



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 039 236.7**

(22) Anmeldetag: **12.08.2010**

(43) Offenlegungstag: **16.02.2012**

(51) Int Cl.: **G01P 15/125 (2006.01)**
G01P 21/00 (2006.01)

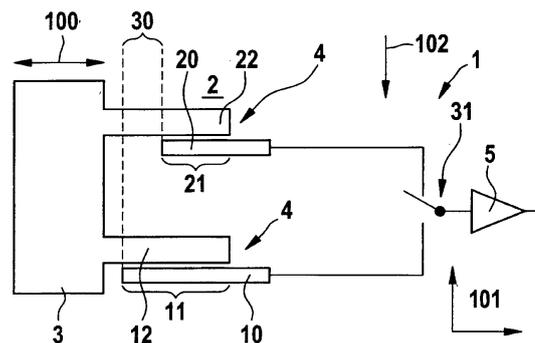
(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Franke, Axel, 71254, Ditzingen, DE; Hattass, Mirko, 70191, Stuttgart, DE; Buhmann, Alexander, 70192, Stuttgart, DE; Keck, Marian, 71229, Leonberg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Sensoranordnung und Verfahren zum Abgleich einer Sensoranordnung**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Sensoranordnung mit einem Substrat und einer gegenüber dem Substrat beweglich aufgehängten Masse vorgeschlagen, wobei die Sensoranordnung Detektionsmittel zur Detektion einer Auslenkung der seismischen Masse gegenüber dem Substrat entlang einer Auslenkungsrichtung aufweist, wobei die Detektionsmittel eine substratfeste erste Messelektrode und eine substratfeste zweite Messelektrode umfassen und wobei eine zur Auslenkungsrichtung senkrechte erste Überlappung zwischen der ersten Messelektrode und der seismischen Masse entlang der Auslenkungsrichtung größer als eine zur Auslenkungsrichtung senkrechte zweite Überlappung zwischen der zweiten Messelektrode und der seismischen Masse ist.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einer Sensoranordnung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Solche Sensoranordnungen sind allgemein bekannt. Beispielsweise ist aus der Druckschrift DE 10 2006 059 928 A1 ein Beschleunigungssensor mit Kammelektroden bekannt, welcher eine auslenkbar mit einem Substrat verbundene seismische Masse, fest mit dem Substrat verbundene Substratelektroden und fest mit der seismische Masse verbundene Gegenelektroden aufweist. Die Substratelektroden und die Gegenelektroden sind dabei jeweils als parallel zur Auslenkungsrichtung verlaufende Substrat- und Gegenlamellen ausgeführt, welche sich in einem Ruhezustand teilweise überlappen.

[0003] Die zur Detektion einer Auslenkung verwendeten Elektroden solcher Sensoranordnungen müssen vor der erstmaligen Inbetriebnahme der Sensoranordnung elektrisch abgeglichen werden, um Fertigungsschwankungen zu kompensieren. Ferner muss eine Auswerteschaltung, welche die von den Elektroden gemessenen Signale auswertet, abgeglichen werden. Ein solcher Abgleich erfolgt üblicherweise durch Anlegen einer bekannten Referenzauslenkung, welche mittels der Elektroden und der Auswerteschaltung gemessen wird. Durch den Vergleich der gemessenen Auslenkung mit der Referenzauslenkung wird ein Skalierungsfaktor, im Nachfolgenden auch Abgleichsfaktor genannt, bestimmt, welcher ein Maß für Abweichung der Sensoranordnung ist und in zukünftigen Messungen zur Korrektur der gemessenen Signale verwendet wird. Bei einer solchen Abgleichprozedur muss sich die Sensoranordnung in Ruhe befinden.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Die erfindungsgemäße Sensoranordnung und das erfindungsgemäße Verfahren zum Abgleich einer Sensoranordnung gemäß den nebengeordneten Ansprüchen haben gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass ein Abgleich der Sensoranordnung ohne Anlegen einer Referenzauslenkung ermöglicht wird. Vorteilhafterweise ist somit ferner das Vorliegen einer Ruhelage zur Durchführung des Abgleichs nicht erforderlich. Dies wird dadurch erzielt, dass die erste Überlappung größer als die zweite Überlappung ist. Bei einer Auslenkung der seismischen Masse aus einer Ruhelage entlang der Auslenkungsrichtung wird von der ersten und der zweiten Messelektrode somit ein unterschiedliches Messsignal gemessen. Wenn der geometrische Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Überlappung bekannt ist, ist aus der Differenz zwischen den beiden unterschiedlichen Signalen auf den Skalierungs-

