



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **282 530 A5**

5(51) G 01 P 15/125

PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP G 01 P / 327 879 3 (22) 24.04.89 (44) 12.09.90

(71) siehe (73)  
 (72) Dittmann, Mathias, Dipl.-Ing.; Küttner, Bernd, Dr.-Ing.; Leyffer, Wolfgang, Dr. rer. nat.; Lorenz, Peter, Dipl.-Ing.; Rauch, Manfred, Prof. Dr. sc.; Wagner, Thomas, Dipl.-Ing.; Wetzels, Martin, Dipl.-Ing., DD  
 (73) Technische Universität Karl-Marx-Stadt, PSF 964, Karl-Marx-Stadt, 9010, DD

(54) **Kapazitiver mikromechanischer Beschleunigungssensor**

(55) Kapazitätsänderung; Beschleunigungssensor; Mikromechanik; Anschlagdeckel; Federteil; Elektrodendeckel; seismische Masse  
 (57) Die Erfindung betrifft einen kapazitiv arbeitenden und nach mikromechanischer Fertigungstechnologie hergestellten Beschleunigungssensor. Er ist überall dort anwendbar, wo Beschleunigungen an Maschinen, Geräten und Bauteilen ermittelt und daraus Steuerfunktionen abgeleitet werden müssen. Aufgabe der Erfindung ist es, einen Beschleunigungssensor zu schaffen, mit dem eine schnelle Eindeutigkeit der Nullstellung erreicht wird, der eine minimale Schwingungsneigung aufweist und der sich durch hohe Empfindlichkeit und Richtungsstabilität auszeichnet. Der erfindungsgemäße Beschleunigungssensor besteht aus Anschlagdeckel (1), welcher einseitig symmetrisch eine Vertiefung besitzt, in der Erhöhungen vorhanden sind, einem Federteil, das beidseitig ganz oder teilweise mit einer elektrisch leitfähigen Schicht versehen ist und aus Rahmen (2c), Federn (2a) und seismischer Masse (2b) besteht, wobei jede Feder (2a) die Form eines Polygonzuges hat, dessen Strecken sich gegenseitig weder berühren noch schneiden und stets den gleichen Drehsin beibehalten, wobei mittig des Federteils eine seismische Masse (2b) angeordnet ist, die bezüglich ihres Masseschwerpunktes an mindestens 2 Federn (2a) aufgehängt ist und einem Elektrodendeckel (3), der einseitig symmetrisch mit einer Festelektrode (4), die mit einer elektrisch nicht leitfähigen Schicht (5) abgedeckt ist, versehen ist. Fig. 1

