messen. Es wird geschätzt werden, dass die Anordnung und die Anzahl der Anschläge auf

den sechs Seiten veränderbar sein kann, z.B. vier in den Ecken oder sechs (vier Ecken und zwei in der Mitte), und dass die im Besonderen offenbarte Anordnung und Anzahl bloss beispielhaft zu verstehen ist.

[0013] Mit Bezugnahme auf Fig. 1 und 2 ermöglicht es die statisch unbestimmte Stützstruktur für die Trägheitsmasse 10, dass die Empfindlichkeit des Beschleunigungsmessers in jeder gegebenen Richtung oder Richtungen verändert werden kann. Durch Bereitstellen statisch unbestimmter Stützen kann die Steifigkeit des Beschleunigungsmessers gegenüber der Tragebasis 30 in jeder beliebigen oder in mehrere Richtungen erhöht werden. Dies hat den Vorteil, dass die natürliche Frequenz des Stützsystems erhöht wird, was äusserst erstrebenswert ist, zum Beispiel, in tiefvibrierenden Umgebungen von Bohrlochölaufschliessungswerkzeugen. Als ein bestimmtes Beispiel soll bei Erdölaufschliessungsausrüstung ein Beschleunigungsmesser vorzugsweise eine natürliche Frequenz über ungefähr 1500 Hz aufweisen. In der dargestellten Ausführungsform befindet sich die(der) zusätzliche Stütze/Sensor 24 in der X-Richtung parallel zur X-Achse und stellt folglich eine erhöhte Steifigkeit in jene Richtung bereit. Folglich wird mit der statisch unbestimmten Struktur die spezifische Empfindlichkeit in eine oder mehrere Richtungen, um eine Veränderung der Empfindlichkeit entlang jeder gegebenen Achse bereitzustellen, durch Hinzufügen einer(s) oder mehrerer zusätzlicher Stützen/Sensoren, z.B. die Doppelstab-Doppelstimmgabeln, auf einer gegebenen Seite oder Seiten der Masse erzielt. Dies bietet den zusätzlichen Vorteil, dass für die Stützen/Sensoren ein Grundtyp von Doppelstab-Resonator eingesetzt wird und ein Hersteller von Beschleunigungsmessern nicht mehrere Grössen von Doppelstab-Resonatoren herzustellen hätte, was teurer käme.

[0014] Mit Bezugnahme auf Fig. 5–8 wird man zu schätzen wissen, dass das statisch unbestimmte Stützsystem in vielen unterschiedlichen Konfigurationen angeordnet werden kann, um die Trägheitsmasse von der feststehenden Basis aus zu stützen. Daher werden die statisch unbestimmten Stützsysteme, wie im Besonderen hierin beschrieben und dargestellt, als beispielhaft und nicht als beschränkend betrachtet. Viele andere Kombinationen von Stützen, als die hierin im Besonderen offenbart, können in Abhängigkeit vom beabsichtigten Gebrauch eingesetzt werden. Dementsprechend sind in Fig. 5 drei Stützen/Sensoren 12, 14, 24 dargestellt, welche zwischen der Trägheitsmasse 10 und der feststehenden Basis 30 in der X-Richtung verbindend eingebaut sind. Zwei Stützen/Sensoren 16, 18 sind zwischen der Trägheitsmasse 10 und der feststehenden Basis 30 in der Y-Richtung befestigt. Drei Stützen/Sensoren 20, 22, 42 sind zwischen der Trägheitsmasse 10 und der feststehenden Basis 30 in der Z-Richtung befestigt. Das bedeutet, dass das anderenfalls statisch bestimmte Stützsystem, welches aus den Stützen/Sensoren 12, 14; 16, 18; 20; 22 aufgebaut ist, mit zwei zusätzlichen Sensoren/Stützen 24, 42 in der X- und Z-Richtung erweitert worden ist, was das Stützsystem statisch unbestimmt werden lässt. Auch ist die Empfindlichkeit des Beschleunigungsmessers in der X- und der Z-Richtung versteift.

