

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 717 164 A2

(51) Int. Cl.: G01P 15/093 (2006.01)  
G01H 9/00 (2006.01)

## Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## (12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00211/20

(22) Anmeldedatum: 24.02.2020

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.08.2021

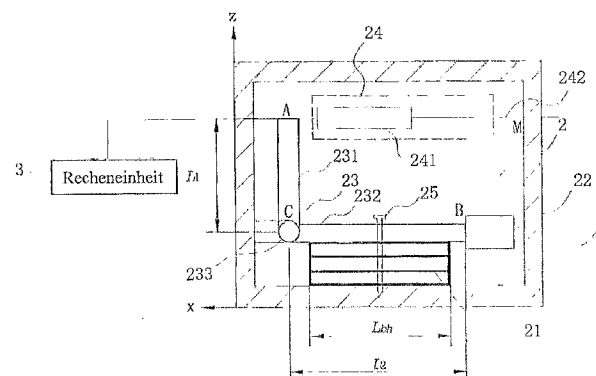
(71) Anmelder:  
LASER INSTITUTE OF SHANDONG ACADEMY  
OF SCIENCE, B part, A3 building, Production,  
Education and Research Base of High-tech Zone No. 9,  
Haichuan Road, Jining City  
Shandong 272071 (CN)

(72) Erfinder:  
Hua Zhang, Jinan 250104 Shandong (CN)  
Binxin Hu, Jinan 250104 Shandong (CN)  
Guangdong Song, Jinan 250104 Shandong (CN)  
Feng Zhu, Jinan 250104 Shandong (CN)  
Tongyu Liu, Jinan 250104 Shandong (CN)  
Jiqiang Wang, Jinan 250104 Shandong (CN)

(74) Vertreter:  
P&TS SA, Av. J.-J. Rousseau 4 P.O. Box 2848  
2001 Neuchâtel (CH)

### (54) Optischer Fasergitter-Beschleunigungssensor.

(57) Die Erfindung betrifft einen optischen Fasergitter-Beschleunigungssensor, umfassend ein Gehäuse (1) eine innerhalb des Gehäuses (1) angeordnete Sensorkomponente (2) und eine Recheneinheit (3), wobei die Sensorkomponente (2) eine Blatfeder (21) die mit dem Boden des Gehäuses verbunden ist, und eine Masse (22), die mit der Oberseite der Blatfeder (21) verbunden ist, umfasst; einen Balkenkörper (23) mit einem ersten Arm (231) und einem zweiten Arm (232), wobei der erste Arm und der zweite Arm durch ein Drehelement (233) verbunden sind, das Drehelement an einer Seitenwand des Gehäuses befestigt ist und das dem Drehelement abgewandte Ende des zweiten Arms mit der Oberseite der Masse verbunden ist; ein über dem Balkenkörper aufhängendes Lichtleitfasermessgerät (24), das ein Gittermessgerät (241) und mit dem Gittermessgerät sowie mit der Recheneinheit verbundene Lichtleitfasern (242) umfasst, wobei die Recheneinheit die Beschleunigung der zu messenden Struktur gemäß dem Driftbetrag des optischen Parameters des Gittermessgeräts berechnet. Bei der vorliegenden Erfindung sind die Lichtleitfasern in dem Gehäuse aufgehängt, das Phänomen des Zwischerns des Gitters oder das Phänomen der Mehrfachspitzen der reflektierten Wellen wird nicht auftreten, es widersteht seitlichen Vibrationsstörungen, hat ein breites Frequenzband, hat eine hohe Empfindlichkeit und einen Frequenzantwortbereich und verbessert die Messgenauigkeit der Vibrationsbeschleunigung in einer einzelnen Richtung.



## Beschreibung

### TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die Erfindung betrifft das technische Gebiet der Vibrationsüberwachung, insbesondere einen optischen Faser-gitter-beschleunigungssensor.

### STAND DER TECHNIK

[0002] Bei einigen großen geologischen Strukturen mit komplexen Umgebungen wie Tunneln und Minen ist eine regelmäßige Vibrationsüberwachung erforderlich. Sensoren zur Messung von Vibrationsparametern werden im Voraus in die geologische Struktur eingebettet. Wenn die seismische Welle in der geologischen Struktur erzeugt wird, wird die seismische Welle an den Sensor übertragen, und der Sensor kann die Vibrationsparameter messen, wodurch die latente seismische Aktivität in der geologischen Struktur entdeckt wird und der Zweck der Frühwarnung und des Katastrophenschutzes erreicht wird.

[0003] Die Beschleunigung stellt einen der üblichen Vibrationsparameter dar und wird verwendet, um die Stoßkraft von seismischen Wellen widerzuspiegeln. Derzeit werden hauptsächlich Faser-gitter-beschleunigungssensoren zur Messung der Beschleunigung verwendet. Das Fasergitter hat die Vorteile der elektromagnetischen Verträglichkeit, des Explosionsschutzes und der Hochtemperaturbeständigkeit und kann an die komplexe und raue Umgebung der geologischen Struktur angepasst werden. Wenn das Vibrationssignal von dem in die geologische Struktur eingebetteten, optischen Faser-gitter-beschleunigungssensor erfasst wird, ändern sich die optischen Parameter des Fasergitters entsprechend. Durch Demodulieren der Änderung der optischen Parameter kann die Beschleunigung von großflächigen strukturtechnischen Vibrationen erhalten werden.

[0004] Fig. 1 stellt eine Struktur eines optischen Faser-gitter-beschleunigungssensors dar. Ein Fasergitter 101 ist an der Oberfläche eines festen Endes (Fi) eines Auslegerbalkens 201 geklebt, und ein freies Ende (Fr) des Auslegerbalkens 201 ist flexibel mit einer Massenstruktur 301 verbunden. Die Vibration der Massenstruktur 301 bewirkt, dass sich der Auslegerbalken 201 biegt, wodurch die Mittenwellenlänge des Fasergitters 101 verschoben wird. Die Beschleunigung der Vibration der geologischen Struktur kann berechnet werden, indem der Driftbetrag der Mittenwellenlänge erfasst wird. Da jedoch das Fasergitter 101 direkt an dem Auslegerbalken 201 geklebt ist, bewirken die mechanischen Eigenschaften des Auslegerbalkens 201, dass sich die Gitterperiode des Fasergitters 101 in der axialen Richtung ändert, das heißt, dass das Phänomen des Zwischerns des Gitters auftritt, was zu ungenauen Messergebnissen führt.

### OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0005] Die vorliegende Erfindung stellt einen optischen Faser-gitter-beschleunigungssensor bereit, um das Problem einer geringen Genauigkeit der Beschleunigungsmessung zu lösen.

[0006] Gemäß einem ersten Aspekt umfasst ein durch die vorliegende Erfindung bereitgestellter optischer Faser-gitter-beschleunigungssensor ein Gehäuse, eine innerhalb des Gehäuses angeordnete Sensorkomponente und eine Recheneinheit; die Sensorkomponente umfasst:

eine Blattfeder, die mit dem Boden des Gehäuses verbunden ist, wobei die Blattfeder ein plattenartiges elastisches Element ist, das durch Übereinanderlegen mindestens einer Schicht aus Federstahl gebildet wird;

eine Masse, die mit der Oberseite der Blattfeder (21) verbunden ist;

einen Balkenkörper mit einem ersten Arm und einem zweiten Arm, wobei der erste Arm und der zweite Arm durch ein Drehelement verbunden sind, das Drehelement an einer Seitenwand des Gehäuses befestigt ist, das dem Drehelement abgewandte Ende des zweiten Arms mit der Oberseite der Masse verbunden ist;

ein über dem Balkenkörper aufgehängendes Lichtleitfasermessgerät, das ein Gittermessgerät und mit dem Gittermessgerät sowie mit der Recheneinheit verbundene Lichtleitfasern umfasst,

wobei die Recheneinheit die Beschleunigung der zu messenden Struktur gemäß dem Driftbetrag des optischen Parameters des Gittermessgeräts berechnet.

