

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50559/2012
(22) Anmeldetag: 05.12.2012
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2014

(51) Int. Cl.: **B81B 3/00** (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01)
G01N 29/028 (2006.01)
G01N 11/16 (2006.01)

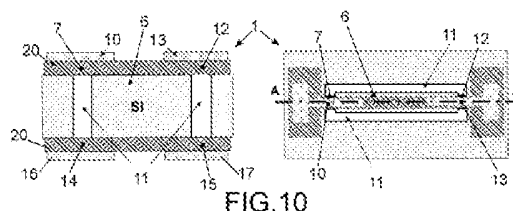
(56) Entgegenhaltungen:
WO 03011747 A1
WO 2004094956 A1
D'ARRIGO G et
RIESCH C et
TADIGADAPA et al.,
US 2003049879 A1
US 2009120168 A1

(71) Patentanmelder:
TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
1040 WIEN (AT)
AC2T RESEARCH GMBH
2700 WIENER NEUSTADT (AT)

(74) Vertreter:
SCHWARZ & PARTNER PATENTANWÄLTE
WIEN

(54) **MEMS-Sensor zur Detektion von Umgebungsparametern**

(57) Die Erfindung betrifft ein mikrotechnisch aus einem Wafer (1) hergestelltes Bauelement (2) zur Detektion von Umgebungsparametern mit einem in einer Plattenebene (9) schwingend aufgehängten Plattenelement (6), wobei das Plattenelement (6) mit seiner Plattenebene (9) im Wesentlichen senkrecht zur Waferoberfläche (3) des Wafers (1) angeordnet ist.



ZusammenfassungMEMS-Sensor zur Detektion von Umgebungsparametern

Die Erfindung betrifft ein mikrotechnisch aus einem Wafer (1) hergestelltes Bauelement (2) zur Detektion von Umgebungsparametern mit einem in einer Plattenebene (9) schwingend aufgehängten Plattenelement (6), wobei das Plattenelement (6) mit seiner Plattenebene (9) im Wesentlichen senkrecht zur Waferoberfläche (3) des Wafers (1) angeordnet ist.

(Figur 10)

MEMS-Sensor zur Detektion von Umgebungsparametern

Die Erfindung betrifft ein mikrotechnisch aus einem Wafer hergestelltes Bauelement zur Detektion von Umgebungsparametern mit einem in einer Plattenebene schwingend aufgehängten Plattenelement.

Die Erfindung betrifft weiters ein Verfahren zur Herstellung eines mikrotechnisch aus einem Wafer hergestellten Bauelements zur Detektion von Umgebungsparametern mit einem in einer Plattenebene an zumindest einem Balken schwingend aufgehängten Plattenelement, das bei einem Ätzprozess des Wafers aus dem Bauelement freigeätzt wird.

Das Dokument C.Riesch, E.K. Reichel, A.Jachimowicz, J.Schalko, P.Hudek, B.Jakoby and F.Keplinger „*A suspended plate viscosity sensor featuring in-plane vibration and piezoresistive readout*“ offenbart einen MEMS-Sensor (MEMS steht für „*micro electro-mechanical system*“) zur Messung der Viskosität eines Messmediums und dessen Herstellungsverfahren. Dieser bekannte MEMS-Sensor ist ein mikrotechnisch aus einem Wafer hergestelltes Bauelement, das ein Plattenelement aufweist, welches mit vier an den Ecken des Plattenelements angeordneten Balken in der Plattenebene schwingend aufgehängt ist. Eine Ansteuerschaltung des Bauelements prägt in die jeweils zueinander parallel verlaufenden Balken einen Wechselstrom im kHz-Frequenzbereich ein, sodass mit Hilfe eines zusätzlich angeordneten Magnetfeldes die Lorenzkraft das Plattenelement in der Plattenebene (d.h. parallel zur Waferoberfläche) in Schwingungen versetzt. Das Messmedium umgibt das Plattenelement und je nach Viskosität beziehungsweise Zähigkeit des Messmediums wird die Schwingung des Plattenelements mehr oder weniger bedämpft. Über die Verschiebung der Resonanzfrequenz, sowie der Änderung der Resonanzschärfe ist ferner eine Aussage über Änderungen in der Dichte des flüssigen Mediums möglich, sodass zwei zentrale Materialparameter des umgebenden Mediums bestimmt werden können.

Bei dem bekannten MEMS-Sensor weisen zwei der vier Balken piezoresistive Elemente auf, die mit zwei weiteren ohmschen Widerständen zu einer Wheatstonschen Brückenschaltung zusammengeschaltet sind. Die mit der Brückenschaltung gemessene Schwingungsamplitude und Resonanzfrequenz des Plattenelements ermöglicht Rückschlüsse auf die Viskosität und die Dichte des Messmediums.

Der bekannte MEMS-Sensor weist den Nachteil auf, dass der Platzbedarf des Bauelements

auf dem Wafer bei der Herstellung relativ groß ist, was sich auf die Herstellungskosten auswirkt. Weiters ist die Verwendung der Lorentzkraft zur Schwingungsanregung als nachteilig zu beurteilen, weil außerhalb des Bauelementes ein zusätzliches Magnet- oder Spulenelement angeordnet sein muss, was eine Systemintegration in ein gegebenes, technisches System zur Kontrolle von Medienparametern äußerst schwierig und aufwändig macht. Ferner sind die piezoresistiven Koeffizienten in Silizium stark temperaturabhängig, sodass im Bereich des Bauelementes eine sehr präzise Temperaturmessung verfügbar sein muss.