bzw. Abgleichsfaktor zu schließen. Die Durchführung eines Abgleichs ist somit im Vergleich zum Stand der Technik erheblich einfacher, schneller und kostengünstiger, wodurch sich die Herstellungskosten der Sensoranordnung reduzieren. Die Sensoranordnung umfasst vorzugsweise einen mikromechanischen Beschleunigungssensor, wobei das Substrat vorzugsweise ein Halbleitermaterial und insbesondere Silizium umfasst. Die Auslenkung der seismischen Masse wird kapazitiv durch eine Änderung einer ersten elektrischen Kapazität zwischen der ersten Messelektrode und der seismischen Masse bestimmt, sowie durch eine Änderung einer zweiten elektrischen Kapazität zwischen der zweiten Messelektrode und der seismischen Masse bestimmt. Die erste und die zweite Kapazität ändern sich dabei entweder durch eine Änderung der ersten und der zweiten Überlappung (eine sogenannte Kammelektrodenanordnung) oder alternativ durch eine Änderung eines ersten Abstands zwischen der ersten Messelektrode und der seismischen Masse, sowie eine Änderung eines zweiten Abstands zwischen der zweiten Messelektrode und der seismischen Masse (eine sogenannte Kondensatorplattenanordnung). Die Auslenkungsrichtung ist in beiden Fällen vorzugsweise parallel zu einer Haupterstreckungsebene des Substrats ausgerichtet. Alternativ ist aber auch denkbar, dass die Auslenkungsrichtung senkrecht zur Haupterstreckungsebene ausgerichtet ist. Die Überlappungsdifferenz zwischen der ersten und der zweiten Überlappung liegt bevorzugt zwischen 0,1 und 10 Mikrometern, besonders bevorzugt zwischen 0,5 und 3 Mikrometern und ganz besonders bevorzugt zwischen 1 und 2 Mikrometern.

[0005] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen, sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen entnehmbar.

[0006] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erste Überlappung eine zur Auslenkungsrichtung senkrechte teilweise Überdeckung der seismische Masse mit der ersten Messelektrode umfasst und dass die zweite Überlappung eine zur Auslenkungsrichtung senkrechte teilweise Überdeckung der seismische Masse mit der zweiten Messelektrode umfasst, wobei die erste Überlappung entlang der Auslenkungsrichtung größer als die zweite Überlappung ist. In vorteilhafter Weise wird somit der im Vergleich zum Stand der Technik einfachere, schnellere und kostengünstigere Abgleich auch bei einer solchen Sensoranordnung ermöglicht, welche eine Kammelektrodenstruktur umfasst. Die Detektion der Auslenkung wird hierbei durch eine aufgrund der Auslenkung der seismischen Masse gegenüber dem Substrat hervorgerufene Änderung der jeweiligen Überlappungsfläche erzielt. Bei der Auslenkung sind die Signale der ersten und zweiten Messelektroden zur Bestimmung des Abgleichsfaktors unter-

schiedlich, da entlang der Auslenkungsrichtung eine Erstreckung der ersten Überlappung größer als eine Erstreckung der zweiten Überlappung ist.

[0007] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die seismische Masse eine der ersten Messelektrode zugeordnete erste Gegenelektrode und eine der zweiten Messelektrode zugeordnete zweite Gegenelektrode derart umfasst, dass die erste Überlappung zwischen der ersten Messelektrode und der ersten Gegenelektrode und die zweite Überlappung zwischen der zweiten Messelektrode und der zweiten Gegenelektrode ausgebildet ist. In vorteilhafter Weise ist somit eine vergleichsweise kompakte Ausbildung der Sensoranordnung möglich, welche insbesondere eine Vielzahl von ersten und zweiten Messelektroden umfasst, wobei jeder ersten Messelektrode eine erste Gegenelektrode und jeder zweiten Messelektrode eine zweite Gegenelektrode zugeordnet ist. Die erste (bzw. zweite) Messelektrode und die erste (bzw. zweite) Gegenelektrode sind dabei einander zugewandt und unmittelbar zueinander benachbart.

[0008] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Länge der ersten Messelektrode entlang der Auslenkungsrichtung ungleich der Länge der zweiten Messelektrode entlang der Auslenkungsrichtung ist oder dass die Länge der ersten Messelektrode entlang der Auslenkungsrichtung im Wesentlichen gleich der Länge der zweiten Messelektrode entlang der Auslenkungsrichtung ist, wobei die zweiten Messelektrode gegenüber der ersten Messelektrode entlang der Auslenkungsrichtung versetzt angeordnet ist. In einfacher Weise wird somit eine unterschiedliche erste und zweite Überlappung erzielt. Die Überlappungsdifferenz zwischen der ersten und zweiten Überlappung entspricht damit entweder der Längendifferenz zwischen der ersten und zweiten Elektrode oder vom Versatz zwischen der ersten und zweiten Elektrode. Die Auflösung der Überlappungsdifferenz hängt lediglich von der lithographischen Auflösung des Herstellungsprozesses ab.