[0015] In Fig. 6 erstrecken sich drei Sensoren/Stützen 12, 14, 24 zwischen der Trägheitsmasse 10 und der feststehenden Stütze 30 in der X-Richtung, drei Sensoren/Stützen 16, 18, 44 erstrecken sich in der Y-Richtung, und drei Sensoren/Stützen 20, 22, 42 erstrecken sich in der Z-Richtung für eine Gesamtheit von neun Stützen/Sensoren. Daher sind drei Stützen/Sensoren in orthogonalen Richtungen überzählig für ein anderenfalls statisch bestimmtes Stützsystem bereitgestellt, was das Stützsystem statisch unbestimmt werden lässt.

[0016] Nun mit Bezugnahme auf Fig. 7 wird man zu schätzen wissen, dass das statisch unbestimmte System keine Stützen/Sensoren bereitstellen muss, die sich zwischen der Trägheitsmasse und der Basis entlang den Achsen erstrecken, die mit den sechs Achsen des X, Y, Z Kartesischen Koordinatensystems zusammenfallen oder parallel zu diesen liegen, vorausgesetzt, dass eine(r) oder mehrere zusätzliche Stützen/Sensoren die anderenfalls statisch bestimmte Stützsystemstruktur statisch unbestimmt werden lässt. Daher umfassen in Fig. 7 die Stützen/Sensoren die Stützen/Sensoren 50, 52, 62, welche sich in die positive X-Richtung erstrecken; die Stützen/Sensoren 54, 56, welche sich in die positive Y-Richtung erstrecken; und die Stützen/Sensoren 58, 60, welche sich in die positive Z-Richtung erstrecken. Keine Stützen erstrecken sich zwischen der Masse 10 und der Basis 30 in die negativen X-, Y- und Z-Richtungen. Man wird zu schätzen wissen, dass die vorangehenden Stützen/Sensoren 50, 52; 54, 56; 58, 60 ein statisch bestimmtes Stützsystem für die Masse 10 bereitstellen. Das Hinzufügen von einer(m) oder mehreren Stützen/Sensoren, zum Beispiel das Hinzufügen von Stütze/Sensor 62 in der positiven X-Richtung, lässt das Stützsystem statisch unbestimmt werden. Das Stützsystem aus Fig. 7 weist daher eine erhöhte Steifigkeit in die X-Richtung auf.

[0017] Mit Bezugnahme auf Fig. 8 erstrecken sich Paare von Stützen/Sensoren sowohl in positive als auch negative Richtungen des Kartesischen Koordinatensystems. Daher umfassen im statisch unbestimmten Stützsystem aus Fig. 8 die Stützen/Sensoren die Stützen/Sensoren 70, 72 und 74, 76, welche sich in die jeweilige positive und negative X-Richtung erstrecken; die Stützen/Sensoren 78, 80 und 82, 84, welche sich in die jeweiligen positiven und negativen Richtungen erstrecken; und die Stützen/Sensoren 86, 88 und 90, 92, welche sich in die jeweils positive und negative Z-Richtung erstrecken. Das Hinzufügen von einer(m) oder mehreren Stützen/Sensoren über die notwendigen sechs Stützen lässt das Stützsystem statisch unbestimmt werden. Das Stützsystem aus Fig. 8 weist daher eine erhöhte Steifigkeit in die X-, Y- und Z-Richtungen auf und stellt höhere Last/ausnützbare Belastungsbereiche in jeder gegebenen Richtung bereit. Aus dem Vorangehenden wird man zu schätzen wissen, dass der dreiachsige Beschleunigungsmesser der vorliegenden Erfindung das Hinzufügen von einer(m) oder mehreren Stützen/Sensoren zusätzlich zu den Stützen/Sensoren, welche das Stützsystem statisch bestimmt werden lassen, einsetzt.

[0018] Mit Bezugnahme auf Fig. 4 wird ein Erdölaufschliessungswerkzeug 70 dargestellt, welches ein Beschleunigungsmesser-Modul 32 der vorliegenden Erfindung eingebaut haben kann. Zum Beispiel kann das Modul 32 im Zylindergehäuse des Werkzeugs 70 angeordnet sein. Das Modul 32 nimmt die feststehende Basis 30 und das statisch unbestimmte

Stützsystem für die Trägheitsmasse auf eine Weise auf, die kompakt und leicht in die Elektronik des Navigationsaufschliessungswerkzeugs 70 einzubauen und zu integrieren ist.