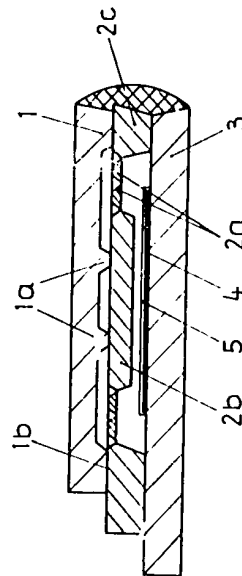


Fig. 1

**Patentansprüche:**

1. Kapazitiver mikromechanischer Beschleunigungssensor, bestehend aus Anschlagdeckel, Federteil und Elektrodendeckel, der nach mikromechanischer Fertigungstechnologie und Ätztechnik hergestellt ist und dessen Einzelteile mit Hilfe einer anodischen Verbindungstechnik durch Anlegen einer elektrischen Spannung bei erhöhter Temperatur oder durch geeignete Klebverfahren verbunden werden, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Anschlagdeckel (1) einseitig, symmetrisch teilweise eine Vertiefung besitzt, in der Erhöhungen vorhanden sind, daß das beidseitig ganz oder teilweise mit einer elektrisch leitfähigen Schicht beschichtete Federteil, welches aus Rahmen (2 c), Federn (2 a) und seismischer Masse (2 b) besteht, wobei jede Feder in Form eines ebenen Polygonzuges, der aus einer Folge von n geradlinigen Strecken  $l_1, l_2, \dots, l_n$  besteht, ausgebildet ist, wobei der Anfangspunkt der Strecke  $l_{k+1}$  mit dem Endpunkt der Strecke  $l_k$  übereinstimmt (für  $k = 1, 2, 3, \dots, n - 1$ ) und man den Richtungssinn der Strecke  $l_{k+1}$  aus der Strecke  $l_k$  dadurch gewinnt, daß man die Strecke  $l_k$  um einen gerichteten konstanten Winkel dreht, wobei das Drehzentrum der gemeinsame Punkt von  $l_k$  und  $l_{k+1}$  ist, daß der Drehwinkel für den gesamten Polygonzug konstant bleibt und die einzelnen Polygonstrecken sich gegenseitig weder durchdringen noch berühren, daß mittig des Federteils als Funktionselement eine seismische Masse (2 b) angeordnet ist, die bezüglich ihres Masseschwerpunktes an mindestens 2 Federn (2 a) aufgehängt ist, die mit dem Rahmen (2 c) des Federteils verbunden sind, wobei die seismische Masse (2 b) gegenüber dem Rahmen (2 c) des Federteils ein geringeres Niveau aufweist, oder daß mittig des Federteils als Funktionselement über eine geschlossene oder mit Durchbrüchen versehene dünnwandige Folie die seismische Masse (2 b) mit dem Rahmen (2 c) des Federteils verbunden ist, daß der Elektrodendeckel (3) einseitig symmetrisch mit einer Festelektrode (4), die mit einer elektrisch nicht leitenden Schicht (5) abgedeckt ist, versehen ist.
2. Kapazitiver Beschleunigungssensor nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Rand (1 b) des Anschlagdeckels (1) gegenüber den Erhöhungen (1 a) ein geringeres Niveau aufweist.
3. Kapazitiver Beschleunigungssensor nach Anspruch 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Erhöhungen (1 a) aus mindestens 3 Höckern, die vorzugsweise auf einer Kreisbahn bezüglich der Mittelachse der seismischen Masse (2 b) in gleichmäßigen Abständen zueinander angeordnet sind oder aus 2 Schienen bestehen, wobei die Erhöhungen (1 a) gegenüber der seismischen Masse (2 b) angeordnet sind.
4. Kapazitiver Beschleunigungssensor nach Anspruch 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß die federnd aufgehängte seismische Masse (2 b) die gleiche Dicke wie das Federteil besitzt und sich im Elektrodendeckel (3) symmetrisch eine grubenförmige Vertiefung befindet, auf deren Grund die Festelektrode (4) angeordnet ist.
5. Kapazitiver Beschleunigungssensor nach Anspruch 1 bis 4, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Bauteile Anschlagdeckel (1) und Federteil unter Vorspannung der seismischen Masse (2 b) gefügt sind.
6. Kapazitiver Beschleunigungssensor nach Anspruch 1 bis 5, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Bauteile Anschlagdeckel (1), Federteil und Elektrodendeckel (3) durch die in den Seiten vorhandenen Einbettungen gefügt werden.
7. Kapazitiver Beschleunigungssensor nach Anspruch 1–6, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Außenflächen von Anschlagdeckel (1) und Elektrodendeckel (3) mit einer elektrisch leitfähigen Schicht versehen sind und beide Potentiale elektrisch miteinander verbunden sind.
8. Kapazitiver Beschleunigungssensor nach Anspruch 1 bis 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Anschlagdeckel (1), das Federteil und der Elektrodendeckel (3) aus Silizium, Glas oder Keramik bestehen.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

**Anwendungsgebiet der Erfindung**

Die Erfindung betrifft einen kapazitiv arbeitenden und nach mikromechanischer Fertigungstechnologie hergestellten Beschleunigungssensor, der zur Umwandlung von auf ihn wirkenden Beschleunigungen in elektrische Signale dient. Er ist überall dort anwendbar, wo Beschleunigungen von Maschinen, Geräten und Bauteilen ermittelt und daraus Steuerfunktionen abgeleitet werden müssen. Solche Beschleunigungssensoren sind unter anderem für den Einsatz in der Konsumgüterindustrie sowie im Werkzeug- und Textilmaschinenbau und Fahrzeugbau geeignet.

### Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Beschleunigungssensoren gemäß dem Oberbegriff „Kapazitiver mikromechanischer Beschleunigungssensor mit mikromechanischer Fertigungstechnologie“ sind bekannt. Ein solcher Beschleunigungssensor ist durch die DE-OS 3223987 offengelegt. Dieser weist eine Klappe auf, die an einem Träger über zwei Torsionshalterungen befestigt ist, die symmetrisch und in Verlängerung einer Kante der Klappe angeordnet sind. Das Messen der Beschleunigung erfolgt durch Messen der entsprechenden Änderung der Kapazität zwischen Klappe und der Elektrode. Ein derartiger Sensor erzeugt eine Kapazitätsänderung, die eine relativ komplizierte Funktion der Beschleunigung ist, weil sich der Luftspalt zwischen Klappe und der Elektrode nur keilförmig ändert. Ferner sind bei dieser Torsionsaufhängung relativ große Querempfindlichkeiten zu erwarten.

Ein weiterer Beschleunigungssensor ist durch die DE-OS 3625411 bekannt. Dieser weist eine Beschleunigungsplatte mit einer geraden Anzahl von symmetrisch bezüglich der Mittelebene zwischen Ober- und Unterseite der Beschleunigungsplatte angeordneten Biegebändern auf. Die Beschleunigungsplatte selbst oder auf ihrer Ober- und Unterseite flächenhaft aufgebrachte Leiter bilden die einen Elektroden von zwei Plattenkondensatoren. Die Gegenelektroden sind auf gegenüberliegenden Flächen von Deckplatten angeordnet. Dieser Sensor ermöglicht eine parallele Annäherung bzw. Entfernung der Kondensatorflächen und damit eine gegenläufige Veränderung der Plattenkapazität der beiden Kondensatoren. Diese Anordnung neigt durch die federnde Mittellage der Beschleunigungsplatte zu unerwünschten Schwingungen. Durch die relativ starre räumliche Anordnung der Biegebänder an der Ober- und Unterseite der Beschleunigungsplatte lassen sich geringe Beschleunigungen nur bedingt messen.

### Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist es, einen kleinen robusten richtungsabhängigen Beschleunigungssensor für Geräte und Maschinen zu schaffen, um diese in ihrer Funktion zu steuern oder um Gefahrensituationen zu signalisieren, der in großen Stückzahlen billig hergestellt werden kann.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung ist es, einen Beschleunigungssensor zu schaffen, mit dem eine schnelle Eindeutigkeit der Nullstellung erreicht wird, der nur eine minimale Schwingungsneigung aufweist und der durch hohe Empfindlichkeit und Richtungsstabilität ausgezeichnet.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem kapazitiv arbeitenden mikromechanischen Beschleunigungssensor gelöst, der aus den Einzelteilen Anschlagdeckel, Federenteil und Elektrodendeckel besteht. Der Anschlagdeckel besitzt einseitig symmetrisch teilweise eine Vertiefung, in der Erhöhungen vorhanden sind, wobei die Erhöhungen aus mindestens 3 Höckern, die vorzugsweise auf einer Kreisbahn in gleichmäßigen Abständen zueinander angeordnet sind oder aus 2 Schienen bestehen und so angebracht sind, daß sie gegenüber der seismischen Masse angeordnet sind.