[0009] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Detektionsmittel eine weitere erste Messelektrode umfassen, welche im Wesentlichen baugleich zur ersten Messelektrode ausgebildet ist und welche mit der ersten Messelektrode elektrisch leitfähig verbunden ist und welche senkrecht zur Auslenkungsrichtung gegenüber der ersten Gegenelektrode im Wesentlichen spiegelsymmetrisch zur ersten Messelektrode angeordnet ist, und/oder dass die Detektionsmittel eine weitere zweite Messelektrode umfassen, welche im Wesentlichen baugleich zur zweiten Messelektrode ausgebildet ist und welche mit der zweiten Messelektrode elektrisch leitfähig verbunden ist und welche senkrecht zur Auslenkungsrichtung gegenüber der zweiten Gegenelektrode im Wesentlichen spiegelsymmetrisch zur zwei-

ten Messelektrode angeordnet ist. In vorteilhafter Weise wird somit die Auflösung bei der Detektion der Auslenkung erhöht und der Einfluss von Störfaktoren, welche beispielsweise durch eine der Auslenkung überlagerte Störauslenkung senkrecht zur Auslenkungsrichtung erzeugt werden, reduziert.

[0010] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Sensoranordnung eine zur ersten Messelektrode baugleiche dritte Messelektrode und eine zur zweiten Messelektrode baugleiche vierte Messelektrode aufweise, wobei die dritte und vierte Messelektrode auf der seismischen Massen entlang der Auslenkungsrichtung gegenüberliegenden Seite angeordnet sind, so dass die seismische Masse entlang der Auslenkungsrichtung im Wesentlichen zwischen der ersten und der dritten Messelektrode bzw. zwischen der zweiten und vierten Messelektrode angeordnet ist. Auf diese Weise wird eine voll-differenzielle Auswertung der Auslenkung der seismischen Masse relativ zum Substrat entlang der Auslenkungsrichtung ermöglicht, wodurch sich die Genauigkeit und die Fehlerunanfälligkeit der Sensoranordnung insgesamt erhöhen.

[0011] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erste und/oder zweite Messelektrode elektrisch leitfähig mit einer Auswerteeinheit, insbesondere einem Kapazitätsspannungswandler, verbunden ist und/oder dass die Sensoranordnung einen mikromechanischen Beschleunigungssensor und/oder einen mikromechanischen Drehratensensor umfasst. Ferner ist denkbar, dass die Detektionsmittel in einem vom Abgleichverfahren abweichenden Betriebszustand der Sensoranordnung Antriebsmittel umfassen und lediglich zur Kalibrierung der Sensoranordnung in dem Abgleichverfahren als Detektionsmittel Verwendung finden. Die Antriebsmittel sind dann vorzugsweise zum Antrieb einer Auslenkung bzw. einer Schwingung der seismischen Masse relativ zum Substrat entlang der Auslenkungsrichtung vorgesehen.

[0012] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Abgleich einer Sensoranordnung, wobei in einem ersten Verfahrensschritt eine erste elektrische Kapazität zwischen der ersten Messelektrode und der seismischen Masse gemessen wird und wobei in einem zweiten Verfahrensschritt eine zweite elektrische Kapazität zwischen der zweiten Messelektrode und der seismischen Masse gemessen wird und wobei ferner in einem dritten Verfahrensschritt ein Abgleichfaktor für die Sensoranordnung in Abhängigkeit der ersten und der zweiten elektrischen Kapazität, sowie in Abhängigkeit der Überlappungsdifferenz zwischen der ersten Überlappung und der zweiten Überlappung ermittelt wird. Im Vergleich zum Stand der Technik ist somit vorteilhafterweise ein Abgleich der Sensoranordnung ohne Anlegen einer Referenzauslenkung er-

möglichst wird. Dies wird dadurch erzielt, dass bei Kenntnis der Überlappungsdifferenz aus dem Vergleich der unterschiedlichen ersten und zweiten elektrischen Kapazität der Skalierungs- bzw. Abgleichsfaktor zu bestimmen ist. Die Überlappungsdifferenz ist dabei vorteilhafterweise ein fester geometrischer Wert, welcher insbesondere durch die unterschiedliche geometrische Ausbildung der ersten und zweiten Messelektrode basiert und dessen Genauigkeit lediglich von der lithographischen Auflösung des Herstellungsprozesses abhängt. Die Durchführung eines Abgleichs ist somit im Vergleich zum Stand der Technik erheblich einfacher, schneller und kostengünstiger, wodurch sich die Herstellungskosten der Sensoranordnung reduzieren.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass im ersten Verfahrensschritt mittels der Auswerteeinheit eine erste Spannung in Abhängigkeit der ersten elektrischen Kapazität ermittelt wird und dass im zweiten Verfahrensschritt mittels der Auswerteeinheit eine zweite Spannung in Abhängigkeit der zweiten elektrischen Kapazität ermittelt wird, wobei im dritten Verfahrensschritt der Abgleichsfaktor in Abhängigkeit der Überlappungsdifferenz, sowie in Abhängigkeit der Spannungsdifferenz zwischen der ersten und der zweiten Spannung ermittelt wird. Vorteilhafterweise sind elektrische Spannungen schaltungstechnisch vergleichsweise einfach und präzise weiterzuverarbeiten, so dass eine einfache und präzise Bestimmung des Abgleichsfaktors ermöglicht wird.

