(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 521457 A1 2020-01-15**

(12) Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50606/2018
(22) Anmeldetag: 13.07.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.01.2020

(51) Int. Cl.: ***G01N 33/28*** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2007074562 A1
WO 2006138661 A2
US 2008289400 A1
WO 0045145 A2
DE 102013209872 A1

(71) Patentanmelder:
AC2T research GmbH
2700 Wiener Neustadt (AT)

(72) Erfinder:
Dörr Nicole Dipl.Ing. Dr.
1210 Wien (AT)
Schneidhofer Christoph Dipl.Ing. (FH)
2560 Aigen (AT)
Patocka Florian Dipl.Ing.
1110 Wien (AT)
Schneider Michael Dr.
1190 Wien (AT)
Schmid Ulrich Dr.
1140 Wien (AT)

(74) Vertreter:
Schwarz & Partner Patentanwälte OG
1010 Wien (AT)

AT 521457 A1 2020-01-15

(54) Sensor zur Erfassung von Fluideigenschaften

(57) Sensor (1) zur Erfassung von Fluideigenschaften mit einer Piezoeinheit (2), umfassend eine Trägereinheit (3), eine auf der Trägereinheit (3) angeordnete piezoelektrische Schicht (4), und eine auf der Piezoeinheit (2) angeordneten und diese zumindest abschnittsweise überlagernden Aktorschicht (5), wobei die Aktorschicht (5) dazu ausgebildet ist, ein elektrisches und/oder ein magnetisches Feld zu erzeugen.

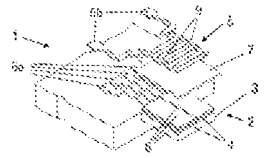


Fig. 1a

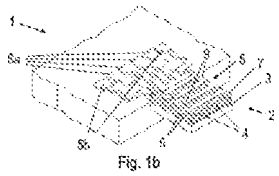


Fig. 1b

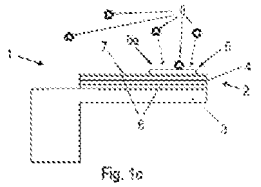


Fig. 1c

Zusammenfassung:

Sensor (1) zur Erfassung von Fluideigenschaften mit einer Piezoeinheit (2), umfassend eine Trägereinheit (3), eine auf der Trägereinheit (3) angeordnete piezoelektrische Schicht (4), und eine auf der Piezoeinheit (2) angeordneten und diese zumindest abschnittsweise überlagernden Aktorschicht (5), wobei die Aktorschicht (5) dazu ausgebildet ist, ein elektrisches und/oder ein magnetisches Feld zu erzeugen.

(Figur 1)

Sensor zur Erfassung von Fluideigenschaften

Die Erfindung betrifft einen Sensor zur Erfassung von Fluideigenschaften gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, eine Regenerierungsvorrichtung für zu reinigende Oberflächen, insbesondere für Oberflächen von Sensoren gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 19 und ein Sensorsystem gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 24.

In mechanischen Vorrichtungen wie in Motoren, Getrieben, Turbinen oder Ähnlichem werden Fluide beispielsweise als Schmierstoffe und/oder Kühlmittel eingesetzt. Die Hauptaufgabe dieser Fluide besteht darin, Abrieb und Reibung zwischen einzelnen Komponenten der Vorrichtung zu reduzieren beziehungsweise Wärme abzuführen. Oftmals stellen die Fluide zusätzlich auch eine Abdichtung zwischen Komponenten sowie einen Korrosionsschutz bereit. Insbesondere Schmierstoffe sind während des Betriebs der Vorrichtung großen mechanischen, thermischen und chemischen Belastungen ausgesetzt. Diese führen zu einem Alterungsprozess, welcher die Eigenschaften des Fluids negativ beeinflussen kann. Eine Folge des Alterungsprozesses besteht darin, dass Partikel in dem Fluid entstehen, welche Ablagerungen an den Komponenten der Vorrichtung bilden. Diese Ablagerungen führen beispielsweise zu einer frühzeitigen Abnutzung der Vorrichtung, beeinträchtigen deren Leistung oder verursachen aufwändige Service- und Reinigungsarbeiten. Des Weiteren nehmen Schmierstoffe während des Betriebs der Vorrichtung neben diesen in der Regel organischen Partikeln auch metallische Partikel auf, welche aus Verschleißprozessen resultieren, welche wiederum Abrieb an mechanischen Komponenten verursachen können. Mit herkömmlichen Labormethoden lassen sich die Auswirkungen von Alterungs- und Verschleißprozessen und die daraus resultierende Verschlechterung der Fluideigenschaften nur punktuell und in gewissen Zeitabständen bestimmen. Zudem erfordert eine labortechnische Bestimmung der momentanen Fluideigenschaften eine Entnahme von Schmierstoff beziehungsweise Fluid aus der Vorrichtung, was unter Umständen eine Betriebsunterbrechung erfordert.