[0019] Während die Erfindung in Verbindung mit, was derzeit als die am praktischsten und bevorzugteste Ausführungsform betrachtet wird, beschrieben worden ist, versteht es sich von selbst, dass die Erfindung nicht auf die offenbarte Ausführungsform beschränkt ist, sondern im Gegenteil die Absicht in sich trägt, alle verschiedenen Modifikationen und gleichwertigen Anordnungen, welche innerhalb des Umfangs der angeschlossenen Ansprüche liegen, abzudecken.

Teilleiste

[0020]

Trägheitsmasse	10
Stützen	12, 14; 16, 18; 20, 22
Gehäuse	30
Beschleuniger-Modul	32
Stimmgabel oder Stütze/Sensor	34
Anbringungskissen	36, 38
Oszillator	40
Stütze/Sensor	42
Stütze/Sensor	44
Anschlussleitungen	42, 44
Stütze/Sensor	24
Stützen/Sensoren	50, 52, 62
Stützen/Sensoren	54, 56
Stützen/Sensoren	58, 60
Stützen/Sensoren	70, 72, 74, 76
Stützen/Sensoren	78, 80, 82, 84
Stützen/Sensoren	86, 88, 90, 92

Patentansprüche

1. Sensor zum Messen von Beschleunigung in drei Dimensionen, umfassend:
eine Trägheitsmasse (10) und ein Stützsystem für die Trägheitsmasse, wobei das Stützsystem eine Basis (30) und eine Vielzahl von Stützelementen (12, 14, 16, 18, 20, 22, 24), welche sich zwischen der Basis und der Trägheitsmasse erstrecken, um die Trägheitsmasse in orthogonalen Richtungen aufzuhängen, umfasst, wobei eine statisch unbestimmte Struktur bereitgestellt wird; und
Belastungssensoren (34) zum Messen der durch Beschleunigung induzierten Belastung in den Stützelementen, wodurch ein Mass für die Beschleunigung der Masse geboten wird.
2. Sensor gemäss Anspruch 1, wobei die Vielzahl der Stützelemente wenigstens sieben Stützelemente (12, 14, 16, 18, 20, 22, 24) zwischen der Basis und der Trägheitsmasse umfasst.
3. Sensor gemäss Anspruch 1, wobei die Vielzahl der Stützelemente Paare von Stützelementen (12, 14; 16, 18; 20, 22, 24) umfasst, die sich zwischen der Basis und der Trägheitsmasse in den jeweiligen orthogonalen Richtungen erstrecken, wobei einzelne Stützelemente jedes Paares von Stützelementen sich parallel zueinander erstrecken, wobei die Vielzahl der Stützelemente des Weiteren ein weiteres Stützelement (24) umfasst, welches sich zwischen der Basis und der Trägheitsmasse in einer der orthogonalen Richtungen erstreckt, um eine Steifigkeit in der einen orthogonalen Richtung bereitzustellen, die über der Steifigkeit in den anderen orthogonalen Richtungen liegt.
4. Sensor gemäss Anspruch 1, wobei einzelne Stützelemente (12, 14; 16, 18; 20, 22, 24) der Vielzahl der Stützelemente sich von gegenüberliegenden Seiten der Masse im Allgemeinen parallel zu den orthogonalen Richtungen erstrecken.