Dem Fachmann sind weitere Sensoren zu Messung der Viskosität eines Messmediums bekannt, die auf Scherschwingungen von Quarz-Kristallplättchen basieren. Die hierbei zur Anwendung kommenden Frequenzen liegen allerdings im MHz-Frequenzbereich, was zur Folge hat, dass die Schwingungen der Quarz-Kristallplättchen nicht sehr tief in das Messmedium eindringen und die Messung von komplexen Messmedien wie beispielsweise Emulsionen, Suspensionen oder Blut erschweren oder gänzlich unmöglich machen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein Bauelement zur Detektion von Umgebungsparametern sowie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Bauelements zu schaffen, bei dem die vorstehend angeführten Nachteile vermieden sind.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabestellung bei einem solchen Bauelement dadurch gelöst, dass das Plattenelement mit seiner Plattenebene im Wesentlichen senkrecht zur Waferoberfläche des Wafers angeordnet ist. Besonders vorteilhaft ist hierbei, wenn das Plattenelement bevorzugt mit einem piezoelektrischen Aktorelement, umgesetzt in Dünnschichttechnik, in Resonanz versetzt wird, sodass durch eine Impedanzänderung zugleich der Schwingungszustand (Amplitude und Resonanzfrequenz) erfasst wird, um eine möglichst kompakte Ausführungsform des MEMS-Sensors zu gewährleisten.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabestellung bei einem solchen Verfahren dadurch gelöst, dass das Plattenelement mit seiner Plattenebene im Wesentlichen senkrecht zur Waferoberfläche des Wafers herausgeätzt wird.

Hierdurch ist der Vorteil erhalten, dass der Platzbedarf des Bauelements auf dem Wafer wesentlich geringer ist und das einzelne Bauelement beziehungsweise der einzelne MEMS-Sensor wesentlich kostengünstiger herstellbar ist. Die Breite des Plattenelements ist folglich im Wesentlichen durch die Dicke des Wafers vorgegeben und die Länge des

Plattenelements wird vorteilhafterweise so gewählt, dass für die jeweilige Anwendung des MEMS-Sensors eine ausreichende Oberfläche des Plattenelements zur Verfügung steht. In dieser Ausführungsform ist eine sehr genaue geometrische Dimensionierung des jeweiligen Spaltabstandes zwischen der Plattenoberfläche und des Siliziumrahmens möglich, sodass der Gradient der Scherung sehr kontrolliert und individuell auf das zu untersuchende Medium abgestimmt werden kann, um äußerst präzise Viskositäts- und Dichtemessungen durchzuführen. Im Fall der Ausführungsform gemäß dem Stand der Technik von C. Riesch et al. ist die Unterseite offen und nur durch eine genaue und damit technisch aufwändige Positionierung und Fixierung des Deckelelementes kann zur Oberseite hin ein ähnlicher Effekt erzielt werden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Bauelements und dessen Herstellungsverfahren werden im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert.

Figur 1 zeigt einen Wafer mit mehreren Bauelementen.

Figur 2 zeigt das Plattenelement eines Bauelements, das mit nur einem Balken schwingend aufgehängt und durch einen Aktuator in Schwingungen versetzbar ist, in einer Schnittdarstellung.

Figur 3 zeigt das Plattenelement eines anderen Bauelements, das mit zwei Balken schwingend aufgehängt und durch zwei Aktuatoren in Schwingungen versetzbar ist, in einer Schnittdarstellung.

Figur 4 zeigt das Plattenelement eines weiteren Bauelements, das mit drei Balken schwingend aufgehängt und durch zwei Aktuatoren in Schwingungen versetzbar ist, in einer Schnittdarstellung.

Figur 5 zeigt das Plattenelement eines weiteren Bauelements, das mit vier Balken schwingend aufgehängt und durch vier Aktuatoren in Schwingungen versetzbar ist, in einer Schnittdarstellung.

Figur 6 zeigt einen Teil eines Wafers in einer Seiten-Schnittdarstellung bei einem ersten Verfahrensschritt des Herstellungsverfahrens zur Herstellung des Bauelements gemäß Figur 5.

Figur 7 zeigt einen Teil eines Wafers in einer Seiten-Schnittdarstellung bei einem zweiten

Verfahrensschritt des Herstellungsverfahrens zur Herstellung des Bauelements gemäß Figur 5.

Figur 8 zeigt einen Teil eines Wafers in einer Seiten-Schnittdarstellung und einer Draufsicht-Schnittdarstellung bei einem dritten Verfahrensschritt des Herstellungsverfahrens zur Herstellung des Bauelements gemäß Figur 5.

Figur 9 zeigt einen Teil eines Wafers in einer Seiten-Schnittdarstellung und einer Draufsicht-Schnittdarstellung bei einem vierten Verfahrensschritt des Herstellungsverfahrens zur Herstellung des Bauelements gemäß Figur 5.

Figur 10 zeigt einen Teil eines Wafers in einer Seiten-Schnittdarstellung und einer Draufsicht-Schnittdarstellung bei einem fünften Verfahrensschritt des Herstellungsverfahrens zur Herstellung des Bauelements gemäß Figur 5.

Figur 11 zeigt einen Teil eines Wafers in einer Draufsicht-Schnittdarstellung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem eine größere Messkammer zur Modifikation des Gradienten der Scherwelle in dem Bauelement vorgesehen ist.

Figur 1 zeigt einen Wafer 1 auf dem eine Vielzahl von Bauelementen 2 hergestellt wurden, die in der Darstellung in Figur 1 bereits vereinzelt und teilweise von dem Wafer 1 abgenommen wurden. Der Wafer 1 ist scheibenförmig ausgebildet und weist eine obere und eine untere Waferoberfläche 3 auf, die zueinander parallel sind. Jedes von dem Wafer 1 vereinzelt Bauelement 2 weist seinerseits eine obere Bauelementoberfläche 4 und eine untere Bauelementoberfläche 5 auf, die zueinander parallel und einem Teil der Waferoberflächen 3 entsprechen. Auf das Herstellungsverfahren zur Herstellung der Bauelemente 2 ist in weiterer Folge noch näher eingegangen.

Die Bauelemente 2 sind derart aufgebaut, um nach einem Packaging-Vorgang als MEMS-Sensoren mit integriertem Schaltkreis (nicht gezeigt) mit einer mikro-mechanischen Struktur Umgebungsparameter der Bauelemente 2 über eine Öffnung des Packages zur Zuführung eines Messmediums zu messen. Die Bauelemente 2 können beispielsweise zur Messung der Viskosität des Messmediums verwendet werden.

In Figur 2 ist ein Teil des Bauelements 2 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer Seiten-Schnittdarstellung dargestellt, in der die obere

Bauelementoberfläche 4 und die untere Bauelementoberfläche 5 und dazwischen liegend somit die Dicke des Wafers 1 zu sehen ist. Das Bauelement 2 weist ein Plattenelement 6 auf, das mit nur einem Balken 7 schwingend aufgehängt ist. Hierdurch kann das Plattenelement 6 Schwingungen S1 um den einen Balken 7 ausführen, wobei die Schwingungen S1 Schwingungen in einer Plattenebene 9 und Schwingungen senkrecht dazu beinhalten können.