Bestimmte Sensoren zur Erfassung von Fluideigenschaften bieten die Möglichkeit, während des Betriebs der Vorrichtung verschiedene Eigenschaften des Fluids zu bestimmen. Hierdurch kann eine kontinuierliche Qualitätskontrolle bereitgestellt werden. Dies bietet den Vorteil, dass ein Austausch des Fluids anhand dessen tatsächlichen Zustands beziehungsweise dessen Belastung mit Partikeln durchgeführt werden kann. Hierdurch wird verhindert, dass die Vorrichtung mit Schmierstoff beziehungsweise Kühlmittel von bereits zu geringer Qualität betrieben wird, oder dass andererseits Schmierstoff oder Kühlmittel, welches noch weiterverwendet werden könnte, frühzeitig getauscht wird.

Aus der US 6,223,589 B1 ist ein Sensor zur Erfassung von Fluideigenschaften bekannt, welcher eine Piezoeinheit und auf dieser eine sensitive Schicht, welche aus einem Polymer gebildet ist, aufweist. Der Sensor wird im Betrieb in Kontakt mit einem Fluid beziehungsweise Schmierstoff gebracht und zu einer Schwingung angeregt. Die Polymerschicht des Sensors ist derart ausgebildet, dass sie eine Anlagerung von als Analyten bezeichneten Motorölkomponenten aus dem Motoröl gewährleistet. Hierdurch verändert sich die Masse der sensitiven Schicht je nach Konzentration des Analyten, wodurch die Resonanzfrequenz des Sensors beeinflusst wird. Diese Veränderung erlaubt einen Rückschluss auf das Vorhandensein von Motorölkomponenten, wodurch eine Aussage über die Alterung des Motoröls getroffen werden kann.

Sensoren zur Erfassung von Fluideigenschaften gemäß dem Stand der Technik weisen den Nachteil auf, dass deren sensitive Schichten in ihrer stofflichen und/oder Oberflächen-Beschaffenheit an die Art der Schmierstoffkomponenten oder Alterungsprodukte von Interesse angepasst werden müssen. Hierdurch kann mit einem einzelnen Sensor immer nur eine bestimmte Art von Schmierstoffkomponenten oder Alterungsprodukten detektiert werden. Für eine umfassende Bestimmung von Fluideigenschaften von Interesse sind somit mehrere verschiedene Sensoren notwendig. Des Weiteren ermöglichen derartige Sensoren gemäß dem Stand der Technik nur die Bestimmung von organischen Partikeln, welche bereits Anlagerungen in der Vorrichtung bilden, bevor diese im Fluid durch den Sensor nachgewiesen werden können. Werden derartige Partikel erkannt, muss das Fluid somit schnellstmöglich gewechselt werden, um eine weitere Bildung von Ablagerungen zu verhindern. Dies steht jedoch oft im Widerspruch zur gegebenen Auslastung der Vorrichtung, sodass ein Austausch des Fluids erst verspätet erfolgen kann.

Ein weiterer Nachteil von Sensoren zur Erfassung von Fluideigenschaften gemäß dem Stand der Technik besteht darin, dass an deren sensitiven Schichten durch die Anlagerung von Schmierstoffkomponenten und Alterungsprodukten eine Sättigung auftritt. Hierdurch wird der Sensor unbrauchbar, und muss einer Reinigung unterzogen werden. Dies resultiert in einer verringerten Verfügbarkeit des Sensors und einen erhöhten Aufwand für Wartungsmaßnahmen.