5. Sensor gemäss Anspruch 1, wobei die Vielzahl der Stützelemente (12, 14; 16, 18; 20, 22, 24) Paare von Stützelementen umfasst, die sich zwischen der Basis und der Trägheitsmasse in den jeweiligen orthogonalen Richtungen erstrecken, wobei einzelne Stützelemente jedes Paares von Stützelementen sich parallel zueinander erstrecken, wobei wenigstens eines aus der Vielzahl der Stützelemente (24) eine Empfindlichkeit der angelegten Beschleunigung in eine der orthogonalen Richtungen aufweist, die unterschiedlich zu einer Empfindlichkeit der angelegten Beschleunigung in wenigstens eine andere der orthogonalen Richtungen ist.
6. Sensor gemäss Anspruch 5, wobei das eine Stützelement (24) ein Stützelement zusätzlich zu drei Paaren von Stützelementen (12, 14; 16, 18; 20, 22) ist, welche anderenfalls das Stützsystem statisch bestimmt sein lassen.
7. Sensor gemäss Anspruch 6, wobei einzelne Stützelemente (12, 14, 16, 18, 20, 22) jedes Paares von Stützelementen sich von gegenüberliegenden Seiten der Masse aus erstrecken.
8. Sensor gemäss Anspruch 1, wobei die Vielzahl der Stützelemente (12, 14; 16, 18; 20, 22, 24) Paare von Stützelementen umfasst, die sich zwischen der Basis und der Trägheitsmasse in den jeweiligen orthogonalen Richtungen erstrecken, wobei einzelne Stützelemente jedes Paares von Stützelementen sich parallel zueinander und sich von jeweils gegenüberliegenden Seiten der Masse aus erstrecken, wobei die Vielzahl der Stützelemente des Weiteren wenigstens zwei zusätzliche Stützelemente (22, 24) zwischen der Trägheitsmasse und der Basis in zwei der orthogonalen Richtungen umfasst, um jeweils Steifigkeit in die zwei orthogonalen Richtungen bereitzustellen, die über der Steifigkeit in einer anderen orthogonalen Richtung liegt.
9. Sensor gemäss Anspruch 1, wobei jedes der Stützelemente einen Quarzkristallstabresonator umfasst.
10. Sensor gemäss Anspruch 1, wobei jedes der Stützelemente einen Quarzkristalldoppelstabresonator umfasst.