[0007] In dem ersten Aspekt wird der Sensor in die zu messende Struktur eingebracht. Wenn die zu messende Struktur einer externen Vibration ausgesetzt wird, vibriert der Sensor mit der zu messenden Struktur zusammen, wodurch die Masse durch eine Trägheitskraft in Vibration versetzt wird, wodurch der erste Arm im Balkenkörper eine bestimmte Winkelverschiebung um das Drehelement herum erzeugt, so dass sich das Gittermessgerät durch Dehnung verformt, so dass die optischen Parameter des Gitters driften und die Beschleunigung der zu messenden Struktur durch den Driftbetrag der optischen Parameter demoduliert werden kann. In der vorliegenden Erfindung sind die Fasergitter in dem Gehäuse aufgehängt. Daher wird das Phänomen des Zwischerns des Gitters oder das Phänomen der Mehrfachspitzen der reflektierten Wellen nicht auftreten. Der zweite Arm ist über eine Masse mit der Blattfeder verbunden. Die Blattfeder ist ein relativ

groß dimensioniertes und steifes elastisches Element, das die seitliche Vibrationsstörung der Masse verringern kann, und die Störvibration in der Blattfeder wird durch die Masse gedämpft und dann an den zweiten Arm übertragen, so dass die vom zweiten Arm empfangene seitliche Vibrationsstörung stark verringert wird. Es verbessert die Messgenauigkeit der Vibrationsbeschleunigung in einer einzelnen Richtung, erhöht die Frequenzbandbreite und hat eine hohe Empfindlichkeit und einen Frequenzantwortbereich.

**[0008]** In einem zweiten Aspekt umfasst ein durch die vorliegende Erfindung bereitgestellter, optischer Faser-gitter-beschleunigungssensor ein Gehäuse, eine innerhalb des Gehäuses angeordnete Sensorkomponente und eine Recheneinheit; die Sensorkomponente umfasst:

eine Blattfeder, die mit dem Boden des Gehäuses verbunden ist, wobei die Blattfeder ein plattenartiges elastisches Element ist, das durch Übereinanderlegen mindestens einer Schicht aus Federstahl gebildet wird;

einen Balkenkörper mit einem ersten Arm und einem zweiten Arm, wobei der erste Arm und der zweite Arm durch ein Drehelement verbunden sind, das Drehelement an einer Seitenwand des Gehäuses befestigt ist, der zweite Arm mit der Oberseite der Blattfeder verbunden ist, die Länge der Blattfeder und des ersten Arms beide kleiner als die Länge des zweiten Arms sind;

ein über dem Balkenkörper aufgehängendes Lichtleitfasermessgerät, das ein Gittermessgerät und mit dem Gittermessgerät sowie mit der Recheneinheit verbundene Lichtleitfasern umfasst,

wobei die Recheneinheit die Beschleunigung der zu messenden Struktur gemäß dem Driftbetrag des optischen Parameters des Gittermessgeräts berechnet.

**[0009]** In dem zweiten Aspekt ist der zweite Arm ein langer Arm und eine Blattfeder ist mit der Unterseite des langen Arms verbunden. Die Blattfeder hat eine große Größe und Steifheit, die eine stabilere Unterstützung für den zweiten Arm bereitstellen und die seitliche Vibrationsstörung im zweiten Arm verringern kann. Es verbessert die Messgenauigkeit der Vibrationsbeschleunigung in einer einzelnen Richtung, erhöht die Frequenzbandbreite und hat eine hohe Empfindlichkeit und einen Frequenzantwortbereich.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0010]** Um die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung oder die technischen Lösungen im Stand der Technik klarer zu erläutern, werden die in den Ausführungsformen verwendeten Zeichnungen im Folgenden kurz vorgestellt. Offensichtlich sind folgende Zeichnungen nur ein Teil der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Der Fachmann können auch andere Ausführungsformen basierend auf diesen Zeichnungen ohne erfinderische Tätigkeit erhalten.

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines vorhandenen, optischen Faser-gitter-beschleunigungssensors;

Fig. 2 ist eine schematische Darstellung eines optisches Faser-gitter-beschleunigungssensors gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

Fig.3 ist ein äquivalentes Kraftmodell des in der ersten Ausführungsform gezeigten Sensors;

Fig.4 ist eine schematische Darstellung eines optisches Faser-gitter-beschleunigungssensors gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

Fig. 5 ist ein äquivalentes Kraftmodell des in der zweiten Ausführungsform gezeigten Sensors.

#### AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

**[0011]** Im Folgenden werden die technischen Lösungen in den Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen in den Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung klar und vollständig beschrieben. Die beschriebenen Ausführungsformen sind offensichtlich nur ein Teil der Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung, sondern nicht alle Ausführungsformen. Basierend auf den Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung sollen alle anderen Ausführungsformen, die von einem Durchschnittsfachmann ohne erfinderische Tätigkeit erhalten werden können, in den Schutzbereich der vorliegenden Anmeldung fallen.

**[0012]** Wie in Fig. 2 gezeigt, kann der in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung bereitgestellte, optische in eine zu messende Struktur eingebettet werden, um Beschleunigungsparameter der zu messenden Struktur zu messen. Der Sensor umfasst im Wesentlichen ein Gehäuse 1, eine Recheneinheit 3 und eine ist innerhalb des Gehäuses 1 angeordnete Sensorkomponente 2. Das Gehäuse 1 dient zum Verpacken der Sensorkomponente 2. Die Sensorkomponente 2 dient dazu, die Vibration der zu messenden Struktur in eine Änderung der Dehnung des Gitters umzuwandeln, weiterhin ändern sich auch die optischen Parameter des Gitters, das die Dehnung erzeugt. Der optische Parameter kann eine Wellenlänge, eine Frequenz, eine Phase, eine Polarisierung oder dergleichen sein. Verschiedene Arten von Gittern

können unterschiedliche optische Parameter aufweisen, die empfindlich auf Dehnungen reagieren. Für bestimmte Gitter kann beispielsweise ein Faser-Bragg-Gitter (Fiber Bragg Grating, FBG) ausgewählt werden. Die Recheneinheit 3 kann eine externe optische Signaldemodulationseinrichtung zum Demodulieren der erfassten optischen Parameter sein, um die Beschleunigung der zu testenden Struktur zu erhalten.

**[0013]** In Fig. 2 umfasst die Sensoranordnung 2 eine Blattfeder 21, die fest mit dem Boden des Gehäuses 1 verbunden ist, einen Balkenkörper 23, der mit der Oberseite der Blattfeder 21 verbunden ist, und ein Lichtleitfasermessgerät 24, das mit dem Balkenkörper 23 verbunden ist, das Lichtleitfasermessgerät 24 ist über dem Balkenkörper 23 aufgehängt.

**[0014]** Das Lichtleitfasermessgerät 24 umfasst ein Gittermessgerät 241, dessen optische Parameter sich ändern, wenn die zu testende Struktur vibriert, und Lichtleitfasern 242, die mit dem Gittermessgerät 241 bzw. der Recheneinheit 3 verbunden sind. Das Gittermessgerät 241 kann ein Gitter sein, das speziell zum Messen der Beschleunigung verwendet wird. In anderen möglichen Umsetzungsarten wird ein Gittermessgerät 241 durch direktes Gravieren des Gitters in den Kern der Lichtleitfaser 242 gebildet.