Die vorliegende Erfindung stellt sich die Aufgabe, die genannten Nachteile der bekannten Sensoren zur Erfassung von Fluideigenschaften zu überwinden oder zumindest zu mildern. Insbesondere soll eine frühzeitige Erkennung der Bildung von organischen Partikeln in Folge von Alterungsprozessen bereitgestellt werden, um eine bessere Planbarkeit des Fluidaustauschs zu ermöglichen. Des Weiteren soll eine Möglichkeit zur Reinigung von Sensoren bereitgestellt werden, um deren Verfügbarkeit zu erhöhen.

Diese Aufgabe wird durch einen Sensor zur Erfassung von Fluideigenschaften mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine Regenerierungsvorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 19 und einem Sensorsystem mit den Merkmalen von Anspruch 24 gelöst. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung und die sich daraus ergebenden Vorteile sind in den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung dargelegt.

Der erfindungsgemäße Sensor zur Erfassung von Fluideigenschaften umfasst eine vorzugsweise flächig bzw. plättchenförmig ausgebildete Piezoeinheit und eine Aktorschicht, welche auf der Piezoeinheit angeordnet ist und diese zumindest abschnittsweise überlagert. Die Piezoeinheit umfasst ihrerseits eine Trägereinheit und eine auf der Trägereinheit angeordnete piezoelektrische Schicht. Die Aktorschicht erzeugt ein elektrisches und/oder ein magnetisches Feld. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass sowohl magnetische Partikel, wie Metallabrieb, welcher in dem Fluid dispergiert ist, als auch beispielsweise polare und/oder geladene Partikel an die Aktorschicht angelagert werden können. Dies ermöglicht die Erfassung einer wesentlich höheren Anzahl an verschiedenen Partikeln und Verbindungen, als mit Sensoren gemäß dem Stand der Technik erreicht wird. Insbesondere wird hierdurch der Vorteil erreicht, dass bereits Vorläuferprodukte organischer Partikel, welche in weitere Folge Ablagerungen bilden würden, an den Sensor angelagert und detektiert werden. Hierdurch wird erstmals eine Möglichkeit bereitgestellt frühzeitig zu bestimmen, ob ein Schmierstoff dazu neigt, Ablagerungen zu bilden. Hierdurch kann einem erhöhten Verschleiß oder sonstigen negativen Auswirkungen auf die zu überwachende Vorrichtung vorgebeugt werden.

Gemäß einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Sensors weist die Aktorschicht Teilgebiete auf, welche auf gegenüberliegenden Seiten der Piezoeinheit angeordnet sind.

Gemäß einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Sensors umfasst die Aktorschicht zumindest eine mäanderförmig angeordnete Leiterbahn. Diese ermöglicht eine besonders effiziente Erzeugung des magnetischen Feldes. In einer alternativen Ausführungsvariante umfasst die Aktorschicht zumindest zwei mäanderförmig angeordnete Leiterbahnen, welche voneinander elektrisch isoliert sind. Hierdurch wird die Erzeugung eines elektrischen Feldes ermöglicht. Ein elektrisches Feld kann auch mit einer Aktorschicht erzeugt werden, welche zumindest zwei elektrisch voneinander isolierte, in einer Interdigitalanordnung ineinandergreifende Leiterbahnen umfasst. Alternativ kann der Sensor auch Teilgebiete der Aktorschicht mit mindestens einer mäanderförmigen Leiterbahn und Leiterbahnen in Interdigitalanordnung aufweisen.

Zur Erzeugung des elektrischen und/oder magnetischen Feldes ist die Aktorschicht, beziehungsweise sind deren elektrisch leitfähige Komponenten, mit einer

Gleichspannungsquelle oder einer Wechselspannungsquelle bzw. mit einer Gleichstrom- oder Wechselstromquelle verbunden.