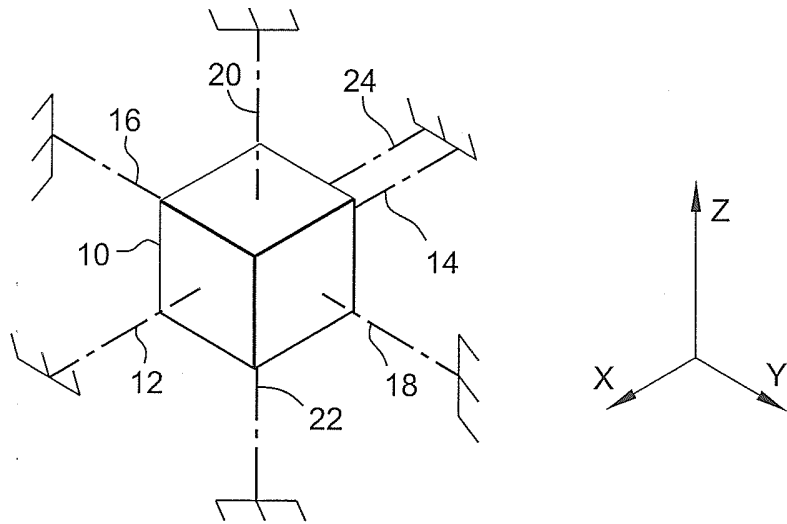


Fig. 1

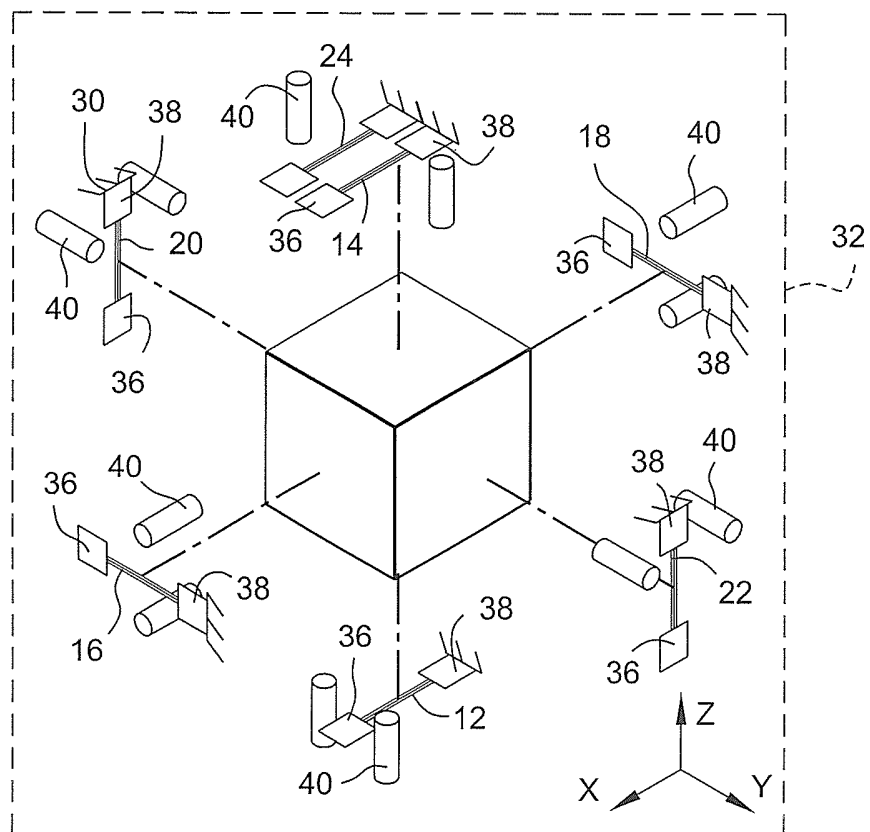
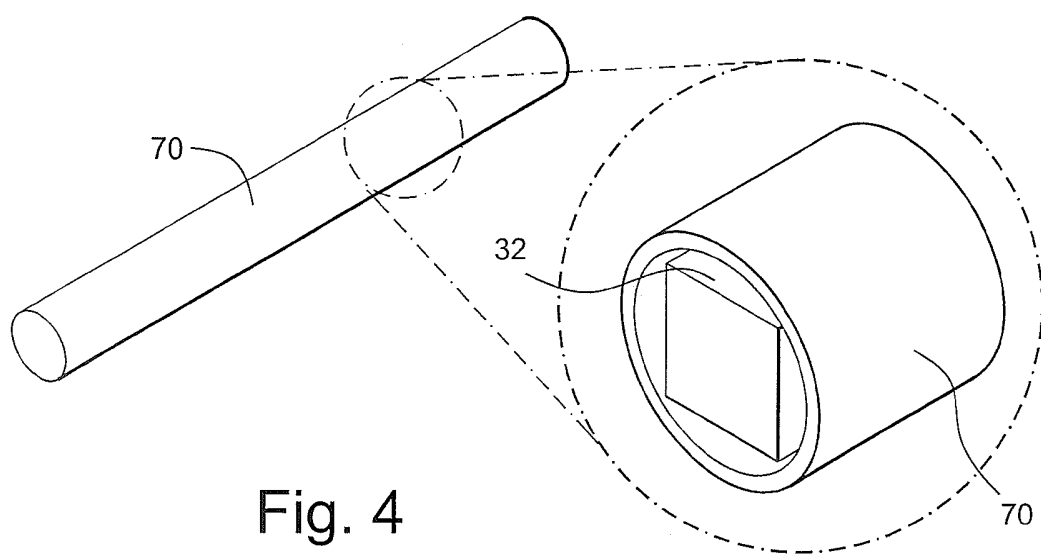
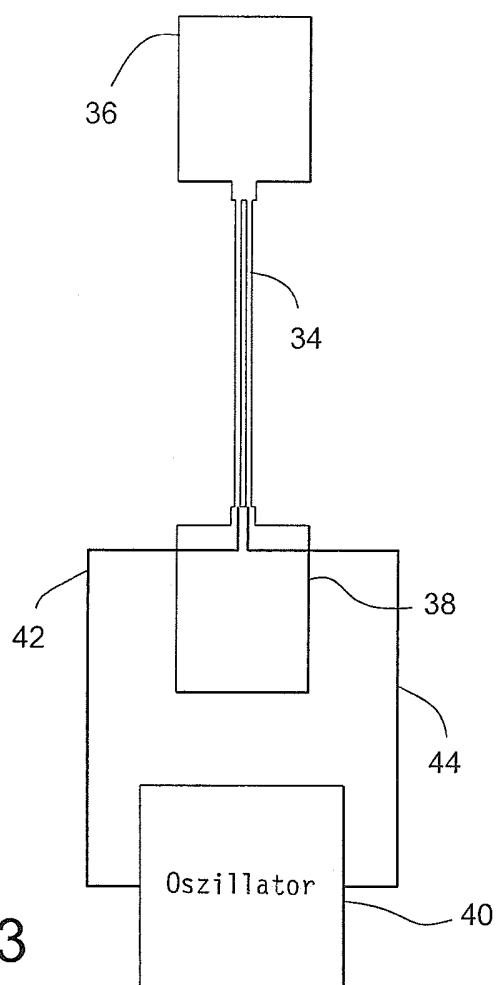