Das beidseitig ganz oder teilweise mit einer elektrisch leitfähigen Schicht beschichtete Federenteil, welches aus Rahmen, Federn und seismischer Masse besteht, wobei jede Feder in Form eines ebenen Polygonzuges, der aus einer Folge von  $n$  geradlinigen Strecken  $l_1, l_2, \dots, l_n$  besteht, ausgebildet ist, wobei der Anfangspunkt der Strecke  $l_{k+1}$  mit dem Endpunkt der Strecke  $l_k$  für  $k = 1, 2, 3, \dots, n-1$  übereinstimmt und der Richtungssinn der Strecke  $l_{k+1}$  aus der Strecke  $l_k$  dadurch gewonnen wird, indem man die Strecke  $l_k$  um einen gerichteten konstanten Winkel dreht, wobei das Drehzentrum der gemeinsame Punkt von  $l_k$  und  $l_{k+1}$  ist. Der Drehwinkel bleibt für den gesamten Polygonzug konstant, wobei sich die einzelnen Polygonstrecken gegenseitig weder durchdringen noch berühren. Mittig des Federteils ist als Funktionselement eine seismische Masse angeordnet, die bezüglich ihres Masseschwerpunktes an mindestens 2 Federn aufgehängt ist, die mit dem Rahmen des Federteils verbunden sind, wobei die seismische Masse gegenüber dem Rahmen des Federteils ein geringeres Niveau aufweist. Anstelle der Federn ist es möglich, als Funktionselement eine geschlossene oder mit Durchbrüchen versehene dünnwandige Folie zu verwenden, die den Rahmen mit der seismischen Masse verbindet. Der Elektrodendeckel ist einseitig symmetrisch mit einer Festelektrode versehen, die mit einer elektrisch nicht leitenden Schicht aufgedeckt ist. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, daß der Rand des Anschlagdeckels gegenüber den Erhöhungen ein geringeres Niveau aufweist. Damit ist es möglich, die Bauteile Anschlagdeckel und Federenteil unter Vorspannung der seismischen Masse zu fügen. Weiterhin besteht die Möglichkeit, daß die seismische Masse die gleiche Dicke wie das Federenteil besitzt und dafür der Elektrodendeckel symmetrisch mit einer grubenförmigen Vertiefung versehen ist, auf dessen Grund sich die Festelektrode befindet. Damit ist es möglich, den Sensor an bestimmte Beschleunigungsfälle anzupassen sowie seine Empfindlichkeit zu variieren. Um den Beschleunigungssensor gegen äußere elektrische Felder unempfindlich zu machen bzw. abzuschirmen, sind die Außenflächen von Anschlagdeckel und Elektrodendeckel mit einer elektrisch leitfähigen Schicht versehen und beide Potentiale miteinander verbunden. Die Einzelteile des kapazitiven Beschleunigungssensors bestehen vorteilhafterweise aus Glas, Keramik oder Silizium und werden vorzugsweise nach einer mikromechanischen Fertigungstechnologie und Ätztechnik hergestellt und mit Hilfe einer anodischen Verbindungstechnik durch Anlegen einer äußeren elektrischen Spannung bei erhöhter Temperatur gefügt oder durch geeignete Klebverfahren verbunden. Beim Kleben werden die an den Stirnseiten des Anschlagdeckels, des Federteils und des Elektrodendeckels vorhandenen und technologisch bedingten Einbettungen genutzt, um eine stabile Verbindung zu erzielen, indem diese mit dem Klebmedium ausgefüllt werden. Durch die Anordnung der zentral an speziellen Federn aufgehängten seismischen Masse besitzt der erfindungsgemäße Beschleunigungssensor eine hohe Empfindlichkeit, die von bekannten Sensoren nicht erreicht wird. Der einseitige Anschlag der seismischen Masse bedingt eine genaue Nullpunktage derselben, die sehr schnell erreicht wird, da durch die Vorspannung der seismischen Masse praktisch keine Schwingungsneigung auftritt.

### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.  
In den dazugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: Schnitt durch erfindungsgemäßen Beschleunigungssensor mit polygonzugähnlichen Federn

Fig. 2: Schnitt durch erfindungsgemäßen Beschleunigungssensor anderer Ausführung

Fig. 3: Ansicht Federteil mit polygonzugähnlichen Federn, die in L-Form ausgebildet sind.