[0014] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass im dritten Verfahrensschritt die Überlappungsdifferenz zwischen der ersten Überlappung und der zweiten Überlappung entlang der Auslenkungsrichtung ermittelt wird und/oder in einem vierten Verfahrensschritt die seismische Masse gegenüber dem Substrat entlang der Auslenkungsrichtung ausgelenkt wird, wobei der dritte Verfahrensschritt zeitlich vor und/oder während des ersten und zweiten Verfahrensschrittes durchgeführt wird. In vorteilhafter Weise wird somit der im Vergleich zum Stand der Technik einfachere, schnellere und kostengünstigere Abgleich auch bei einer solchen Sensoranordnung ermöglicht, welche eine Kammelektrodenstruktur umfasst, wobei die Detektion der Auslenkung durch eine aufgrund der Auslenkung der seismischen Masse gegenüber dem Substrat hervorgerufene Änderung der jeweiligen Überlappungsfläche erzielt wird.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass in einem fünften Verfahrensschritt die Sensoranordnung und insbesondere die Auswerteeinheit in Abhängigkeit des Abgleichsfaktors kalibriert werden. Vorteilhafterweise muss sich die Sensoranordnung somit zur Kalibrierung der Sensoranordnung nicht in einer Ruheposition befinden,

wodurch das Kalibrierungsverfahren einfacher, präziser und kostengünstiger wird. Ferner ist somit eine (Nach-)Kalibrierung im laufenden Betrieb der Sensoranordnung möglich.

[0016] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Es zeigen

[0018] **Fig. 1** eine schematische Ansicht einer Sensoranordnung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und

[0019] **Fig. 2** eine schematische Ansicht einer Sensoranordnung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Ausführungsformen der Erfindung

[0020] In den verschiedenen Figuren sind gleiche Teile stets mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden daher in der Regel auch jeweils nur einmal benannt bzw. erwähnt.

[0021] In **Fig. 1** ist eine schematische Ansicht einer Sensoranordnung **1** gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Die Sensoranordnung **1** weist ein Substrat **2** mit einer im Wesentlichen zur Bildebene parallelen Hauptstreckungsebene **101** auf. Ferner weist die Sensoranordnung **1** eine seismische Masse **3** auf, welche gegenüber dem Substrat **2** entlang einer Auslenkungsrichtung **100** beweglich aufgehängt ist. Die seismische Masse **3** fungiert beispielsweise als Detektionsmasse, auf welche bei Anwesenheit von äußeren auf die Sensoranordnung **1** wirkenden Beschleunigungskräften Trägheitskräfte wirken, welche die seismische Masse **3** relativ zum Substrat **2** entlang der Auslenkungsrichtung **100** auslenken. Die seismische Masse **3** ist vorzugsweise mittels nicht abgebildeten Federelementen am Substrat **2** und zumindest parallel zur Auslenkungsrichtung **100** elastisch auslenkbar. Die Auslenkungsrichtung **100** ist im vorliegenden Beispiel parallel zur Hauptstreckungsebene **101** ausgerichtet. Alternativ wäre jedoch auch denkbar, dass die Auslenkungsrichtung **100** senkrecht zur Hauptstreckungsebene **101** verläuft. Zur Bestimmung der anliegenden äußeren Beschleunigungskräfte wird die Auslenkung der seismischen Masse **3** gegenüber dem Substrat **2** mittels Detektionsmitteln **4** bestimmt. Die Detektionsmittel **4** umfassen eine erste und zweite Messelektrode **10, 20**, welche jeweils substratfest ausgebildet sind. Die seismische Masse **3** umfasst ferner eine erste und eine zweite Gegenelektrode **12, 22**, welche jeweils der ersten und zweiten Messelektrode **10, 20** zugeordnet sind. Die erste Gegenelek-