Fig. 2



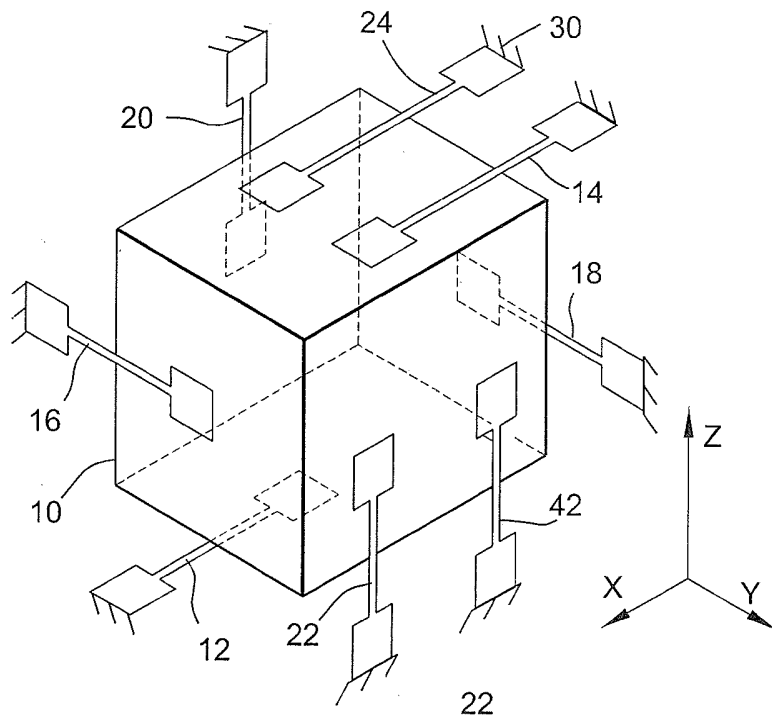


Fig. 5

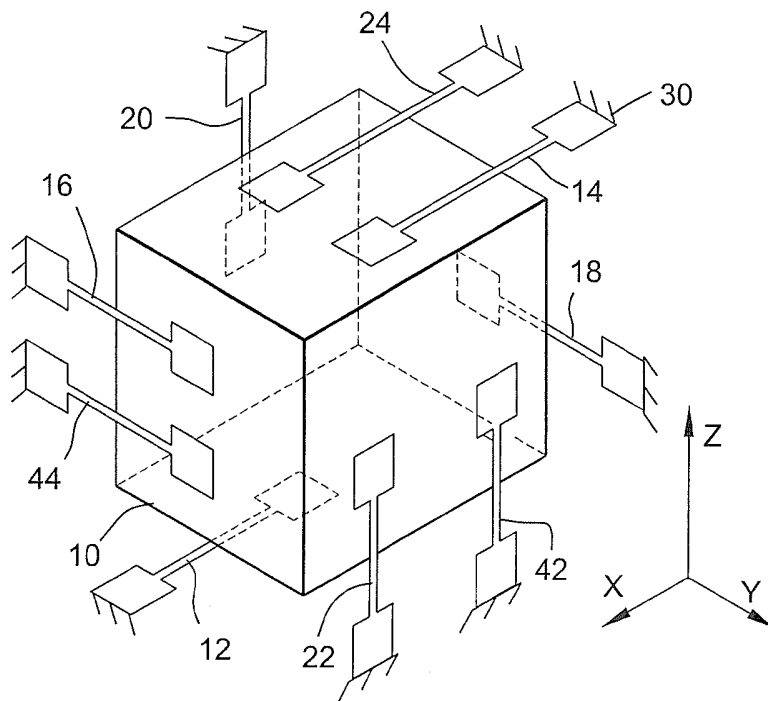