Der Balken 7 ist durch einen dielektrischen Layer 8 gebildet, der bei dem Herstellungsverfahren des Wafers 1 durch eine Siliziumnitrid-Schicht erzeugt wurde, worauf nachfolgend näher eingegangen ist. Im Bereich des Balkens 7 wurde bei der Herstellung ein Piezoelement 10 in Dünnschichttechnologie vorgesehen. Solche Piezoelemente 10 sind dem Fachmann bekannt und können beispielweise aus folgenden Materialien gebildet werden: Aluminiumnitrid; PZT; ZnO.

Das Piezoelement 10 weist in der Figur 1 nicht dargestellte Anschlusskontakte auf, an die eine Ansteuerschaltung anschließbar ist, von der ein elektrisches Ansteuersignal im kHz-Frequenzbereich an die Anschlusskontakte abgegeben wird. Die Frequenz des Ansteuersignals ist hierbei so gewählt, dass das aus zumindest dem Plattenelement 2 und dem Piezoelement 10 gebildete Schwingungssystem in Resonanz angeregt wird. Diese resonante Ansteuerung ermöglicht ausreichend große Schwingungsamplituden, um die Messungen an dem Messmedium zu ermöglichen. Die Ansteuerschaltung kann teilweise oder zur Gänze als integrierte Schaltung in dem Bauelement 2 realisiert sein oder aber als externe Schaltung an den integrierten Schaltkreis angeschlossen werden.

Das Bauelement 2 weist weiters einen Messraum 11 auf, der als Hohlraum rund um das Plattenelement 6 vorgesehen ist und in dem das Plattenelement 6 frei schwingen kann. Zur Vorbereitung der Messung der Viskosität des Messmediums wird das Messmedium in den Messraum 11 eingebracht, worauf nachfolgend noch näher eingegangen ist.

Weiters ist eine in der Figur 2 nicht dargestellte Messschaltung vorgesehen, die ebenfalls an Anschlusskontakte des Piezoelements 10 angeschlossen ist. Die Messschaltung nutzt die piezoelektrischen Eigenschaften des Piezoelements 10, um anhand des durch die Verbiegung des Piezoelements 10 hervorgerufene Impedanzänderung in dem Piezoelements 10 auf die tatsächlichen Schwingungszustand des Plattenelements 6 in dem Messmedium rückzuschließen. Die Messschaltung vergleicht hierauf die gemessene

Schwingungsamplitude und die gemessene Schwingungsfrequenz des Resonanzpeaks in der leeren Messkammer 11 frei schwingenden Plattenelements 6 mit der gemessenen Schwingungsamplitude und der gemessenen Schwingungsfrequenz des in dem Messmedium schwingenden Plattenelements 6. Durch die Scherkräfte des Plattenelements 6 in dem Messmedium kommt es zu einer Dämpfung der Schwingung, insbesondere der Schwingungsamplitude einhergehend mit einer Verbreiterung der Resonanzschärfe und zu einer Frequenzverschiebung der resonanten Schwingungen des Plattenelements 6. Dieser Vergleich der Messwerte (Amplitude, Resonanzschärfe, Resonanzfrequenz) ermöglicht auf die Viskosität und die Dichte des Messmediums rückzuschließen. Ein entsprechender Messwert wird durch die Auswerteelektronik ausgegeben.

In Figur 3 ist das Bauelement 2 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer Seiten-Schnittdarstellung dargestellt. Das Bauelement 2 gemäß Figur 3 unterscheidet sich von dem Bauelement 2 gemäß Figur 2 dadurch, dass an der oberen Bauelementenoberfläche 4 ein zweiter Balken 12 vorgesehen ist. Hierdurch ist der Vorteil erhalten, dass die Schwingungen S2 des Plattenelements 6 besser in der Plattenebene 9 geführt werden. Da die Viskositätsmessung auf der Messung der Scherkräfte des Plattenelements 6 in dem Messmedium beruht, sind genau diese Schwingungen S2 des Plattenelements 6 in der Plattenebene 9 relevant für die Messung und die Schwingungen quer zur Plattenebene 9 nach Möglichkeit zu unterbinden.

Das Bauelement 2 weist im Bereich des zweiten Balkens 12 ein zweites Piezoelement 13 auf, das ebenfalls mit der Ansteuerschaltung und mit der Messschaltung verbunden ist. Durch das Vorsehen des zweiten Piezoelements 13 wird eine größere resonante Schwingungsamplitude erzielt und es kann eine genauere beziehungsweise zuverlässigere Messung durchgeführt werden.

In Figur 4 ist das Bauelement 2 gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer Seiten-Schnittdarstellung dargestellt. Das Bauelement 2 gemäß Figur 4 unterscheidet sich von dem Bauelement 2 gemäß Figur 3 dadurch, dass an der unteren Bauelementenoberfläche 5 ein dritter Balken 14 vorgesehen ist. Hierdurch ist der Vorteil erhalten, dass die Schwingungen S3 des Plattenelements 6 noch besser in der Plattenebene 9 geführt werden.

In Figur 5 ist das Bauelement 2 gemäß einem vierten und bevorzugten Ausführungsbeispiel

der Erfindung in einer Seiten-Schnittdarstellung dargestellt. Das Bauelement 2 gemäß Figur 5 unterscheidet sich von dem Bauelement 2 gemäß Figur 4 dadurch, dass an der unteren Bauelementenoberfläche 5 ein weiterer vierter Balken 15 vorgesehen ist. Zusätzlich sind auch in dem Bereich des dritten Balkens 14 und des vierten Balkens 15 Piezoelemente 16 und 17 vorgesehen. Alle vier Piezoelemente 10, 13, 16 und 17 sind als kombinierte Aktuator-Sensoren ausgebildet und gewährleisten eine resonante Schwingung mit großer Schwingungsamplitude und eine zuverlässige und genauere Messung.