Der erfindungsgemäße Beschleunigungssensor besteht entsprechend Fig. 1 und Fig. 2 aus einem Anschlagdeckel 1 mit auf der Innenseite angeordneten Höckern 1 a, einem Federteil mit einer an diesem zentrisch angeordneten seismischen Masse 2 b, die über Federn 2 a mit dem Rahmen 2 c verbunden ist und einem Elektrodendeckel 3, der einseitig mit einer Festelektrode 4 versehen ist, die mit einer elektrisch nicht leitenden Schicht 5 verdeckt ist. Die Höcker 1 b im Anschlagdeckel 1 sind so angeordnet, daß sie für die seismische Masse 2 b eine 3-Punkt-Auflage bilden. Die Auflagefläche ist dabei möglichst klein zu halten. Das Federteil besteht aus Rahmen 2 c, Federn 2 a und seismischer Masse 2 b und ist beidseitig mit einer elektrisch leitfähigen Schicht versehen. Die Federn 2 a ähneln einem Polygonzug mit konstanter Dicke, der aus den Strecken  $l_1$  und  $l_2$  besteht, wobei der Endpunkt der Strecke  $l_1$  mit dem Anfangspunkt der Strecke  $l_2$  übereinstimmt und der Richtungssinn der Strecke  $l_2$  aus der Strecke  $l_1$  dadurch gewonnen wird, indem man die Strecke  $l_2$  um den gerichteten Winkel  $\alpha = +90^\circ$  dreht, wobei das Drehzentrum der gemeinsame Punkt von  $l_1$  und  $l_2$  ist. Die seismische Masse 2 b wird über 4 dieser L-förmigen Federn 2 a, die die 4 Ecken der quadratisch ausgeführten seismischen Masse 2 b mit dem Rahmen 2 c des Federteils verbindet, verbunden. Die 4 L-förmigen Federn 2 a des Federteils entstehen, indem in das Federteil 4 U-förmige, um  $90^\circ$  versetzt und ineinander verschachtelte Durchbrüche herausgearbeitet werden. Bei einer quadratischen Grundfläche der seismischen Masse 2 b muß jedes Teilstück der U-förmigen Durchbrüche eine unterschiedliche Länge aufweisen, für die gilt:

$$d_1 > d_2 > d_3. \quad \text{Fig. 3}$$

Die Unterseite der seismischen Masse 2 b ist gegenüber der Unterseite des Rahmens 2 c etwas zurückgesetzt, so daß zwischen seismischer Masse 2 b und der elektrisch leitfähigen Schicht am Elektrodendeckel 3 in Ruhelage ein Spalt entsteht. Die elektrisch leitfähige Schicht ist als Festelektrode 4 ausgebildet und bildet in Verbindung mit dem Spalt und der seismischen Masse 2 b des Federteils einen Plattenkondensator. Wirkt nun auf den Sensor, speziell auf die seismische Masse 2 b des Federteils, eine Beschleunigung, so verändert sich der Spalt zwischen seismischer Masse 2 b und Festelektrode 4 und damit die Kapazität. Diese Kapazitätsänderung dient als Maß für die jeweilige Beschleunigung. Die Einzelteile des Beschleunigungssensors bestehen aus Silizium und werden nach einer mikromechanischen Fertigungstechnologie und Ätztechnik hergestellt und mit Hilfe einer anodischen Verbindungstechnik durch Anlegen einer äußeren elektrischen Spannung bei erhöhter Temperatur unter Vorspannung der seismischen Masse 2 b gefügt und durch geeignete Klebeverfahren verbunden. Beim Kleben werden die an den Stirnseiten der Einzelteile vorhandenen Einbettungen bzw. Absätze genutzt, um eine stabile Verbindung zu erzielen, indem diese Absätze mit dem Klebmedium ausgefüllt werden.