Fig. 6

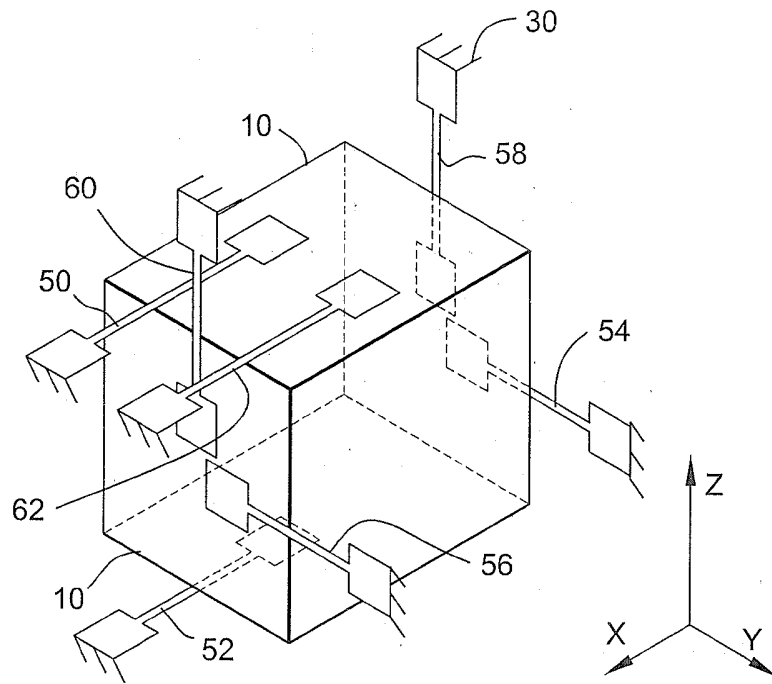


Fig. 7

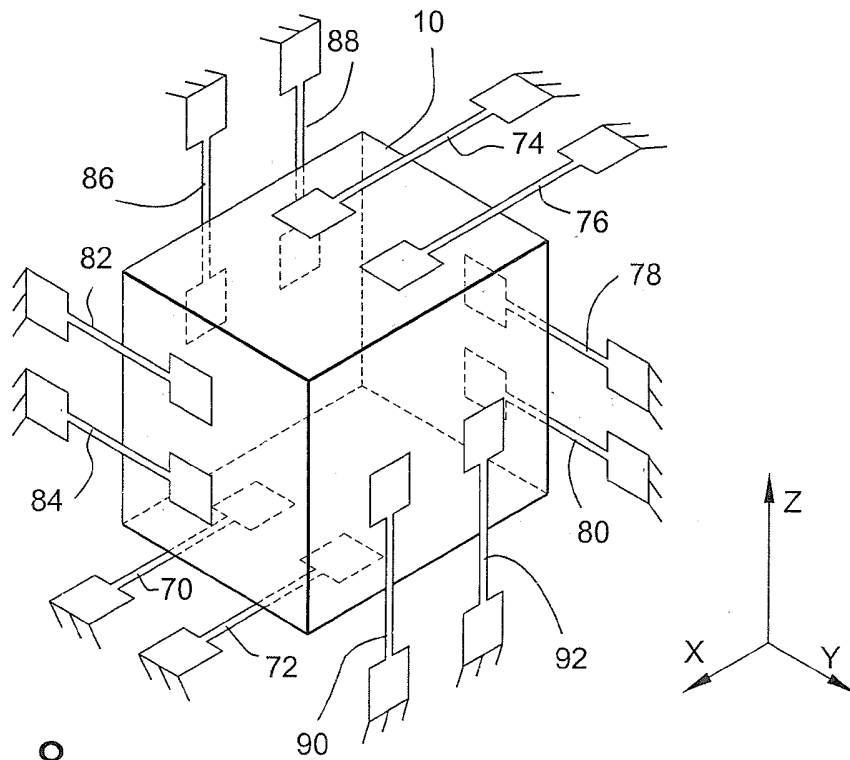


Fig. 8