**[0015]** Der Balkenkörper 23 umfasst einen ersten Arm 231 und einen zweiten Arm 232. Der erste Arm 231 und der zweite Arm 232 sind durch ein Drehelement 233 verbunden. Das Drehelement 233 ist an einer Seitenwand des Gehäuses 1 befestigt. Das Ende A des ersten Arms 231 ist mit dem Gittermessgerät 241 verbunden. Wenn das Gitter in die Lichtleitfaser 242 eingraviert ist, ist das Ende A des ersten Arms 231 direkt mit der Lichtleitfaser 242 verbunden. In diesem Fall haben die Lichtleitfaser 242 und das Gitter die gleiche Verformung. Der Balkenkörper 23 ist ein L-förmiger Balken und der zweite Arm 232 ist parallel zu dem Lichtleitfasermessgerät 24 angeordnet. Um die Trägheit der Vibration des zweiten Arms 232 zu erhöhen, kann eine Masse 22 zusätzlich an dem Ende B des zweiten Arms 232 verbunden sein.

**[0016]** Das Gehäuse 1, die Blattfeder 21 und der zweite Arm 232 können optional als Ganzes durch Bolzen 25 verbunden sein, so dass das Gehäuse 1, die Blattfeder 21 und der Balkenkörper 23 eine Vibrationserfassungsübertragungsstruktur in der z-Richtung bilden. Die Blattfeder 21 wird als die Stützbasis der Vibrationserfassungsübertragungsstruktur verwendet, und die Vibrationserfassungsübertragungsstruktur ist durch Bolzen 25 starr verbunden, um eine Verschiebung der Vibrationserfassungsübertragungsstruktur in der Nicht-z-Richtung zu vermeiden, wenn sie einer externen Vibration ausgesetzt ist, wodurch die Genauigkeit der Beschleunigungsmessung verbessert und die Stabilität der Struktur sichergestellt wird. Darüber hinaus erleichtert diese Schraubverbindung das Entfernen und Ersetzen von Bauteilen. Das Gehäuse 1, die Blattfeder 21 und der zweite Arm 232 sind nicht darauf beschränkt, durch Bolzen verbunden zu werden, und es können auch andere starre Verbindungsverfahren verwendet werden, beispielsweise kann die Blattfeder 21 am Boden des Gehäuses 1 angeschweißt werden und der zweite Arm 232 kann an der Oberseite der Blattfeder 21 angeschweißt werden.

**[0017]** Die Anmelderin stellte in der praktischen Anwendung fest, dass, wenn eine gemeinsame Feder verwendet wird, um den zweiten Arm 232 zu stützen, die Federstütze für den zweiten Arm 232 aufgrund der geringen Größe und der elastischen Steifheit der Feder nicht stabil genug ist und die Feder sehr empfindlich gegenüber Vibrationen ist. Wenn die Vibration der zu messenden Struktur auf das Gehäuse 1 und dann über die Feder auf den zweiten Arm 232 übertragen wird, vibrieren der zweite Arm 232 und die Masse 22 in der z-Richtung auf und ab, und in der horizontalen Ebene treten seitliche Vibrationsstörungen auf. Das heißt, die Masse 22 erzeugt nicht nur eine Verschiebung  $\Delta x_1$  in der z-Richtung, sondern auch eine seitliche Verschiebung  $\Delta x_h$  aufgrund einer seitlichen Vibrationsstörung, die bewirkt, dass die Dehnung des Gittermessgeräts 241 ein Ergebnis der Interaktion von  $\Delta x_1$  und  $\Delta x_h$  ist. Die von dem Gittermessgerät 241 erzeugte Dehnung bewirkt eine Änderung der optischen Parameter, was zu einer Abweichung zwischen der durch die optischen Parameter demodulierten Beschleunigung und der durch die Vibration in z-Richtung tatsächlich erzeugten Beschleunigung führt, was zu einer ungenauen Berechnung der Beschleunigung in z-Richtung führt.

**[0018]** In dieser Hinsicht wird in dieser Ausführungsform eine Blattfeder 21 verwendet, um den zweiten Arm 232 abzustützen. Die Blattfeder 21 wird auch als blattförmige Feder bezeichnet und ist ein plattenförmiges elastisches Element, das durch Übereinanderlegen mindestens einer Schicht aus Federstahl gebildet wird. Die Blattfeder 21 kann mit einer großen Breite und Länge versehen werden und weist eine große elastische Steifheit auf. Die Abstützung der Blattfeder 21 an dem zweiten Arm 232 ist stabiler und die Fähigkeit, seitlichen Vibrationsstörungen zu widerstehen, ist stark. Da die Blattfeder 21 direkt mit dem zweiten Arm 232 verbunden ist, sollte die Länge der Blattfeder 21  $L_{bh}$  kürzer als die Länge des zweiten Arms 232  $L_2$  sein, um das Hindernis der Blattfeder 21 für den Betrieb des Drehelements 233 zu beseitigen. Somit ist sichergestellt, dass das Drehelement 233 auf natürliche Weise die Drehung des ersten Arms 231 unter dem Vibrationsantrieb des zweiten Arms 232 antreiben kann und die Dehnung des Gitters mit der tatsächlichen Vibration übereinstimmt, wodurch die Genauigkeit der Messung durch das Gittermessgerät 241 sichergestellt wird.

**[0019]** Die Länge  $L_{bh}$  der Blattfeder 21 beträgt vorzugsweise  $4/5$  der Länge  $L_2$  des zweiten Arms 232, das heißt, ein Längenunterschied von 0,2 ist vorbehalten. Diese Konstruktion kann nicht nur den flexiblen Betrieb des Drehelements 233 sicherstellen, sondern auch die Blattfeder 21 und der zweite Arm 232 eine größere Kontaktfläche haben, so dass der Einfluss von Störvibrationen weiter verringert werden kann. Die Blattfeder 21 kann an einer beliebigen Position am Boden des zweiten Arms 232 angeordnet sein, beispielsweise an einer Position am Boden des zweiten Arms 232 in der Nähe der Masse 22. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Blattfeder 21 in der Mitte des Bodens des zweiten Arms 232 angeordnet. Durch diese Anordnung kann die Blattfeder 21 den zweiten Arm 232 stabiler stützen und die Blattfeder 21 überträgt die Vibration gleichmäßiger und dadurch die seitliche Vibrationsstörung des zweiten Arms 232 und der Masse 22 wird weiter verringert und die Genauigkeit der Beschleunigungsmessung der Vibration in der z-Richtung

wird verbessert. In der ersten Ausführungsform ist die Länge des zweiten Arms 232  $L_2$  der Abstand zwischen der Achse C des Drehelements 233 und der Masse 22 (Ende B).

**[0020]** Wenn in der Umgebung, in der sich die zu messende Struktur befindet, eine Vibration auftritt, empfängt der Sensor die Kraft von der zu messenden Struktur. Die Kraft wird über das Gehäuse 1 und die Blattfeder 21 in dieser Reihenfolge auf den zweiten Arm 232 übertragen. Der zweite Arm 232 hat eine bestimmte Masse. Der zweite Arm 232 vibriert aufgrund der Trägheit, und die Vibration des zweiten Arms 232 treibt den ersten Arm 231 an, um eine bestimmte Winkelverschiebung um das Drehelement 233 zu erzeugen, was bewirkt, dass durch Dehnen eine Belastung für die Gittermessvorrichtung 241 erzeugt wird, und ferner bewirkt, dass die optischen Parameter des Gittermessgeräts 241 driften. Die Recheneinheit 3 kann die Beschleunigung der zu messenden Struktur gemäß dem Driftbetrag der optischen Parameter demodulieren.