trode **12** ist dabei unmittelbar zur ersten Messelektrode **10** benachbart angeordnet, während die zweite Gegenelektrode **22** zur zweiten Messelektrode **20** benachbart angeordnet ist. Die erste Gegenelektrode **12** wird entlang einer Projektionsrichtung **102**, welche senkrecht zur Auslenkungsrichtung **100** und parallel zur Haupterstreckungsebene **101** verläuft, von der ersten Messelektrode **10** überlappt. Diese Überlappung wird im Folgenden als erste Überlappung **11** bezeichnet. Analog weist die Sensoranordnung **1** eine zweite Überlappung **21** auf, in welcher die zweite Gegenelektrode **22** entlang der Projektionsrichtung **102** von der zweiten Messelektrode **20** überlappt wird. Die Erstreckung der ersten Überlappung **11** entlang der Auslenkungsrichtung **100** ist dabei größer ausgebildet als die Erstreckung der zweiten Überlappung **21** entlang der Auslenkungsrichtung **100**, da die erste Messelektrode **10** entlang der Auslenkungsrichtung **100** länger als die zweite Messelektrode **20** ausgebildet ist. Dies führt dazu, dass bei einer Auslenkung der seismischen Masse **3** gegenüber dem Substrat **2** zwischen der ersten Messelektrode **10** und der ersten Gegenelektrode **12** eine erste elektrische Kapazität messbar ist, welche größer als eine zwischen der zweiten Messelektrode **20** und der zweiten Gegenelektrode **22** messbare zweite elektrische Kapazität ist. Die Sensoranordnung **1** weist ferner eine Auswerteeinheit **5** in Form eines Kapazitätsspannungswandlers auf, welche die erste elektrische Kapazität in eine erste Spannung und die zweite elektrische Kapazität in eine zweite Spannung umwandelt. Die Sensoranordnungen **1** muss nun elektrisch abgeglichen werden, d. h. es muss ein Skalierungsfaktor bzw. Abgleichsfaktor bestimmt werden, mit welchem im Betriebsmodus Fertigungsschwankungen und Ungenauigkeiten in der Auswerteschaltung kompensiert werden. Zur Durchführung des Abgleichs der Sensoranordnung **1** wird dabei zunächst die seismische Masse **3** entlang der Auslenkungsrichtung **100** ausgelenkt und nacheinander mittels eines Schalters **31** zuerst die erste Spannung und dann die zweite Spannung bestimmt. Aufgrund der unterschiedlich großen ersten und zweiten Überlappung **11**, **21** sind auch die erste und die zweite Spannung unterschiedlich groß. In Abhängigkeit eines Vergleichs zwischen der ersten und der zweiten Spannung und in Abhängigkeit der bekannten geometrischen Überlappungsdifferenz **30**, d. h. der Längendifferenz zwischen der ersten und der zweiten Messelektrode **10**, **20** entlang der Auslenkungsrichtung **100**, ist anschließend der Skalierungsfaktor bzw. der Abgleichsfaktor unmittelbar zu bestimmen. Im Gegensatz zum Stand der Technik ist die Vermessung einer bekannten Referenzauslenkung in einer Ruhestellung der Sensoranordnung **1** daher nicht erforderlich. Die Überlappungsdifferenz **30** zwischen der ersten und der zweiten Überlappung entlang der Auslenkungsrichtung **100** liegt vorzugsweise zwischen 1 und 2 Mikrometern. Die Sensoranordnung **1** umfasst insbesondere eine Vielzahl von ersten Messelektroden **10** und ent-

sprechenden ersten Gegenelektroden **12**, welche als ineinandergreifende Kammelektrodenstruktur ausgebildet sind. Ferner ist denkbar, dass die Sensoranordnung **1** alternativ oder zusätzlich eine Vielzahl von zweiten Messelektroden **20** und entsprechenden zweiten Gegenelektroden **22** aufweist, welche ebenfalls als ineinandergreifende Kammelektrodenstruktur ausgebildet sind.

[0022] In **Fig. 2** ist eine schematische Ansicht einer Sensoranordnung **1** gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt, wobei die zweite Ausführungsform im Wesentlichen der in **Fig. 1** illustrierten ersten Ausführungsform gleicht, wobei die Detektionsmittel **4** ferner eine weitere erste Messelektrode **13**, sowie eine weitere zweite Messelektrode **23** umfassen. Die weitere erste Messelektrode **13** ist dabei elektrisch leitfähig mit der ersten Messelektrode **10** verbunden und ist senkrecht zur Auslenkungsrichtung **100** gegenüber der ersten Gegenelektrode **12** im Wesentlichen spiegelsymmetrisch zur ersten Messelektrode **10** angeordnet. Die erste Gegenelektrode **12** ist daher entlang einer zur Auslenkungsrichtung **100** senkrechten und zur Haupterstreckungsebene **100** parallelen Richtung **102** symmetrisch zwischen der ersten und der weiteren Messelektroden **10**, **13** angeordnet. Eine Überlappung zwischen der weiteren ersten Messelektrode **13** und der ersten Gegenelektrode **12** ist zwangsläufig genauso groß wie die erste Überlappung **11** zwischen der ersten Messelektrode **10** und der ersten Gegenelektrode **12**. Die weitere zweite Messelektrode **23** ist bezüglich der zweiten Messelektrode **20** und der zweiten Gegenelektrode **22** analog angeordnet und ausgebildet. Im Unterschied zur ersten Ausführungsform weist die Sensoranordnung **1** gemäß der zweiten Ausführungsform ferner weitere Detektionsmittel **4'** auf, welche bezüglich einer Spiegelebene **103** spiegelsymmetrisch zu den Detektionsmitteln **4** angeordnet und ausgebildet sind. Die Spiegelebene **103** verläuft dabei senkrecht zur Haupterstreckungsebene **101** und senkrecht zur Auslenkungsrichtung **100**, sowie mittig durch die seismische Masse **3**. Die weiteren Detektionsmittel **4'** umfassen eine zur ersten Messelektrode **10** spiegelsymmetrisch ausgebildete dritte Messelektrode **10'**, eine zur weiteren ersten Messelektrode **13** spiegelsymmetrisch ausgebildete weitere dritte Messelektrode **13'**, eine zur zweiten Messelektrode **20** spiegelsymmetrisch ausgebildete vierte Messelektrode **20'** und eine zur weiteren zweiten Messelektrode **23** spiegelsymmetrisch ausgebildete weitere vierte Messelektrode **23'**. Die seismische Masse **3** weist ferner eine zur ersten Gegenelektrode **12** spiegelsymmetrische weitere erste Gegenelektrode **12'**, sowie eine zur zweiten Gegenelektrode **22** spiegelsymmetrische weitere zweite Gegenelektrode **22'** auf. In dem Ruhezustand ist eine weitere erste Überlappung **11'** zwischen der dritten Elektrode **10'** (bzw. weiteren dritten Elektrode **13'**) gleich groß wie die ers-