Besonders vorteilhaft an allen vier in den Figuren 2 bis 5 dargestellten Ausführungsbeispielen der Erfindung ist, dass die Plattenelemente 6 im Wesentlichen senkrecht zu der Waferoberfläche 3 des Wafers 1 und somit senkrecht zu der oberen Bauelementenoberfläche 4 und der unteren Bauelementenoberfläche 5 stehen. Hierdurch ist nur relativ wenig Fläche des Wafers 1 je Bauelement 2 nötig, weshalb auf einem Wafer 1 eine viel größere Anzahl an Bauelementen 2 hergestellt werden kann. Dies senkt die Herstellungskosten der Bauelemente 2. Ferner ist es in klassischer Dünnschichttechnologie mit piezoelektrischen Schichten technologisch einfacher, eine Schwingung aus der Oberfläche heraus (out of plane) anzuregen als parallel (in plane). Zudem kann als weitere Ausführungsform ein zweites, „out of plane“ schwingendes Plattenelement in der Messkammer angeordnet werden, das jedoch gegenphasig zum ersten schwingt, um die Scherrate zwischen den schwingenden Plattenelementen zu erhöhen.

Im Folgenden ist anhand der Figuren 6 bis 10 ist auf das Verfahren zur Herstellung der Bauelemente 2 näher eingegangen. Bei einem in Figur 6 dargestellten ersten Verfahrensschritt wird auf das Silizium des Wafers 1 ein dielektrischer Layer 18 auf die obere und die untere Waferoberfläche 3 aufgebracht. In jenen Bereichen des Wafers 1, in denen ein Hohlraum für die das Plattenelement 2 umgebende Messkammer 11 entstehen soll, wird der dielektrische Layer 18 durch einen Lithographie- und einem nachfolgenden Ätzschritt strukturiert. Diese freibleibenden Bereiche des Wafers 1 entsprechen auch jenen Bereichen, in denen später Balken vorgesehen sein können, aber nicht müssen.

Bei einem in Figur 7 dargestellten zweiten Verfahrensschritt wird der Wafer 1 über seine gesamte Dicke im Bereich der Aussparung des dielektrischen Layers 18 unter Aufbringung eines elektrischen Feldes und Flusssäure in einer elektrochemischen Zelle porosiziert. Alternativ kann auch ein sog. „Metal-assisted“ Ätzprozess zum Einsatz kommen, um lokal

Silizium zu porösizieren. Dem Fachmann ist ein solcher Verfahrensschritt zur Porosizierung von Silizium bekannt, weshalb hier nicht näher darauf eingegangen ist. Diese Bereiche 19 mit porosiziertem Silizium können bei einem späteren Verfahrensschritt auch unter bereits auf den Wafer 1 aufgebrachten weiteren Schichten herausgeätzt werden, worauf nachfolgend eingegangen ist. Zum Abschluss dieses zweiten Verfahrensschrittes wird der dielektrische Layer 18 von der oberen und der unteren Waferoberfläche 3 entfernt.

Bei einem in Figur 8 dargestellten dritten Verfahrensschritt wird in jenen Bereichen, in denen Balken das Plattenelement 2 tragen sollen ein weiterer dielektrischer Layer 20 aufgebracht. Da bei dem Herstellungsverfahren gemäß der Figuren 6 bis 10 das Bauelement 2 gemäß Figur 5 mit den vier Balken 7, 12, 14 und 15 hergestellt wird, wird sowohl auf der unteren als auch auf der oberen Waferoberfläche 3 der weitere dielektrische Layer 20 aufgebracht. In Figur 8 rechts ist eine Draufsicht-Schnittdarstellung des Teils des Wafers 1 dargestellt, der nach dem Abschluss des Herstellungsverfahrens das Bauelement 2 bilden wird.

Bei einem in Figur 9 dargestellten vierten Verfahrensschritt werden die Piezoelemente 10 und 13 in Dünnschichttechnologie im Bereich der Balken 7 und 12 auf der oberen Waferoberfläche 3 hergestellt. Dem Fachmann ist die Herstellung von Piezoelementen 10 in Dünnschichttechnologie bekannt, weshalb hierauf nicht näher eingegangen ist.

Bei einem in Figur 10 dargestellten fünften Verfahrensschritt werden die Piezoelemente 16 und 17 in Dünnschichttechnologie im Bereich der Balken 14 und 15 auf der unteren Waferoberfläche 3 hergestellt. Anschließend wird das porosizierte Silizium selektiv zum dichten, unporosierten Silizium aus den Bereichen 19 mit einem gängigen Ätzmittel für Si, bevorzugt mit einem KOH Ätzprozess herausgeätzt. Hierdurch wird die Messkammer 11 geschaffen und das Plattenelement 2 auf den Balken 7, 12, 14 und 15 schwingende freigestellt.

Das vorstehend beschriebene Herstellungsverfahren hat den Vorteil, dass durch die selektive Ätzrate zwischen porösem Si und dichtem Bulk-Silizium die Messkammer zu Beginn des Herstellungsprozesses definiert werden kann. Trotzdem ist es auf Grund der porösen Struktur des Si möglich, diese Bereich insbesondere an der Bauelementeunterseite mit Dünnschichtstrukturen zu versehen, was bei einer konventionellen, z.B. trockenchemischen Ätzung nach der Definition der Messkammer nicht mehr möglich wäre.

Es kann erwähnt werden, dass zur Herstellung des Bauelements 2 gemäß den Figuren 2 und 3 mit Balken auf nur einer Waferoberfläche 3 auch ein Herstellungsverfahren ohne den zweiten Verfahrensschritt des Porosizierens durchgeführt werden könnte. In diesem Fall könnte der Bereich der Messkammer 11 von der den Balken gegenüberliegenden Waferoberfläche 3 her freigeätzt werden. Eine mechanische Führung des Plattenelementes mit Balkenelementen, angeordnet auf der Unterseite des Bauelementes, wäre jedoch nur sehr schwer realisierbar.

Figur 11 zeigt einen Teil des Wafers 1 in einer Draufsicht-Schnittdarstellung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem eine größere Messkammer 11 in dem Bauelement 2 vorgesehen ist. Die Messkammer 11 kann auch unsymmetrisch um das Plattenelement 6 in Bezug auf den Abstand zum Siliziumrahmen ausgebildet sein.

Hierdurch kann die Messkammer 11 des MEMS-Sensors für die zu erwartenden Scherkräfte an unterschiedliche Messmedien angepasst werden. Mit dem erfindungsgemäßen MEMS-Sensor können beispielsweise folgende Messmedien, insbesondere flüssige, bezüglich bestimmter physikalischer Parameter vermessen werden: hochbeanspruchte Schmierstoffe, Blut, Emulsionen, Suspensionen.