**[0021]** Eine Komponente wie ein Lager und eine rotierende Welle usw. kann als das Drehelement 233 verwendet werden. In dieser Ausführungsform ist ein Lager bevorzugt. Das Lager wird verwendet, um einen mechanischen Drehkörper (d.h. den Balkenkörper 23) zu verbinden und abzustützen, kann den Reibungskoeffizienten während der Drehung des ersten Arms 231 verringern und die Drehgenauigkeit des ersten Arms 231 sicherstellen, wodurch die mechanische Empfindlichkeit des Balkenkörpers 23 verbessert ist und es ist vorteilhaft, den Vibrationsverlust im Übertragungsprozess zu reduzieren, wodurch die Messgenauigkeit des Sensors verbessert wird.

**[0022]** Fig. 3 stellt ein äquivalentes Kraftmodell des Sensors gemäß der ersten Ausführungsform dar. Die durch den zweiten Arm 232 erzeugte Verschiebung ist  $\Delta x_1$ . Die Verschiebung des Gitters im Gittermessgerät ist  $\Delta x_2$ . Die Länge des ersten Arms 231 ist  $L_1$ . Die Länge des zweiten Arms 232 ist  $L_2$ . Die Länge des ersten Arms 231  $L_1$  ist geringer als die Länge des zweiten Arms 232  $L_2$ , d. h. der erste Arm 231 ist ein kurzer Arm und der zweite Arm 232 ist ein langer Arm. Diese Konstruktion ermöglicht, dass die Verschiebung des zweiten Arms 232  $\Delta x_1$  kleiner als die Verschiebung des Gitters  $\Delta x_2$ , d. h. die Verformung des Gittermessgeräts 241, die durch Dehnung verursacht wird, wird reduziert, was der Durchführung einer Signalreduktionsverarbeitung entspricht, so dass der Sensor in die zu messende Struktur eingegraben werden kann, die starken Vibrationen ausgesetzt ist, wie z. B. Eisenbahnen und Tunnel. Somit ist die Verformung des Gitters im Gittermessgerät 241 begrenzt. Damit wird verhindert, dass das Gitter aufgrund übermäßiger Dehnung oder Biegung bricht.

**[0023]** Wie in Fig. 4 gezeigt, umfasst der in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung bereitgestellte, optische Faser-gitter-beschleunigungssensor im Wesentlichen ein Gehäuse 1, eine Recheneinheit 3 und eine innerhalb des Gehäuses 1 angeordnete Sensorkomponente 2. Das Gehäuse 1 dient zum Verpacken der Sensorkomponente 2. Die Sensorkomponente 2 dient dazu, die Vibration der zu messenden Struktur in eine Änderung der Dehnung des Gitters umzuwandeln, die optischen Parameter des Gitters, das die Dehnung erzeugt, werden sich ändern. Der optische Parameter kann eine Wellenlänge, eine Frequenz, eine Phase, eine Polarisation oder dergleichen sein. Verschiedene Arten von Gittern können unterschiedliche optische Parameter aufweisen, die empfindlich auf Dehnungen reagieren. Für bestimmte Gitter kann beispielsweise ein Faser-Bragg-Gitter (Fiber Bragg Grating, FBG) ausgewählt werden. Die Recheneinheit 3 kann eine externe optische Signaldemodulationseinrichtung zum Demodulieren der erfassten optischen Parameter sein, um die Beschleunigung der zu testenden Struktur zu erhalten.

**[0024]** In Fig. 4 umfasst die Sensorkomponente 2 eine Blattfeder 21, die mit dem Boden des Gehäuses 1 verbunden ist, eine Masse 22, die mit der Oberseite der Blattfeder 21 verbunden ist, einen Balkenkörper 23, der mit der Oberseite der Masse 22 verbunden ist, und ein Lichtleitfasermessgerät 24, das mit dem Balkenkörper 23 verbunden ist, das Lichtleitfasermessgerät 24 ist über dem Balkenkörper 23 aufgehängt.

**[0025]** Das Lichtleitfasermessgerät 24 umfasst ein Gittermessgerät 241, dessen optische Parameter sich ändern, wenn die zu testende Struktur vibriert, und Lichtleitfasern 242, die mit dem Gittermessgerät 241 bzw. der Recheneinheit 3 verbunden sind. In anderen möglichen Umsetzungsarten wird das Gitter in den Kern der Lichtleitfaser 242 direkt graviert. Der Balkenkörper 23 umfasst einen ersten Arm 231 und einen zweiten Arm 232. Der erste Arm 231 und der zweite Arm 232 sind durch ein Drehelement 233 verbunden. Das Drehelement 233 ist an einer Seitenwand des Gehäuses 1 befestigt, das dem Drehelement 233 abgewandte Ende (Ende B) des zweiten Arms 232 ist mit der Oberseite der Masse 22 verbunden, und das Ende A des ersten Arms 231 ist mit dem Gittermessgerät 241 verbunden. Wenn das Gitter in die Lichtleitfaser 242 eingraviert ist, ist das Ende A des ersten Arms 231 direkt mit der Lichtleitfaser 242 verbunden. In diesem Fall haben die Lichtleitfaser 242 und das Gitter gleiche Verformung.

**[0026]** Das Gehäuse 1, die Blattfeder 21, die Masse 22 und der zweite Arm 232 können optional als Ganzes durch Bolzen 25 verbunden sein, so dass das Gehäuse 1, die Blattfeder 21, die Masse 22 und der Balkenkörper 23 eine Vibrationserfassungsübertragungsstruktur in der z-Richtung bilden. Die Blattfeder 21 wird als die Stützbasis der Vibrationserfassungsübertragungsstruktur verwendet, und die Vibrationserfassungsübertragungsstruktur ist durch Bolzen 25 starr verbunden, um eine Verschiebung der Vibrationserfassungsübertragungsstruktur in der Nicht-z-Richtung zu vermeiden, wenn sie einer externen Vibration ausgesetzt ist, wodurch die Genauigkeit der Beschleunigungsmessung verbessert und die Stabilität der Struktur sichergestellt wird. Darüber hinaus erleichtert diese Schraubverbindung das Entfernen und Ersetzen von Bauteilen. Das Gehäuse 1, die Blattfeder 21, die Masse 22 und der zweite Arm 232 sind nicht darauf beschränkt, durch Bolzen verbunden zu werden, und es können auch andere starre Verbindungsverfahren verwendet werden, beispielsweise kann die Blattfeder 21 am Boden des Gehäuses 1 angeschweißt werden, die Masse 22 an der Oberseite der Blattfeder

21 angeschweißt werden, und das dem Drehelement 233 abgewandte Ende (Ende B) des zweiten Arms 232 an der Oberseite der Masse 22 angeschweißt werden.