Gemäß der bevorzugten Ausführungsform umfasst die Piezoeinheit zumindest zwei einander gegenüberliegende Elektroden, zwischen welchen die piezoelektrische Schicht angeordnet ist. In einer alternativen Ausführungsvariante umfasst die Piezoeinheit zumindest zwei Paare einander gegenüberliegender Elektroden, zwischen welchen die piezoelektrische Schicht angeordnet ist. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass mittels einer Segmentierung der Elektroden unterschiedliche Schwingungsmoden realisiert werden können. Alternativ können auch zumindest zwei elektrisch voneinander isolierte Elektroden auf einer Seite der piezoelektrischen Schicht vorgesehen sein. Hierdurch werden fertigungstechnische Vorteile erreicht.

Zur Erhöhung der Langzeitstabilität sowie Stabilität im Allgemeinen wird die Aktorschicht vorzugsweise mit einer zusätzlichen elektrisch isolierenden Passivierungsschicht geschützt. Die Passivierungsschicht ist in Kontakt mit dem umgebenden Fluid, dessen Eigenschaften, insbesondere Partikelgehalt, bestimmt werden sollen. Die Passivierungsschicht enthält vorzugsweise zumindest einen Werkstoff ausgewählt aus Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Siliziumkarbid, und/oder Aluminiumnitrid. Gemäß einer alternativen Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Sensors ist die Passivierungsschicht als eine Antihaftschicht, welche vorzugsweise aus Polytetrafluorethylen gefertigt ist, oder als eine Schicht mit Lotuseffekt ausgeführt.

Vorzugsweise umfasst der Sensor eine zwischen der Piezoeinheit und der Aktorschicht angeordnete Isolierschicht, welche die Piezoeinheit von der Aktorschicht elektrisch isoliert. Die Isolierschicht enthält vorzugsweise zumindest einen Werkstoff ausgewählt aus Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Siliziumkarbid oder Aluminiumnitrid.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Sensors ist die Trägereinheit aus Silizium, Siliziumkarbid, Siliziumnitrid, oder Siliziumdioxid gefertigt. Des Weiteren ist die piezoelektrische Schicht vorzugsweise aus Aluminiumnitrid, Zinkoxid, Blei-Zirkonat-Titanat oder Scandium-Aluminiumnitrid gefertigt. Die Elektroden enthalten vorzugsweise zumindest einen Werkstoff ausgewählt aus Chrom, Titan, Gold, Molybdän, Silber, Kupfer oder Platin.

Vorzugsweise enthält die Aktorschicht zumindest einen Werkstoff ausgewählt aus Chrom, Titan, Gold, Kupfer, Silber oder Platin.

Die erfindungsgemäße Regenerierungsvorrichtung für Sensoren umfasst eine dem Sensor zugewandte, von dem Sensor beabstandete Regenerierungsschicht, die auf einem Träger aufgebracht ist. Die Regenerierungsschicht erzeugt ein elektrisches und/oder ein magnetisches Feld. Die Regenerierungsschicht weist einen Aufbau auf, welcher der Aktorschicht des erfindungsgemäßen Sensors ähnlich ist.

Gemäß einer Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Regenerierungsvorrichtung umfasst die Regenerierungsschicht zumindest eine mäanderförmig angeordnete Leiterbahn. Diese ermöglicht eine besonders effiziente Erzeugung des magnetischen Feldes. In einer alternativen Ausführungsvariante umfasst die Regenerierungsschicht zumindest zwei mäanderförmig angeordnete Leiterbahnen, welche voneinander elektrisch isoliert sind. Hierdurch wird die Erzeugung eines elektrischen Feldes ermöglicht. Ein elektrisches Feld kann auch mit einer Regenerierungsschicht erzeugt werden, welche zumindest zwei elektrisch voneinander isolierte, in einer Interdigitalanordnung ineinandergreifende Leiterbahnen umfasst.

Zur Erzeugung des elektrischen und/oder magnetischen Feldes ist die Regenerierungsschicht, beziehungsweise sind deren elektrisch leitfähige Komponenten, mit einer Gleichspannungsquelle oder einer Wechselspannungsquelle bzw. mit einer Gleichstrom- oder Wechselstromquelle verbunden.