Typische Dimensionen des Bauelements 2 könne beispielsweise wie folgt festgelegt werden. Die Spaltbreite der Messkammer 11 um das Plattenelement 6 kann größer als $30\mu\text{m}$, abhängig von der Dicke des Wafers 1, gewählt werden. Auch wäre es möglich ein relativ zum Plattenelement 6 bewegtes weiteres Element in die Messkammer 11 einzubringen, um den MEMS-Sensor bezüglich der zu erwartenden Scherkräfte bei der Messung zu optimieren.

Die Breite des Plattenelements 6 kann abhängig von der Dicke des Wafers 1 beispielsweise größer als $50\mu\text{m}$ gewählt werden. Die Dicke des Wafers 1 kann beispielsweise im Bereich von $300\mu\text{m}$ bis $1000\mu\text{m}$ festgelegt werden. Die Balken 7, 12, 14 und 15 könnten durch eine Breite von $50\mu\text{m}$ und eine Dicke von $1.5\mu\text{m}$ des dielektrischen Layers 20 gebildet werden. Bei einer Länge des Plattenelements von $400\mu\text{m}$ und einer Länge der Balken von $50\mu\text{m}$ ergibt sich für einen Balken ohne seismische Masse eine Resonanz der Schwingungsfrequenz im kHz-Bereich. Der Q-Faktor des Resonanzkreises beträgt typischerweise kleiner 50, wodurch mit den Piezoelementen 10 eine Schwingungsamplitude des Plattenelements 6 von mehreren Nanometern pro an die

Piezoelemente 10 angelegtem Volt des elektrischen Ansteuerungssignals realisiert werden kann. Diese piezoelektrisch erzeugte Schwingungsamplitude reicht vollkommen zur Messung der Scherkräfte des Messmediums aus.

Ebenso können die Bauelemente 2 aber auch zur Messung der Dichte des Messmediums oder als Mikrowaage ausgebildet werden, wenn sich selektiv auf der Bauelementeoberfläche Anteile aus dem zu untersuchenden Medium anlagern oder durch das umgebende Medium selektiv durch einen Ätzzvorgang oder durch Korrosion abgetragen werden. Diese Masseänderung wird dann durch eine Änderung in der Resonanzfrequenz bzw. der Resonanzschärfe erfasst.

Patentansprüche

1. Mikrotechnisch aus einem Wafer (1) hergestelltes Bauelement (2) zur Detektion von Umgebungsparametern mit einem in einer Plattenebene (9) schwingend aufgehängten Plattenelement (6), dadurch gekennzeichnet, dass das Plattenelement (6) mit seiner Plattenebene (9) im Wesentlichen senkrecht zur Waferoberfläche (3) des Wafers (1) angeordnet ist.
2. Bauelement (2) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Plattenelement (6) an zumindest einem Balken (7) und insbesondere an zwei an der Waferoberfläche (3) realisierten Balken (7, 12) schwingend in dem Bauelement (2) aufgehängt ist.
3. Bauelement (2) gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Plattenelement (2) an zumindest einem weiteren Balken (14) und insbesondere an zwei weiteren an der gegenüberliegenden Waferoberfläche (3) realisierten Balken (14, 15) schwingende in dem Bauelement (2) aufgehängt ist.
4. Bauelement (2) gemäß Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der Balken (7, 12, 14, 15) aus einem dielektrischen Layer (20) und insbesondere aus Siliziumnitrid hergestellt ist.
5. Bauelement (2) gemäß einem der vorherigen Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Piezoelement (10, 13, 16, 17) vorgesehen ist, um das Plattenelement (2) piezoelektrisch in Schwingungen zu versetzen.
6. Bauelement (2) gemäß einem der vorherigen Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement (2) zumindest eine Öffnung zur Zuführung eines Messmediums in einen das Plattenelement (6) umgebenden Messraum (11) aufweist.
7. Bauelement (2) gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Messraum (11) bei einem Porosizierungsprozess in Kombination mit einem nasschemischen Ätzprozess hoher Selektivität hergestellt wurde.
8. Bauelement (2) gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ansteuerschaltung vorgesehen ist, die zum Ansteuern des zumindest einen Piezoelements (10, 13, 16, 17) in eine resonante Schwingung des aus dem zumindest einen Piezoelement (10, 13, 16, 17) und dem Plattenelement (6) gebildeten Schwingungssystems ausgebildet ist und, dass eine Messschaltung vorgesehen ist, die anhand der durch die Scherkräfte des Plattenelements (6)

in dem Messmedium bedingten Verstimmung der Resonanzfrequenz des Schwingungssystems und/oder Dämpfung der Schwingungsamplitude zur Ermittlung eines die Viskosität des Messmediums kennzeichnenden Viskositätskennzahl ausgebildet ist.

9. Bauelement (2) gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweites Plattenelement vorgesehen ist und, dass die Ansteuerschaltung zum Ansteuern zumindest einen weiteren Piezoelements in eine resonante Schwingung des aus dem weiteren Piezoelement und dem zweiten Plattenelement gebildeten weiteren Schwingungssystems ausgebildet ist, wobei das Schwingungssystem und das weitere Schwingungssystem zu gegenphasigen Schwingungen angeregt werden.

10. Bauelement (2) gemäß Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerschaltung und die Messschaltung zum Ansteuern des zumindest eine Piezoelements (10, 13, 16, 17) als kombinierten Aktuator-Sensor ausgebildet sind.

11. Verwendung eines Bauelements (2) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement (2) zur Viskositätsmessung und/oder zur Dichtemessung des Messmediums und/oder als Mikrowaage verwendet wird.

12. Verfahren zur Herstellung eines mikrotechnisch aus einem Wafer (1) hergestellten Bauelements (2) zur Detektion von Umgebungsparametern mit einem in einer Plattenebene (9) an zumindest einem Balken (7, 12, 14, 15) schwingend aufgehängten Plattenelement (6), das bei einem Ätzprozess des Wafers (1) aus dem Bauelement (2) freigeätzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Plattenelement (6) mit seiner Plattenebene (9) im Wesentlichen senkrecht zur Waferoberfläche (3) des Wafers (1) herausgeätzt wird.