**[0027]** Die Blattfeder 21, die Masse 22 und der zweite Arm 232 sind sequentiell von unten nach oben in der z-Richtung verbunden. Nachdem eine Kraft auf den in die zu messende Struktur eingebetteten Sensor ausgeübt ist, erzeugen die Blattfeder 21-Masse 22-Struktur eine Vibration (Resonanz) und die Blattfeder 21 hat die Eigenschaften gegen seitliche Vibrationsstörung, so dass die seitliche Vibrationsstörung der Masse 22, die direkt mit der Blattfeder 21 verbunden ist, verringert wird und die Masse 22 in z-Richtung auf und ab vibriert. Im Vergleich mit der Struktur, bei der die Blattfeder 21 direkt mit dem zweiten Arm 232 verbunden ist in der ersten Ausführungsform, tritt, nachdem die verbleibende seitliche Vibration der Blattfeder 21 auf die Masse 22 übertragen wurde in der zweiten Ausführungsform, ein gewisser Grad an Dämpfung auf. Auf diese Weise wird, wenn die Masse 22 eine Vibration auf den zweiten Arm 232 überträgt, die seitliche Vibrationsstörung, die von dem zweiten Arm 232 empfangen wird, weiter verringert. Das heißt, die seitliche Vibrationsstörung wird allmählich von unten nach oben gedämpft, die Dehnung des Gitters ergibt sich ungefähr aus der Verschiebung der Masse 22 in z-Richtung  $\Delta x_1$ . Infolgedessen wird die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Beschleunigungsmessung in der z-Richtung verbessert, und gleichzeitig kann die Blattfeder 21 auch die Empfindlichkeit und den Frequenzantwortbereich des Sensors verbessern.

**[0028]** Da der zweite Arm 232 und die Blattfeder 21 durch die Masse 22 verbunden sind, beeinflusst die Blattfeder 21 den Betrieb des Drehelements 233 nicht, so dass die Größe der Blattfeder 21 nicht besonders beschränkt sein kann. Je größer die Blattfeder 21 ist, desto größer ist ihre Steifheit und desto stabiler ist ihre Stützleistung, und desto stärker ist ihre Fähigkeit, seitlichen Vibrationsstörungen zu widerstehen. Die Länge der Blattfeder 21 ist kleiner oder gleich der Länge des Gehäuses 1, die Breite der Blattfeder 21 ist kleiner oder gleich der Breite des Gehäuses 1, die Höhe der Blattfeder 21 ist abhängig von der Anzahl der übereinanderliegenden Federstahlschichten, die Höhe der Blattfeder 21 ist geringer als die Höhe des Gehäuses 1. Die Länge und Breite des Gehäuses 1 sind die Innenabmessungen des Gehäuses 1, d.h. die Außenabmessungen abzüglich der Dicke des Gehäuses 1.

**[0029]** In der zweiten Ausführungsform ist vorzugsweise die Breite der Blattfeder 21 gleich der Breite des Gehäuses 1, und die Länge der Blattfeder 21 ist gleich der Länge des Gehäuses 1, was der Verwendung des Gehäuses 1 zur Begrenzung der Blattfeder 21 entspricht, so dass die Blattfeder 21 wirklich nur in der z-Richtung vibrieren kann, was die Bewegungsfreiheit der Blattfeder 21, der Masse 22 und des zweiten Arms 232 einschränkt. Diese Größenkonstruktion kann die seitliche Störung der Masse 22 vollständig beseitigen, wodurch die Abweichung der Beschleunigungsmessung weiter verringert wird und die Messgenauigkeit der Beschleunigung der Sensorvibration in einer einzigen Richtung verbessert wird.

**[0030]** Unter diesen kann das Drehelement 233 ein Lager und eine Drehwelle usw. annehmen. In dieser Ausführungsform ist ein Lager bevorzugt. Das Lager wird verwendet, um einen mechanischen Drehkörper (d.h. den Balkenkörper 23) zu verbinden und abzustützen, kann den Reibungskoeffizienten während der Drehung des ersten Arms 231 verringern und die Drehgenauigkeit des ersten Arms 231 sicherstellen, wodurch die mechanische Empfindlichkeit des Balkenkörpers 23 verbessert ist und es ist vorteilhaft, den Vibrationsverlust im Übertragungsprozess zu reduzieren, wodurch die Messgenauigkeit des Sensors verbessert wird.

**[0031]** Der Balkenkörper 23 nimmt einen L-förmigen Balken an, so dass der Balkenkörper 23 einem Hebelmechanismus entspricht und das Drehelement 233 einem Hebeldrehpunkt entspricht, wodurch ein dynamischer Ausgleichsmechanismus im Inneren des Gehäuses 1 hergestellt wird, um Vibrationen zu übertragen. Wie in Fig. 4 gezeigt, ist der zweite Arm 232 vertikal mit der Masse 22 verbunden, so dass der zweite Arm 232 in einem horizontalen Zustand gehalten wird. Das heißt, dass der zweite Arm 232 ein fester Arm ist. Auf diese Weise wird der zweite Arm 232 der Vibration in z-Richtung mit der Masse 22 ausgesetzt. Die Trägheitskraft der Vibration kann als Antriebskraft des Drehelements 233 verwendet werden, so dass das Drehelement 233 den ersten Arm 231 antreibt, um eine bestimmte Winkelverschiebung zu erzeugen. Das heißt, dass der erste Arm 231 ein Kraftarm ist. Dadurch wird das Gittermessgerät 241 gedehnt. Wenn das Lichtleitfasermessgerät 24 in einer Richtung parallel zum zweiten Arm 232 aufgehängt ist, wird das Gitter in dem Gittermessgerät 241 in der horizontalen Richtung verformt. Das Gitter in Fig. 4 wird nach links zur Dehnungserzeugung gezogen, so dass die Verschiebung der Masse 22 in z-Richtung  $\Delta x_1$  in die Verschiebung des Gitters in horizontaler Richtung  $\Delta x_2$  umgerechnet wird, wobei durch  $\Delta x_2$  die optischen Parameter des Gittermessgeräts 241 driften. Durch Demodulieren der optischen Parameter kann die Beschleunigung der zu messenden Struktur erhalten werden.

**[0032]** Fig. 5 ist ein äquivalentes Kraftmodell der in Fig. 4 gezeigten Sensorstruktur. Angenommen, der Elastizitätskoeffizient der Blattfeder 21 ist  $k_1$ , der Elastizitätsmodul der Lichtleitfaser 242 ist  $E_2$ , die laterale Fläche der Lichtleitfaser 242 ist  $A_2$  und die Länge zwischen den Fixpunkten A und M der Lichtleitfaser 242 ist L, dann ist der Elastizitätskoeffizient der Lichtleitfaser 242  $k_2 = E_2 \cdot A_2 / L$ . Die resultierende Kraft des Sensors ist F, die Verschiebung der Masse 22 in z-Richtung ist  $\Delta x_1$  und die Gesamtsteifigkeit k des Systems ist  $k = F / \Delta x_1$ . Die resultierende Kraft F kann in eine auf die Blattfeder 21 wirkende Komponente  $F_1$  und eine durch die Masse 22 auf den zweiten Arm 232 wirkende Komponente  $F_2$  zerlegt werden. Die Komponente  $F_1$  bewirkt eine Verschiebung  $\Delta x_1$  der Blattfeder 21 und der Masse 22. Nachdem der zweite Arm 232 die von der Masse 22 übertragene  $F_2$  empfangen hat, erzeugt er durch die Wirkung des L-förmigen Balkens in der Lichtleitfaser 242  $F_T$ .  $F_T$  bewirkt, dass das Gittermessgerät 241 eine Verschiebung  $\Delta x_2$  erzeugt. Das heißt, dass  $F_T$  eine Komponente von  $F_2$  ist. Da die Verschiebung des Gittermessgeräts 241 und der Masse 22 gering ist, wird angenommen, dass  $F_1$  und  $F_T$  stets senkrecht zur Wirkungslinie sind. Dann

$$F_1 = k_1 \Delta x_1$$

(1)

$$F_T = k_2 \Delta x_2$$

(2)