te Überlappung **11**. Analog ist im Ruhezustand eine weitere zweite Überlappung **21'** zwischen der vierten Elektrode **20'** (bzw. weiteren vierten Elektrode **23'**) gleich groß wie die zweite Überlappung **11**. Aufgrund der Spiegelsymmetrie bezüglich der Spiegelebene **103** ist eine weitere Überlappungsdifferenz **30'** zwischen der weiteren ersten Überlappung **11'** und der weiteren zweiten Überlappung **21'** stets genauso groß wie die Überlappungsdifferenz **30**. Eine Auslenkung der seismischen Masse **3** entlang der Auslenkungsrichtung **100** bewirkt bei den weiteren Detektionsmitteln **4'** Messsignale, welche den Detektionsmitteln **4'** genau komplementär sind. Insgesamt wird die Genauigkeit der Sensoranordnung somit durch eine differenzielle Auswertung der Messsignale erhöht. Zur Auswertung sind die erste, zweite, dritte und vierte Messelektrode **10, 20, 10', 20'** jeweils elektrisch leitfähig mit einer weiteren Auswerteeinheit **5** verbunden. Das Abgleichverfahren wird bei der differentiell auswertenden Sensoranordnung **1** gemäß der zweiten Ausführungsform vorzugsweise in ähnlicher Weise wie bei der Sensoranordnung **1** gemäß der ersten Ausführungsform durchgeführt, wobei die erste Spannung beispielsweise anhand der Differenz zwischen erster elektrischer Kapazität und einer weiteren ersten elektrischen Kapazität zwischen der dritten Messelektrode **10'** (bzw. der weiteren dritten Messelektrode **13'**) und der weiteren ersten Gegenelektrode **12'** ermittelt wird. Analog wird beispielsweise die zweite Spannung ermittelt. Alternativ ist aber auch denkbar, dass zuerst der Vergleich zwischen der ersten und der zweiten Spannung einerseits und der weiteren ersten und der weiteren zweiten Spannung andererseits durchgeführt wird und anschließend in Abhängigkeit der bekannten geometrischen Überlappungsdifferenz **30** aus den Vergleichen der Skalierungsfaktor bzw. der Abgleichsfaktor bestimmt wird. Unter der Annahme, dass sich die Auslenkung nicht ändert gilt: Die erste Spannung U_1 ergibt sich aus $U_1 \propto A_{ASIC} \cdot C_0 \cdot 2 \cdot x$, während sich die zweite Spannung U_2 aus $U_2 \propto A_{ASIC} \cdot C_0 \cdot (2 \cdot x + \lambda)$ ergibt. Hierbei ist A_{ASIC} eine beliebig sich langsam verändernde Verstärkung, $C_0 = \epsilon \cdot h_{epi} \cdot d^{-1}$ eine Grundkapazität, x die Auslenkung der seismischen Masse **3** parallel zur Auslenkungsrichtung **100** und λ die Überlappungsdifferenz, d. h. insbesondere der Längenunterschied zwischen der ersten und der zweiten Messelektrode **10, 20**. Aus der Spannungsdifferenz zwischen der ersten und zweiten Spannung $\Delta U = U_2 - U_1$ und Normierung auf die Überlappungsdifferenz λ kann direkt auf die Auslenkung x geschlossen werden durch $x = U_1 \cdot (2 \cdot \xi)^{-1}$, wobei ξ^{-1} der Skalierungsfaktor ist. ξ beschreibt ferner das Verhältnis zwischen der Spannungsdifferenz ΔU und der Überlappungsdifferenz λ . Auf diese Weise ist der Skalierungsfaktor ξ^{-1} bestimmbar und ein Abgleich der Sensoranordnung mit bekanntem Skalierungsfaktor möglich ξ^{-1} . Als alternative Ausführungsform ist denkbar, dass die seismische Masse **3** entlang der Auslenkungsrichtung um den Ruhezustand schwingt und dass die

Messung der ersten Spannung für eine vollständige Schwingungsperiode durchgeführt wird. Anschließend wird die zweite Spannung während einer weiteren vollständigen Schwingungsperiode durchgeführt. Dies entspricht einer Mittelung und vereinfacht zusätzlich die Anforderungen an die Auswerteschaltung bezüglich der Wandlungsgeschwindigkeit von elektrischer Kapazität in elektrische Spannung. Eine Erweiterung dieses Ansatzes auf Mittelung über mehrere Elektroden ist ebenfalls denkbar.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102006059928 A1 [[0002](#)]