13. Verfahren gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung des Plattenelements (6) und des zumindest einen Balken (7, 12, 14, 15) folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- Aufbringen eines dielektrischen Layers (18) auf die Waferoberflächen, welche dielektrischen Layer (18) an den Rändern des herzustellenden Plattenelements (6) im Bereich der herzustellenden Balken (7, 12, 14, 15) ausgespart sind;
- Porosizieren des Wafers (1) über seine gesamte Dicke in Bereichen an denen die dielektrischen Layer (18) ausgespart sind unter Einwirkung eines elektrischen HF-Feldes;

- Entfernen des dielektrischen Layers (18) von den Waferoberflächen (3);
- Aufbringen eines weiteren dielektrischen Layers (20) im Bereich der herzustellenden Balken (7, 12, 14, 15);
- Herstellen des Plattenelements (6) und freistellen der Balken (7, 12, 14, 15) durch Entfernen des porosizierten Siliziums (19) bei einem KOH Ätzprozess.

14. Verfahren gemäß Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung von Aktuatoren zur Anregung einer Schwingung des Plattenelements (6) folgender Verfahrensschritt durchgeführt wird:

- Aufbringen eines Piezoelements (10, 13, 16, 17) in Dünnschichttechnologie auf dem weiteren dielektrischen Layer (20) im Bereich der herzustellenden Balken (7, 12, 14, 15) bevor die Balken (7, 12, 14, 15) durch den KOH Ätzprozess freigestellt werden.

15. Wafer (1), dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der Bauelemente (2) gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 10 vorgesehen ist.