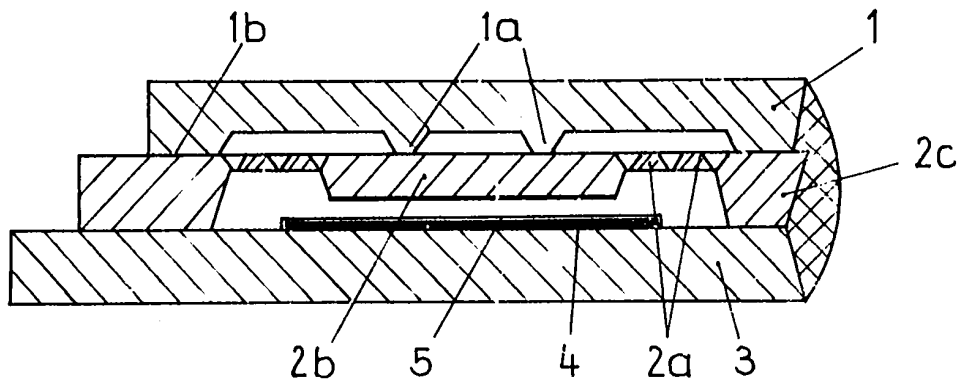


Fig. 1

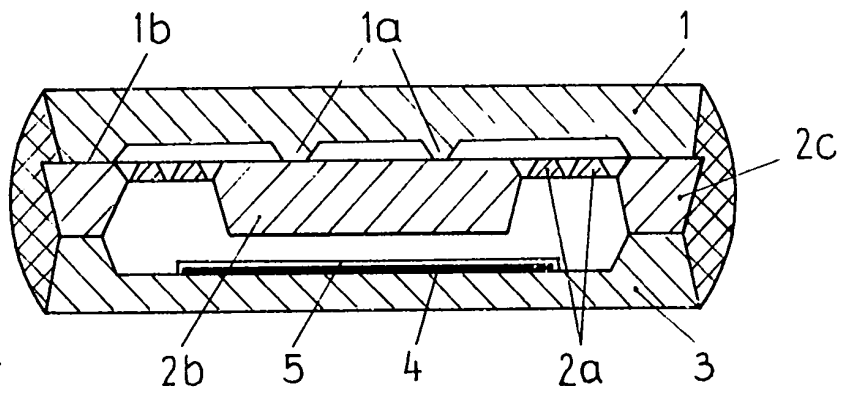


Fig. 2

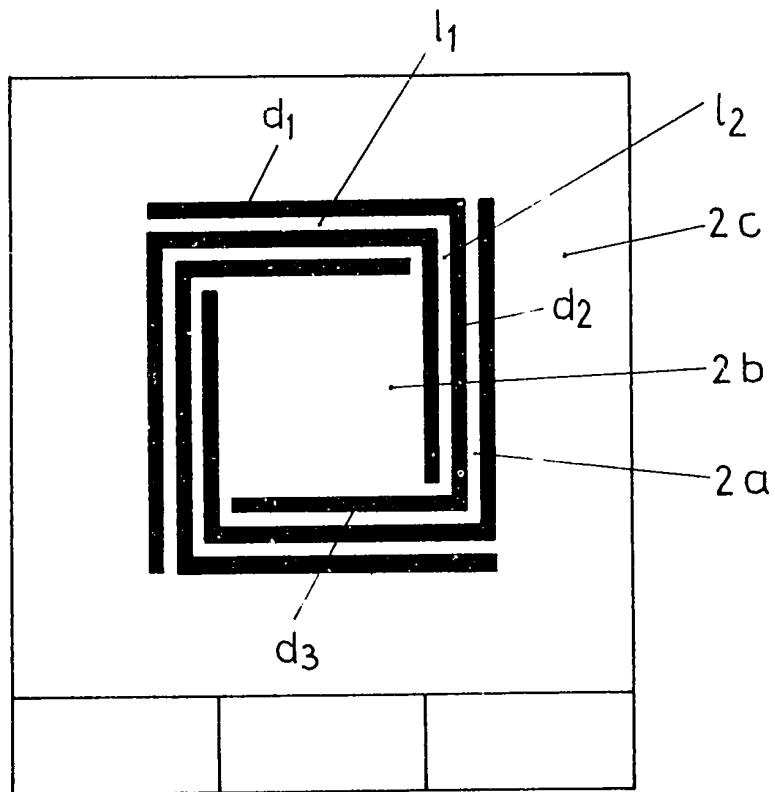


Fig. 3