Patentansprüche

1. Sensoranordnung (1) mit einem Substrat (2) und einer gegenüber dem Substrat (2) beweglich aufgehängten Masse (3), wobei die Sensoranordnung (1) Detektionsmittel (4) zur Detektion einer Auslenkung der seismischen Masse (3) gegenüber dem Substrat (2) entlang einer Auslenkungsrichtung (100) aufweist, wobei die Detektionsmittel (4) eine substratfeste erste Messelektrode (10) und eine substratfeste zweite Messelektrode (20) umfassen, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste Überlappung (11) zwischen der ersten Messelektrode (10) und der seismischen Masse (3) größer als eine zweite Überlappung (21) zwischen der zweiten Messelektrode (20) und der seismischen Masse (3) ist.

2. Sensoranordnung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Überlappung (11) eine zur Auslenkungsrichtung (100) senkrechte teilweise Überdeckung der seismischen Masse (3) mit der ersten Messelektrode (10) umfasst und dass die zweite Überlappung (21) eine zur Auslenkungsrichtung (100) senkrechte teilweise Überdeckung der seismischen Masse (3) mit der zweiten Messelektrode (20) umfasst, wobei die erste Überlappung (11) entlang der Auslenkungsrichtung (100) größer als die zweite Überlappung (21) ist.

3. Sensoranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die seismische Masse (3) eine der ersten Messelektrode (10) zugeordnete erste Gegenelektrode (12) und eine der zweiten Messelektrode (20) zugeordnete zweite Gegenelektrode (22) derart umfasst, dass die erste Überlappung (11) zwischen der ersten Messelektrode (10) und der ersten Gegenelektrode (12) und die zweite Überlappung (21) zwischen der zweiten Messelektrode (20) und der zweiten Gegenelektrode (22) ausgebildet ist.

4. Sensoranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der ersten Messelektrode (10) entlang der Auslenkungsrichtung (100) ungleich der Länge der zweiten Messelektrode (20) entlang der Auslenkungsrichtung (100) ist oder dass die Länge der ersten Messelektrode (10) entlang der Auslenkungsrichtung (100) im Wesentlichen gleich der Länge der zweiten Messelektrode (20) entlang der Auslenkungsrichtung (100) ist, wobei die zweiten Messelektrode (20) gegenüber der ersten Messelektrode (10) entlang der Auslenkungsrichtung (100) versetzt angeordnet ist.

5. Sensoranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektionsmittel (4) eine weitere erste Messelektrode (13) umfassen, welche im Wesentlichen baugleich zur ersten Messelektrode (10) ausgebildet ist

und welche mit der ersten Messelektrode (10) elektrisch leitfähig verbunden ist und welche senkrecht zur Auslenkungsrichtung (100) gegenüber der ersten Gegenelektrode (12) im Wesentlichen spiegelsymmetrisch zur ersten Messelektrode (10) angeordnet ist, und/oder dass die Detektionsmittel (4) eine weitere zweite Messelektrode (23) umfassen, welche im Wesentlichen baugleich zur zweiten Messelektrode (20) ausgebildet ist und welche mit der zweiten Messelektrode (20) elektrisch leitfähig verbunden ist und welche senkrecht zur Auslenkungsrichtung (100) gegenüber der zweiten Gegenelektrode (22) im Wesentlichen spiegelsymmetrisch zur zweiten Messelektrode (20) angeordnet ist.

6. Sensoranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und/oder zweite Messelektrode (10, 20) elektrisch leitfähig mit einer Auswerteeinheit (5), welche insbesondere einen Kapazitätsspannungswandler aufweist, verbunden sind und/oder dass die Sensoranordnung (1) einen mikromechanischen Beschleunigungssensor und/oder einen mikromechanischen Drehratensensor umfasst.

7. Verfahren zum Abgleich einer Sensoranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Verfahrensschritt eine erste elektrische Kapazität zwischen der ersten Messelektrode (10) und der seismischen Masse (3) gemessen wird und dass in einem zweiten Verfahrensschritt eine zweite elektrische Kapazität zwischen der zweiten Messelektrode (20) und der seismischen Masse (3) gemessen wird, wobei in einem dritten Verfahrensschritt ein Abgleichsfaktor für die Sensoranordnung (1) in Abhängigkeit der ersten und der zweiten elektrischen Kapazität, sowie in Abhängigkeit einer Überlappungsdifferenz (30) zwischen der ersten Überlappung (11) und der zweiten Überlappung (21) ermittelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass im ersten Verfahrensschritt mittels der Auswerteeinheit (5) eine erste Spannung in Abhängigkeit der ersten elektrischen Kapazität ermittelt wird und dass im zweiten Verfahrensschritt mittels der Auswerteeinheit (5) eine zweite Spannung in Abhängigkeit der zweiten elektrischen Kapazität ermittelt wird, wobei im dritten Verfahrensschritt der Abgleichsfaktor in Abhängigkeit der Überlappungsdifferenz (30), sowie in Abhängigkeit der Spannungsdifferenz zwischen der ersten und der zweiten Spannung ermittelt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass im dritten Verfahrensschritt die Überlappungsdifferenz (30) zwischen der ersten Überlappung (11) und der zweiten Überlappung (21) entlang der Auslenkungsrichtung (100) ermittelt wird und/oder dass in einem vierten Ver-