[0033] Nach dem Prinzip des Hebels und den geometrischen Eigenschaften des L-förmigen Balkens ist zu erhalten:

$$F_2 L_2 = F_T L_1$$

(3)

$$\frac{\Delta x_1}{L_2} = \frac{\Delta x_2}{L_1}$$

(4)

[0034] Dabei ist  $L_1$  die Länge des ersten Arms 231,  $L_2$  ist die Länge des zweiten Arms 232, die Länge  $L_2$  des zweiten Arms 232 ist der Abstand in x-Richtung zwischen der Achsenmitte C des Drehelements 233 und der Mittelachse LC der Masse 22. Die Länge  $L_2$  der zwei Arme 232 ist größer als Null, so dass ein Abstand in der x-Richtung zwischen der Masse 22 und dem Drehelement 233 besteht. Die Masse 22 wird den Betrieb des Drehelements 233 nicht beeinflussen. Weiter berechnet werden:

$$\Delta x_2 = \frac{L_1}{L_2} \Delta x_1$$

(5)

$$F_2 = \frac{L_1}{L_2} F_T = \frac{L_1}{L_2} k_2 \Delta x_2$$

(6)

[0035] Aus Formel (5) ist bekannt, wenn die Länge  $L_1$  des ersten Arms 231 größer ist als die Länge  $L_2$  des zweiten Arms 232, das heißt, wenn der erste Arm 231 ein langer Arm und der zweite Arm 232 ein kurzer Arm ist, kann der L-förmige Balken das Signal verstärken und dadurch die Messgenauigkeit des Sensors verbessern. Gesamtkraft  $F = F_1 + F_2$ . Dann ist zu erhalten:

$$k \Delta x_1 = k_1 \Delta x_1 + \frac{L_1}{L_2} k_2 \Delta x_2$$

(7)

[0036] Die Gesamtsteifigkeit  $k$  des Sensors kann durch die Formel (7) erhalten werden:

$$k = k_1 + k_2 \left( \frac{L_1}{L_2} \right)^2$$

(8)

[0037] Aus der Formel (8) ist bekannt, dass die Gesamtsteifigkeit  $k$  des Sensors mit den Elastizitätskoeffizienten der Blattfeder 21 und der Lichtleitfaser 242 sowie der Armlänge des L-förmigen Balkens zusammenhängt. In dieser Ausführungsform ist das Gitter in dem Gittermessgerät 241 ein Faser-Bragg-Gitter (Fiber Bragg Grating, FBG). Ohne Berücksichtigung des Einflusses der Temperatur haben die Mittenwellenlänge und die Dehnung des Faser-Bragg-Gitters eine lineare Beziehung. Angenommen, die Dehnung des Faser-Bragg-Gitters ist  $\varepsilon$ , der Versatz der Blattfeder 21 ist  $\rho$ ,  $\rho = F / k = ma / k$ ,  $m$  ist die Masse der Masse 22, die Einheit ist Kg und die Beschleunigung der zu messenden Struktur ist  $a$ :

$$\varepsilon = \frac{L_1}{L_2} \rho = \frac{L_1}{L_2} \frac{ma}{k}$$

(9)

[0038] Die Dehnungserfassungseigenschaften eines Faser-Bragg-Gitters sind:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_B} = (1 - P_e) \varepsilon$$

(10)

**[0039]** Darunter ist  $\Delta\lambda$  der Wellenlängendriftbetrag des Gittermessgeräts 241,  $\lambda_B$  ist die Anfangswellenlänge des Gittermessgeräts 241,  $P_e$  ist der effektive Elastizitätskoeffizient der  $P_e$  242 und der Wert von  $P_e$  ist im Allgemeinen 0,22. Dann ist die Beziehung zwischen der Beschleunigung  $a$  der zu messenden Struktur und dem Wellenlängendriftbetrag  $\Delta\lambda$ :

$$\Delta\lambda = \lambda_B (1 - P_e) \varepsilon = \lambda_B (1 - P_e) \frac{L_1}{L_2} \frac{ma}{k}$$

(11)

**[0040]** Nach dem Empfang des Erfassungssignals von dem Gittermessgerät 241 kann die Recheneinheit 3 die Beschleunigung  $a$  der zu messenden Struktur aufgrund von dem Wellenlängenverschiebungsbetrag  $\Delta\lambda$  gemäß Formel (11) berechnen, der die Beschleunigung ist, die dem Vibrationssignal in der z-Richtung entspricht.

**[0041]** Die Empfindlichkeit des Sensors S ist der Wellenlängendriftbetrag pro Beschleunigungseinheit. Die Empfindlichkeit S ist in Formel (12) gezeigt:

$$S = \frac{\Delta\lambda}{a} = \frac{\lambda_B (1 - P_e) \frac{L_1}{L_2} \frac{ma}{k}}{a} = \lambda_B (1 - P_e) \frac{L_1}{L_2} \frac{m}{k_1 + k_2 \left(\frac{L_1}{L_2}\right)^2}$$

(12)

**[0042]** Die Resonanzfrequenz des Sensors  $\omega_n$  ist in Formel (13) gezeigt:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{k_1 L_2^2 + k_2 L_1^2}{m L_2^2}}$$

(13)

**[0043]** In dieser Ausführungsform ist die Länge  $L_1$  des ersten Arms 231 größer als die Länge  $L_2$  des zweiten Arms 232, das heißt, der erste Arm 231 ist ein langer Arm und der zweite Arm 232 ist ein kurzer Arm. Der Sensor ist im Inneren der zu messende Struktur angeordnet, wo externe Vibrationen relativ schwach ausgesetzt sind. Beispielsweise ist in der mikroseismischen Überwachungsszene der Erzstruktur der optische Faser-gitter-beschleunigungssensor in die Erzstruktur eingebettet, in der mikroseismische Aktivität auftritt. Aus der obigen Formel (5) ist bekannt, wenn die Länge  $L_1$  des ersten Arms 231 größer als die Länge  $L_2$  des zweiten Arms 232 ist, kann der L-förmige Balken das Signal verstärken, wodurch das schwache externe Vibrationssignal im Inneren des Sensors verstärkt wird, und da der Sensor der zweiten Ausführungsform die seitliche Vibrationsstörung beseitigt, wird das Vibrationssignal in der z-Richtung verstärkt und wird das Störungsschwingungssignal in der Nicht-Z-Richtung nicht verstärkt. Daher kann für die zu messende Struktur, die von Mikroseismik betroffen ist, auch die Genauigkeitsmessung der Schwingungsbeschleunigung in einer einzelnen Richtung verbessert werden.

**[0044]** Aus den Formeln (12) und (13) ist bekannt, wenn die Länge  $L_1$  des ersten Arms 231 länger als die Länge  $L_2$  des zweiten Arms 232 ist, können die Empfindlichkeit S und Resonanzfrequenz  $\omega_n$  des Sensors erhöht werden, wodurch die Leistung des Sensors weiter verbessert wird. Zusätzlich ist in der vorliegenden Erfindung das Lichtleitfasermessgerät 24 in dem Gehäuse 1 aufgehängt, das Phänomen des Zwitscherns des Gitters oder das Phänomen der Mehrfachspitzen der reflektierten Wellen wird nicht auftreten, es hat eine gute Fähigkeit, seitlichen Störungen zu widerstehen, was die Messgenauigkeit der Vibrationsbeschleunigung in einer einzigen Richtung verbessert.