Das erfindungsgemäße Sensorsystem umfasst zumindest einen wie oben beschriebenen erfindungsgemäßen Sensor, sowie eine mit der Piezoeinheit des Sensors verbundene Anregungseinheit. Die Anregungseinheit regt die Piezoeinheit zu einer Schwingung an. Die Schwingung der Piezoeinheit weist in einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Sensors einen Schwingungsmodus mit zumindest zwei Schwingungsknotenlinien auf. Gemäß der bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Sensors weist das Auslenkungsbild der Schwingung eine Wellpappenform auf.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Sensorsystems umfasst das Sensorsystem eine mit der Piezoeinheit des zumindest einen Sensors verbundene Auswerteeinheit. Die Auswerteeinheit bestimmt zumindest einen momentanen Schwingungsparameter der Piezoeinheit. Der Schwingungsparameter ist vorzugsweise ausgewählt aus einer Resonanzfrequenz, einer Auslenkung oder einem Q-Faktor der Piezoeinheit und wird von der Auswerteeinheit vorzugsweise mittels einer Impedanzmessung bestimmt.

Das erfindungsgemäße Sensorsystems umfasst des Weiteren vorzugsweise zumindest einen Temperatursensor, einen Drucksensor, einen Dichtesensor, einen Viskositätssensor, einen

Leitfähigkeitssensor, einen Permittivitätssensor, einen Impedanzsensor, einen potentiometrischen Sensor, einen amperometrischen Sensor, einen Korrosivitätssensor, einen Chemosensor, einen Thermochemosensor, einen Biochemosensor, einen Gassensor, einen gravimetrischen Sensor, einen Partikelsensor, einen Durchflusssensor, einen Verlustwinkelsensor, einen Wassersensor, einen Feuchtesensor, einen pH-Sensor, einen Infrarotsensor und/oder einen optischen Sensor.

Gemäß der bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Sensorsystems umfasst das Sensorsystem zwei der erfindungsgemäßen Sensoren, wobei die Aktorschicht einer der Sensoren mit einer Gleichspannungs- und/oder einer Wechselspannungsquelle oder einer Gleichstrom- und/oder einer Wechselstromquelle verbunden ist. Der andere Sensor mit nicht aktiver Aktorschicht dient hierbei als Referenzelement zur Kompensation von Umwelteinflüssen wie z.B. Temperaturschwankungen.

Vorzugsweise umfasst das Sensorsystem darüber hinaus eine erfindungsgemäße Regenerierungsvorrichtung.

Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beispielhaft näher erläutert.

Figur 1a zeigt einen erfindungsgemäßen Sensor zur Erfassung von Fluideigenschaften in einer Explosionsansicht.
Figur 1b zeigt den erfindungsgemäßen Sensor aus Figur 1a in einem zusammengesetzten Zustand.
Figur 1c zeigt den erfindungsgemäßen Sensor mit den Sensor umgebenden sowie an die Aktorschicht angelagerten Partikeln.
Figuren 2a bis 2c zeigen den erfindungsgemäßen Sensor mit einer Aktorschicht mit Leiterbahnen in einer Interdigitalanordnung, wobei Figur 2b eine vereinfachte Schnittdarstellung des Sensors mit einer zusätzlichen Regenerierungsvorrichtung ist.
Figur 3 zeigt den erfindungsgemäßen Sensor mit einer Aktorschicht mit einer mäanderförmig angeordneten Leiterbahn.
Figur 4 zeigt den erfindungsgemäßen Sensor mit zwei Elektrodenpaaren.
Figuren 5a bis 5d zeigen verschiedene Schwingungsmoden des erfindungsgemäßen Sensors in einer perspektivischen Darstellung.
Figuren 6a bis 6h zeigen schematisch verschiedene Elektrodenpaaranordnungen des erfindungsgemäßen Sensors und durch diese Elektrodenpaaranordnungen realisierte Schwingungsmoden. Die piezoelektrische Schicht ist der Einfachheit halber nicht dargestellt.
Figur 7 zeigt ein Ablaufdiagramm des Funktionsprinzips des erfindungsgemäßen Sensors.
Figur 8 zeigt das Anordnungsschema von zwei erfindungsgemäßen Sensoren mit einer gemeinsamen Trägereinheit.