fahrensschritt die seismische Masse (3) gegenüber dem Substrat (2) entlang der Auslenkungsrichtung (100) ausgelenkt wird, wobei der dritte Verfahrensschritt zeitlich vor und/oder während des ersten und zweiten Verfahrensschrittes durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass in einem fünften Verfahrensschritt die Sensoranordnung (1) und insbesondere die Auswerteeinheit (5) in Abhängigkeit des Abgleichsfaktors kalibriert werden.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

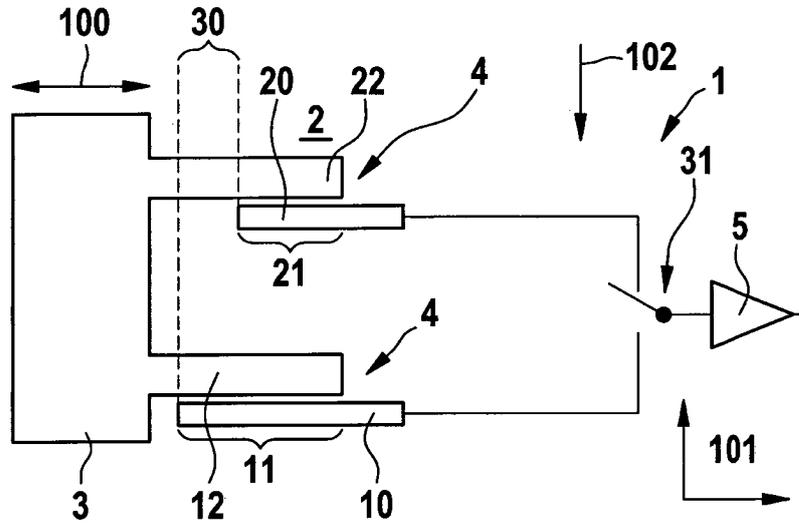


Fig. 1

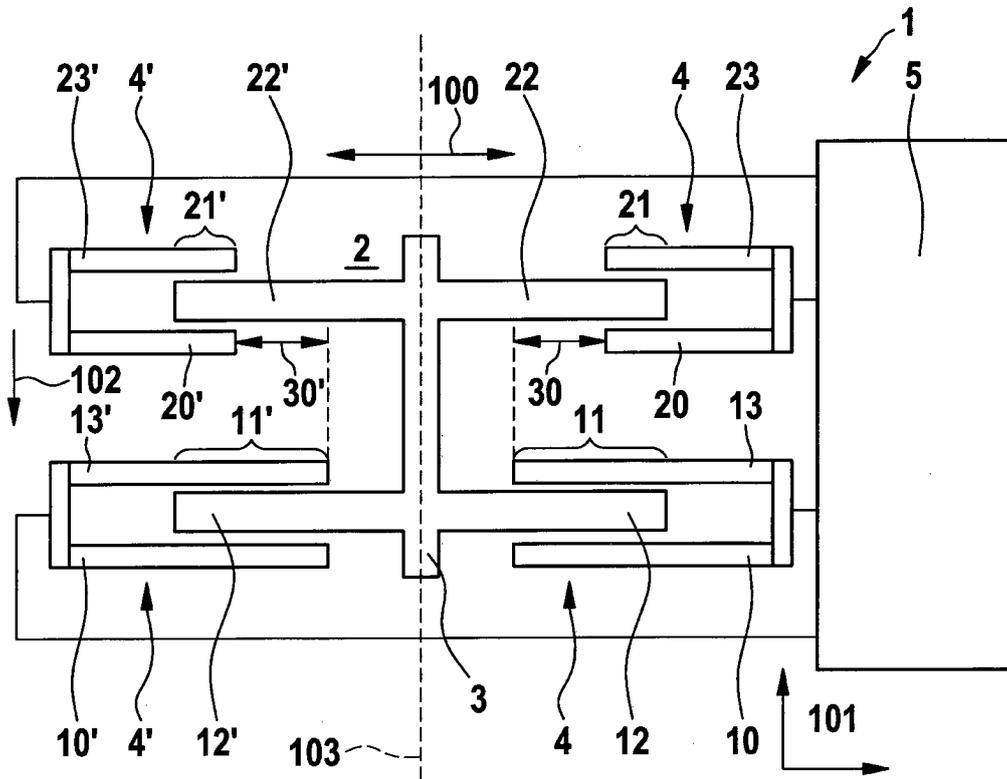


Fig. 2