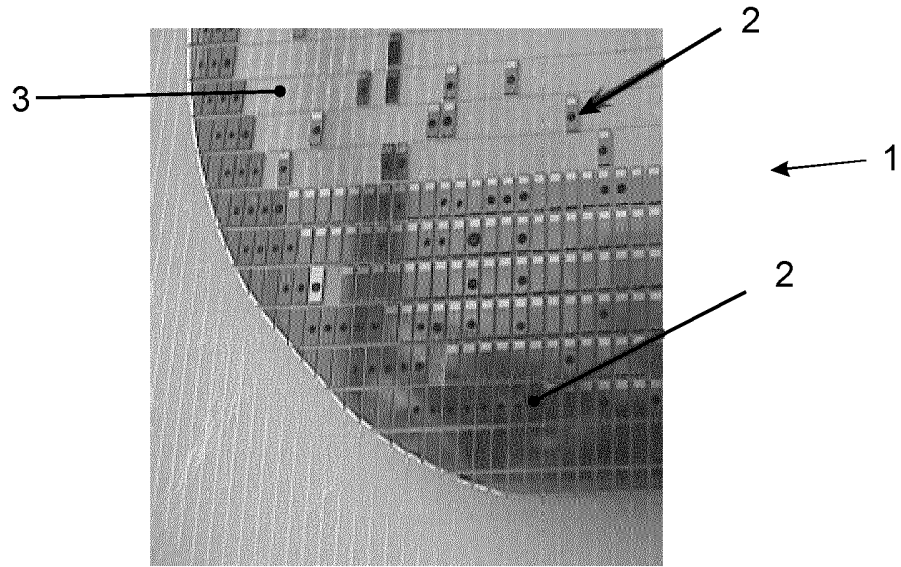


FIG. 1

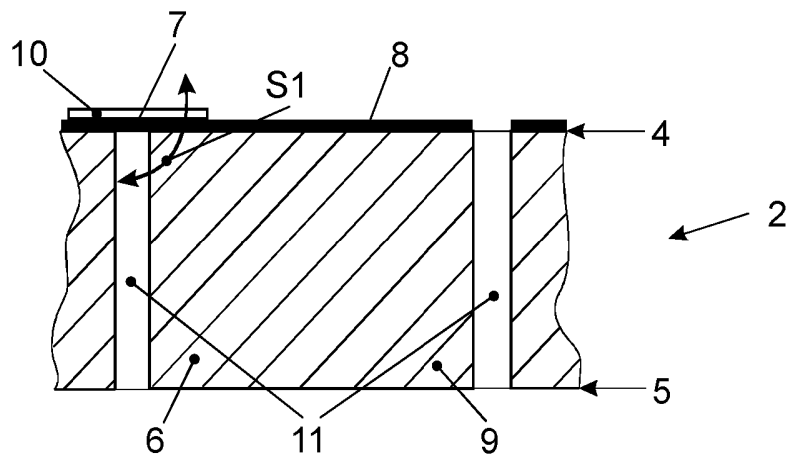


FIG. 2

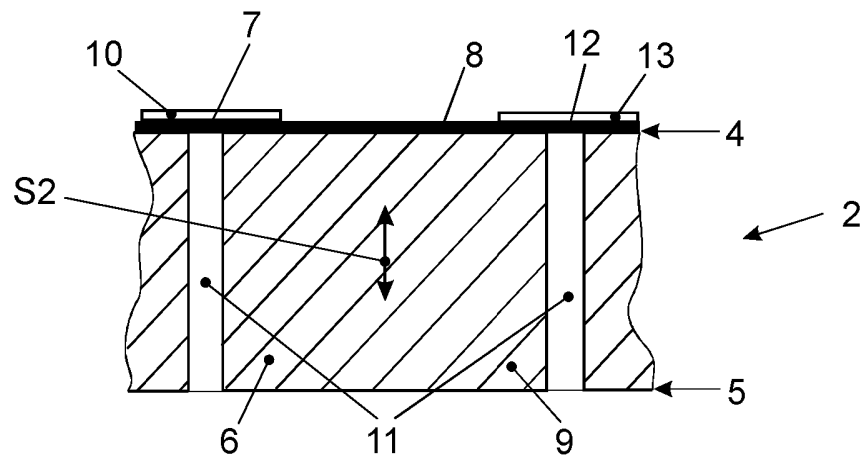


FIG. 3

3 / 3

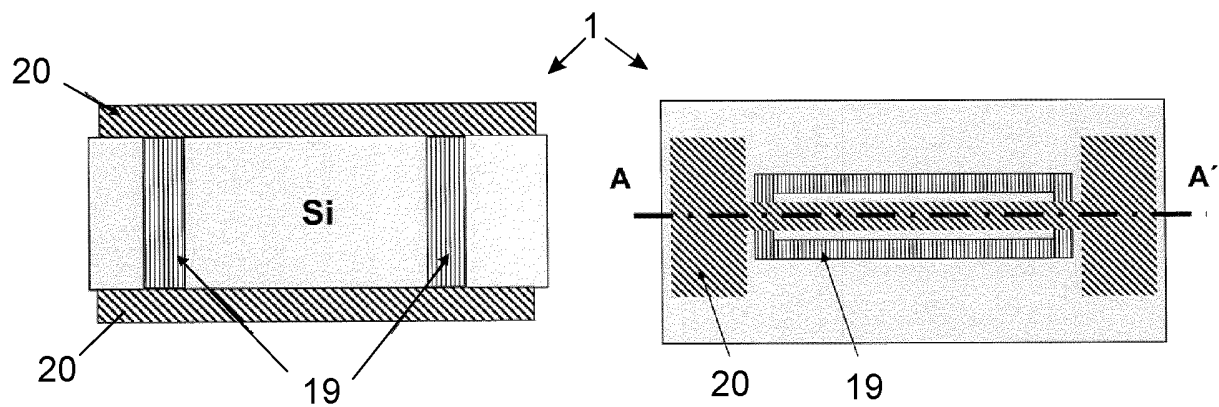


FIG. 8

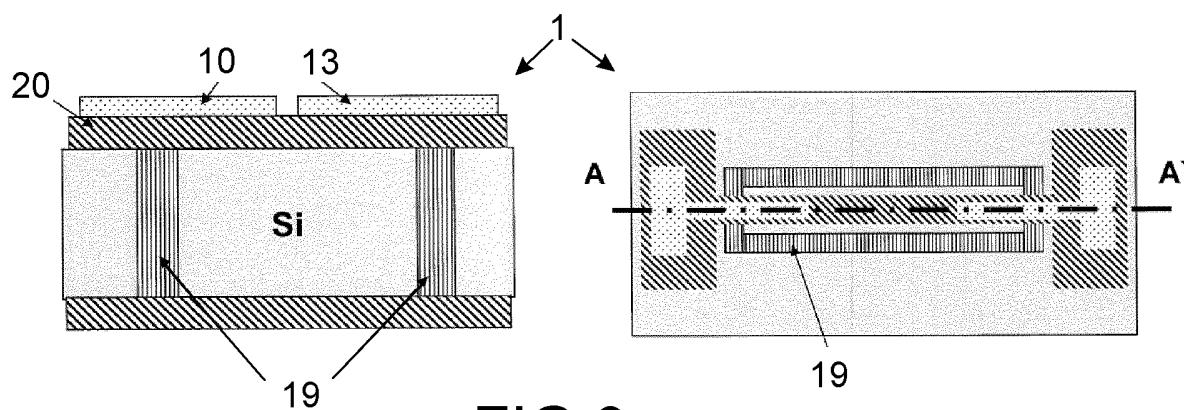


FIG. 9

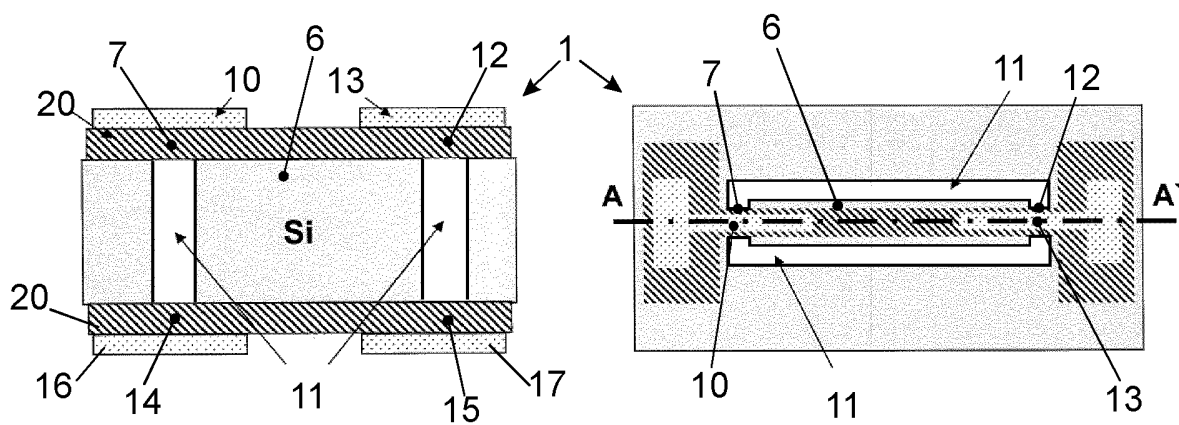


FIG. 10

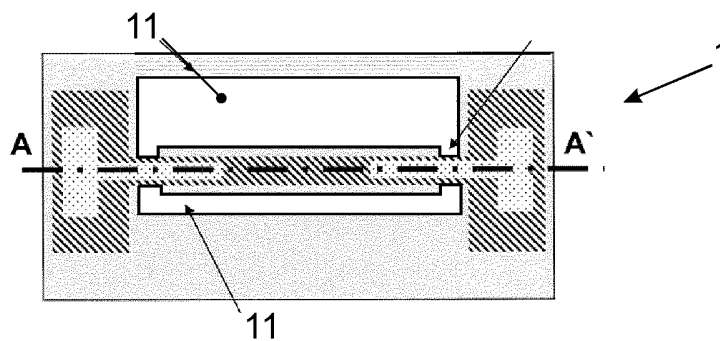


FIG. 11

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

B81B 3/00 (2006.01); **B81C 1/00** (2006.01); **G01N 29/028** (2006.01); **G01N 11/16** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

B81B 3/0021; **B81C 1/00047**; **B81C 1/00547**; **B81C 1/00595**; **G01N 29/028**; **G01N 11/16**; **B81B 2201/0285**; **B81B 2203/01**; **B81B 2203/0172**; **B81C 2201/0115**