**[0045]** Die gleichen Teile in der ersten Ausführungsform und der zweiten Ausführungsform können sich aufeinander beziehen.

**[0046]** Fachleute werden ohne weiteres andere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung in Betracht ziehen, nachdem sie die Beschreibung betrachtet und die hier offenbarte Erfindung ausgeführt haben. Diese Anmeldung soll alle Variationen, Verwendungen oder Anpassungen der vorliegenden Erfindung abdecken. Diese Variationen, Verwendungen oder Anpassungen folgen den allgemeinen Prinzipien der vorliegenden Erfindung und umfassen das allgemeine Wissen oder herkömmliche technische Mittel auf dem technischen Gebiet, das nicht durch die vorliegende Erfindung offenbart ist.

Es ist beabsichtigt, dass die Beschreibung und die Ausführungsformen nur als beispielhaft angesehen werden, wobei der geltende Umfang und Geist der Erfindung durch die beigefügten Ansprüche angegeben wird.

[0047] Es versteht sich, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die konkrete Struktur beschränkt ist, die oben beschrieben und in den Zeichnungen gezeigt wurde, und dass verschiedene Modifikationen und Änderungen vorgenommen werden können, ohne von deren Umfang abzuweichen. Der Umfang der Erfindung ist nur durch die beigefügten Ansprüche begrenzt.

#### Bezugszeichenlist

[0048]

|     |                         |
|-----|-------------------------|
| 1   | Gehäuse                 |
| 2   | Sensorkomponente        |
| 21  | Blattfeder              |
| 22  | Masse                   |
| 23  | Balkenkörper            |
| 231 | erster Arm              |
| 232 | zweiter Arm             |
| 233 | Drehelement             |
| 24  | Lichtleitfasermessgerät |
| 241 | Gittermessgerät         |
| 242 | Lichtleitfaser          |
| 25  | Bolzen                  |
| 3   | Recheneinheit           |

#### Patentansprüche

1. Optischer Faser-gitter-beschleunigungssensor, gekennzeichnet durch ein Gehäuse (1), eine innerhalb des Gehäuses (1) angeordnete Sensorkomponente (2) und eine Recheneinheit (3); wobei die Sensorkomponente (2) umfasst: eine Blattfeder (21), die mit dem Boden des Gehäuses (1) verbunden ist, wobei die Blattfeder (21) ein plattenartiges elastisches Element ist, das durch Übereinanderlegen mindestens einer Schicht aus Federstahl gebildet wird; eine Masse (22), die mit der Oberseite der Blattfeder (21) verbunden ist; einen Balkenkörper (23) mit einem ersten Arm (231) und einem zweiten Arm (232), wobei der erste Arm (231) und der zweite Arm (232) durch ein Drehelement (233) verbunden sind, das Drehelement (233) an einer Seitenwand des Gehäuses (1) befestigt ist, das dem Drehelement (233) abgewandte Ende des zweiten Arms (232) mit der Oberseite der Masse (22) verbunden ist; ein über dem Balkenkörper (23) aufgehängendes Lichtleitfasermessgerät (24), das ein Gittermessgerät (241) und mit dem Gittermessgerät (241) sowie mit der Recheneinheit (3) verbundene Lichtleitfasern (242) umfasst, wobei die Recheneinheit (3) konfiguriert ist, die Beschleunigung der zu messenden Struktur gemäß dem Driftbetrag des optischen Parameters des Gittermessgeräts (241) zu berechnen.
2. Optischer Faser-gitter-beschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge des ersten Arms (231) größer ist als die Länge des zweiten Arms (232).
3. Optischer Faser-gitter-beschleunigungssensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Recheneinheit (3) die Beschleunigung der zu messenden Struktur gemäß folgender Formel berechnet:

$$\Delta\lambda = \lambda_B (1 - P_e) \frac{L_1}{L_2} \frac{ma}{k}$$

in der Formel,  $\Delta\lambda$  ist der Wellenlängendriftbetrag des Gittermessgeräts (241),  $\lambda_B$  ist die Anfangsmittenwellenlänge des Gittermessgeräts (241),  $P_e$  ist der effektive Elastizitätskoeffizient der Lichtfasern (242),  $m$  ist die Masse der Masse (22), die Einheit ist Kg,  $k$  ist die Gesamtsteifigkeit des optischen Faser-gitter-beschleunigungssensors,  $a$  ist die Beschleunigung der zu messenden Struktur,  $L_1$  ist die Länge des ersten Arms (231),  $L_2$  ist die Länge des zweiten Arms (232);

die Gesamtsteifigkeit des optischen Faser-gitter-beschleunigungssensors  $k$  beträgt:

$$k = k_1 + k_2 \left( \frac{L_1}{L_2} \right)^2$$

in der Formel,  $k_1$  ist der Elastizitätskoeffizient der Blattfeder (21),  $k_2$  ist der Elastizitätskoeffizient der Lichtleitfasern (242).

4. Optischer Faser-gitter-beschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Balkenkörper (23) ein L-förmiger Balken ist und der zweite Arm (232) parallel zum Lichtleitfasermessgerät (24) angeordnet ist.

5. Optischer Faser-gitter-beschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Drehelement (233) ein Lager ist.
6. Optischer Faser-gitter-beschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite der Blattfeder (21) gleich der Breite des Gehäuses (1) ist und die Länge der Blattfeder (21) gleich der Länge des Gehäuses (1) ist.
7. Optischer Faser-gitter-beschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (1), die Blattfeder (21), die Masse (22) und der zweite Arm (232) durch Bolzen (25) miteinander verbunden sind.
8. Optischer Faser-gitter-beschleunigungssensor, gekennzeichnet durch ein Gehäuse (1), eine innerhalb des Gehäuses (1) angeordnete Sensorkomponente (2) und eine Recheneinheit (3); wobei die Sensorkomponente (2) umfasst:  
eine Blattfeder (21), die mit dem Boden des Gehäuses (1) verbunden ist, wobei die Blattfeder (21) ein plattenartiges elastisches Element ist, das durch Übereinanderlegen mindestens einer Schicht aus Federstahl gebildet wird;  
einen Balkenkörper (23) mit einem ersten Arm (231) und einem zweiten Arm (232), wobei der erste Arm (231) und der zweite Arm (232) durch ein Drehelement (233) verbunden sind, das Drehelement (233) an einer Seitenwand des Gehäuses (1) befestigt ist, der zweite Arm (232) mit der Oberseite der Blattfeder (21) verbunden ist, die Länge der Blattfeder (21) und des ersten Arms (231) beide kleiner als die Länge des zweiten Arms (232) sind;  
ein über dem Balkenkörper (23) aufgehängendes Lichtleitfasermessgerät (24), das ein Gittermessgerät (241) und mit dem Gittermessgerät (241) sowie mit der Recheneinheit (3) verbundene Lichtleitfasern (242) umfasst,  
wobei die Recheneinheit (3) konfiguriert ist, die Beschleunigung der zu messenden Struktur gemäß dem Driftbetrag des optischen Parameters des Gittermessgeräts (241) zu berechnen.
9. Optischer Faser-gitter-beschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Blattfeder (21) 4/5 der Länge des zweiten Arms (232) beträgt.
10. Optischer Faser-gitter-beschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Blattfeder (21) in der Mitte des Bodens des zweiten Arms 232 angeordnet ist.