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

B81B, B81C, G01N

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, Volltext

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **05.12.2012** eingereichten Ansprüchen **1-15** erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	WO 03011747 A1 (NCSR DEMOKRITOS) 13. Februar 2003 (13.02.2003) gesamtes Dokument	1-15
A	WO 2004094956 A1 (QUANTUM PREC INSTR) 04. November 2004 (04.11.2004) gesamtes Dokument	1-15
A	D'ARRIGO G et al., Sensors and Actuators A, April 2002, Vol. 99, No. 1-2, Seiten 112-118.	1-15
A	RIESCH C et al., J. Micromech. Microeng., Juli 2009, Vol. 19, No. 7, Seite 075010 (10 Seiten)	1-15
A	TADIGADAPA et al., Meas. Sci. Technol., September 2009, Vol. 20, No. 9, Seite 092001 (30 Seiten)	1-15
A	US 2003049879 A1 (LIN) 13. März 2003 (13.03.2003) gesamtes Dokument	1-15
A	US 2009120168 A1 (HARRISON et al.) 14. Mai 2009 (14.05.2009) gesamtes Dokument	1-15

Datum der Beendigung der Recherche:
30.10.2013

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

MESA PASCASIO Johannes

*) Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Patentansprüche

1. Mikrotechnisch aus einem Wafer (1) hergestelltes Bauelement (2) zur Detektion von Umgebungsparametern mit einem in einer Plattenebene (9) schwingend aufgehängten Plattenelement (6), dadurch gekennzeichnet, dass das Plattenelement (6) mit seiner Plattenebene (9) im Wesentlichen senkrecht zur Waferoberfläche (3) des Wafers (1) angeordnet ist und, dass ein Aktorelement vorgesehen ist, um das Plattenelement (9) in Schwingung zu versetzen.
2. Bauelement (2) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Plattenelement (6) an zumindest einem Balken (7) und insbesondere an zwei an der Waferoberfläche (3) realisierten Balken (7, 12) schwingend in dem Bauelement (2) aufgehängt ist.
3. Bauelement (2) gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Plattenelement (2) an zumindest einem weiteren Balken (14) und insbesondere an zwei weiteren an der gegenüberliegenden Waferoberfläche (3) realisierten Balken (14, 15) schwingende in dem Bauelement (2) aufgehängt ist.
4. Bauelement (2) gemäß Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der Balken (7, 12, 14, 15) aus einem dielektrischen Layer (20) und insbesondere aus Siliziumnitrid hergestellt ist.
5. Bauelement (2) gemäß einem der vorherigen Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Piezoelement (10, 13, 16, 17) als Aktorelement vorgesehen ist, um das Plattenelement (2) piezoelektrisch in Schwingungen zu versetzen.
6. Bauelement (2) gemäß einem der vorherigen Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement (2) zumindest eine Öffnung zur Zuführung eines Messmediums in einen das Plattenelement (6) umgebenden Messraum (11) aufweist.
7. Bauelement (2) gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Messraum (11) bei einem Porosierungsprozess in Kombination mit einem nasschemischen Ätzprozess hoher Selektivität hergestellt wurde.
8. Bauelement (2) gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ansteuerschaltung vorgesehen ist, die zum Ansteuern des zumindest einen Piezoelements (10, 13, 16, 17) in eine resonante Schwingung des aus dem zumindest einen Piezoelement (10, 13, 16, 17) und dem Plattenelement (6) gebildeten Schwingungssystems ausgebildet ist und, dass eine

Messschaltung vorgesehen ist, die anhand der durch die Scherkräfte des Plattenelements (6) in dem Messmedium bedingten Verstimmung der Resonanzfrequenz des Schwingungssystems und/oder Dämpfung der Schwingungsamplitude zur Ermittlung eines die Viskosität des Messmediums kennzeichnenden Viskositätskennzahl ausgebildet ist.

9. Bauelement (2) gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweites Plattenelement vorgesehen ist und, dass die Ansteuerschaltung zum Ansteuern zumindest einen weiteren Piezoelements in eine resonante Schwingung des aus dem weiteren Piezoelement und dem zweiten Plattenelement gebildeten weiteren Schwingungssystems ausgebildet ist, wobei das Schwingungssystem und das weitere Schwingungssystem zu gegenphasigen Schwingungen angeregt werden.

10. Bauelement (2) gemäß Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerschaltung und die Messschaltung zum Ansteuern des zumindest eine Piezoelements (10, 13, 16, 17) als kombinierten Aktuator-Sensor ausgebildet sind.

11. Verwendung eines Bauelements (2) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement (2) zur Viskositätsmessung und/oder zur Dichtemessung des Messmediums und/oder als Mikrowaage verwendet wird.

12. Verfahren zur Herstellung eines mikrotechnisch aus einem Wafer (1) hergestellten Bauelements (2) zur Detektion von Umgebungsparametern mit einem in einer Plattenebene (9) an zumindest einem Balken (7, 12, 14, 15) schwingend aufgehängten Plattenelement (6), das bei einem Ätzprozess des Wafers (1) aus dem Bauelement (2) freigeätzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Plattenelement (6) mit seiner Plattenebene (9) im Wesentlichen senkrecht zur Waferoberfläche (3) des Wafers (1) herausgeätzt wird, wobei folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- Aufbringen eines dielektrischen Layers (18) auf die Waferoberflächen, welche dielektrischen Layer (18) an den Rändern des herzustellenden Plattenelements (6) im Bereich der herzustellenden Balken (7, 12, 14, 15) ausgespart sind;
- Porosizieren des Wafers (1) über seine gesamte Dicke in Bereichen an denen die dielektrischen Layer (18) ausgespart sind unter Einwirkung eines elektrischen Feldes;
- Entfernen des dielektrischen Layers (18) von den Waferoberflächen (3);

- Aufbringen eines weiteren dielektrischen Layers (20) im Bereich der herzustellenden Balken (7, 12, 14, 15);
- Herstellen des Plattenelements (6) und freistellen der Balken (7, 12, 14, 15) durch Entfernen des porosizierten Siliziums (19) bei einem KOH Ätzprozess.

13. Verfahren gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung von Aktuatoren zur Anregung einer Schwingung des Plattenelements (6) folgender Verfahrensschritt durchgeführt wird:

- Aufbringen eines Piezoelements (10, 13, 16, 17) in Dünnschichttechnologie auf dem weiteren dielektrischen Layer (20) im Bereich der herzustellenden Balken (7, 12, 14, 15) bevor die Balken (7, 12, 14, 15) durch den KOH Ätzprozess freigestellt werden.

14. Wafer (1), dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der Bauelemente (2) gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 9 vorgesehen ist.