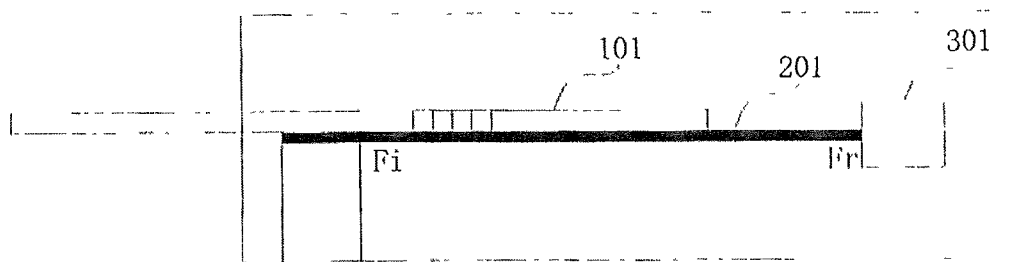


Fig. 1

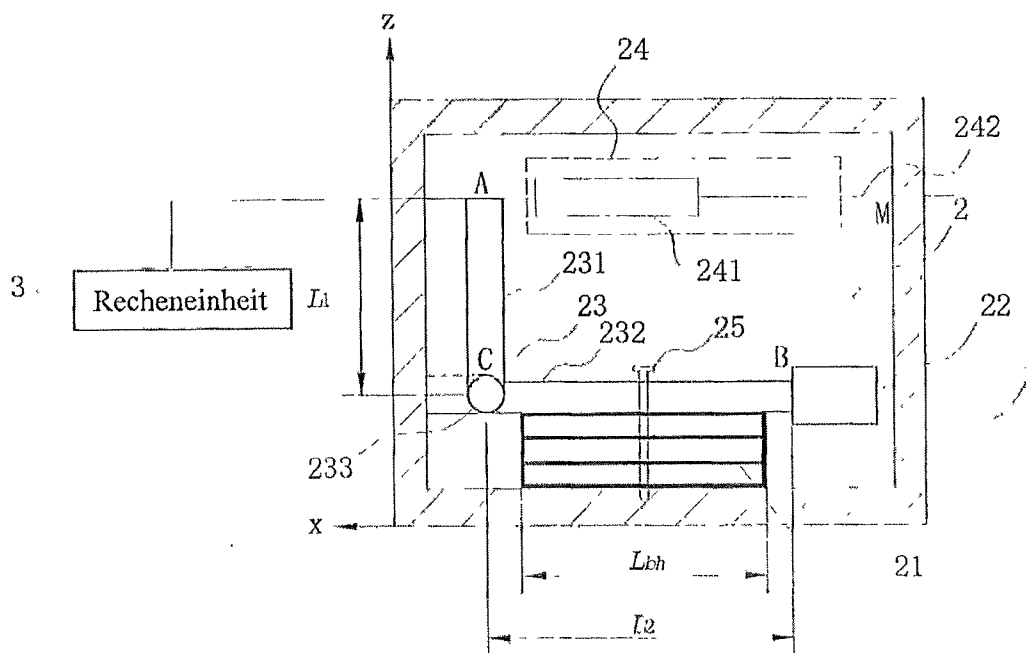


Fig. 2

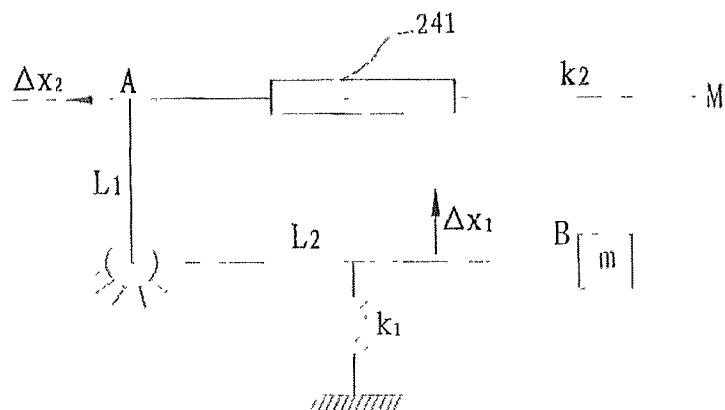


Fig. 3

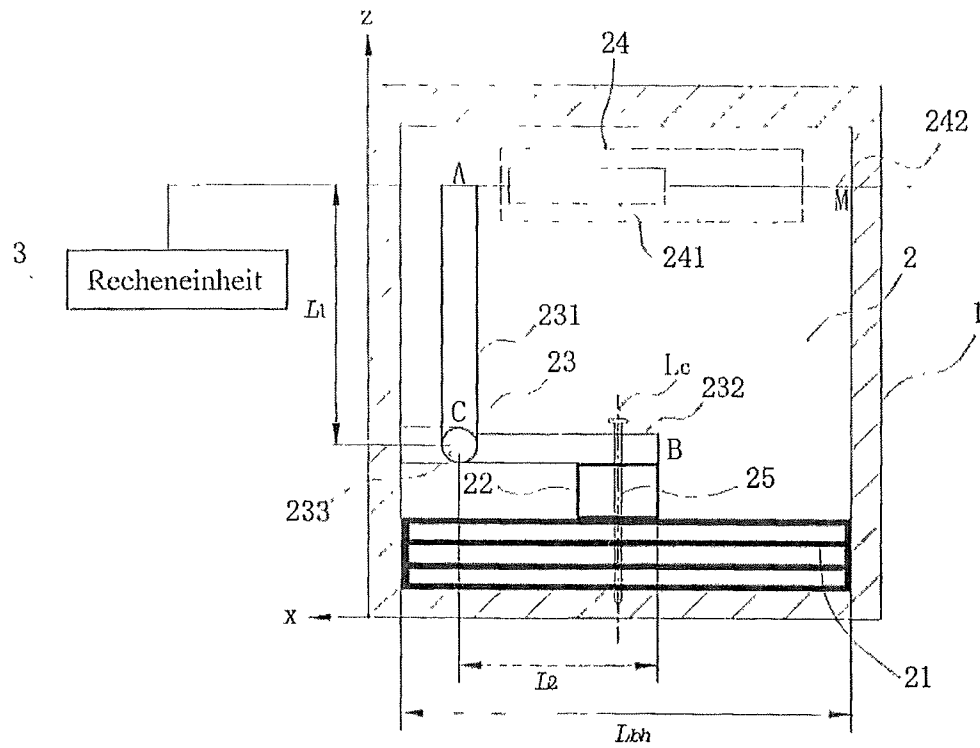


Fig. 4

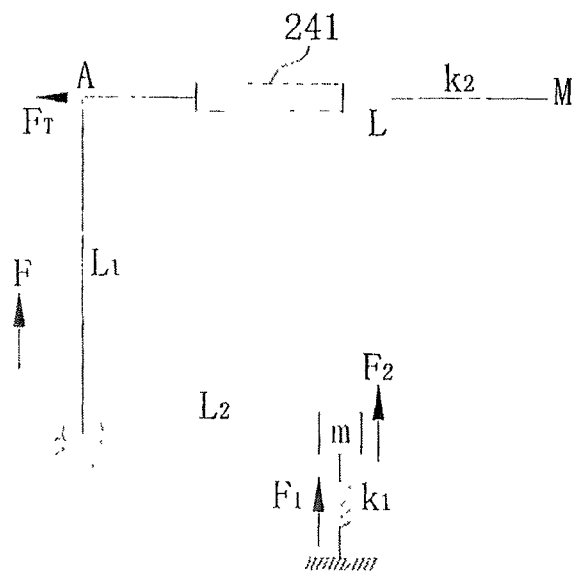


Fig. 5