Die Figuren 1a und 1b zeigen einen erfindungsgemäßen Sensor 1 zur Erfassung von Fluideigenschaften, welcher zum besseren Verständnis in Figur 1a in einer Explosionsdarstellung und in Figur 1b in einem zusammengesetzten Zustand dargestellt ist. Der erfindungsgemäße Sensor 1 umfasst eine Piezoeinheit 2, welche eine Trägereinheit 3 und eine auf der Trägereinheit 3 angeordnete piezoelektrische Schicht 4 umfasst. Die Trägereinheit 3 des erfindungsgemäßen Sensors 1 ist vorzugsweise aus Silizium, Siliziumkarbid, Siliziumnitrid, oder Siliziumdioxid gefertigt, beziehungsweise enthält zumindest einen dieser Werkstoffe und die piezoelektrische Schicht 4 ist vorzugsweise aus Aluminiumnitrid, Zinkoxid, Blei-Zirkonat-Titanat oder Scandium-Aluminiumnitrid gefertigt beziehungsweise enthält zumindest einen dieser Werkstoffe. Des Weiteren umfasst der Sensor 1 eine auf der Piezoeinheit 2 angeordnete und diese zumindest abschnittsweise überlagernde Aktorschicht 5. Die Aktorschicht 5 ist vorzugsweise aus Chrom, Titan, Gold, Kupfer, Silber oder Platin gefertigt beziehungsweise enthält zumindest einen dieser Werkstoffe. Im Betrieb wird der erfindungsgemäße Sensor 1 in Kontakt mit einem, in den Figuren nicht dargestellten, Fluid, wie beispielsweise einem Motoröl, gebracht. Die Piezoeinheit 2 umfasst neben der piezoelektrischen Schicht 4 hierzu Elektroden 6, welche auf gegenüberliegenden Seiten der piezoelektrischen Schicht 4 angebracht sind. Die Elektroden 6 enthalten vorzugsweise mindestens einen Werkstoff, ausgewählt aus Chrom, Titan, Gold, Molybdän, Silber, Kupfer oder Platin. Des Weiteren umfasst der Sensor 1 eine zwischen der Piezoeinheit 2 und der Aktorschicht 5 angeordnete Isolierschicht 7. Diese bewirkt eine elektrische Isolierung der Piezoeinheit 2 von der Aktorschicht 5. Die Isolierschicht 7 enthält vorzugsweise zumindest einen Werkstoff ausgewählt aus Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Siliziumkarbid und Aluminiumnitrid. Die Aktorschicht 5 des erfindungsgemäßen Sensors 1 erzeugt ein elektrisches oder ein magnetisches Feld, oder eine Kombination aus einem elektrischem und einem magnetischen Feld. Zur Erhöhung der Langzeitstabilität sowie Stabilität im Allgemeinen wird die Aktorschicht 5 vorzugsweise mit einer in Figur 2b dargestellten Passivierungsschicht 16 geschützt. Die Passivierungsschicht 16 ist elektrisch isolierend und auf der Aktorschicht 5, der Piezoeinheit 2 gegenüberliegend angeordnet, somit in Kontakt mit dem, in den Figuren nicht dargestellten, Fluid. Die Passivierungsschicht 16 enthält vorzugsweise zumindest einen Werkstoff ausgewählt aus Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Siliziumkarbid, oder Aluminiumnitrid. Gemäß einer alternativen Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Sensors 1 ist die Passivierungsschicht 16 als eine Antihaftschicht, welche vorzugsweise aus Polytetrafluorethylen gefertigt ist, oder als eine Schicht mit Lotuseffekt ausgeführt.

Wie in Figur 1c dargestellt bewirkt das von der Aktorschicht 5 erzeugte magnetische und/oder elektrische Feld eine Anlagerung von Partikeln 8, welche im Fluid dispergiert sind, an die Aktorschicht 5. Diese Partikel 8 können entweder eine metallische oder organische

Zusammensetzung aufweisen. Organische Partikel 8 resultieren in der Regel aus Alterungsprozessen des Fluids beziehungsweise des Öls, wohingegen metallische Partikel 8 durch Abrieb entstehen. Eine Anlagerung der Partikel 8 an die Aktorschicht 5 bewirkt eine Veränderung der wirksamen Gesamtmasse des Sensors 1, welche zumindest einen Schwingungsparameter beeinflusst.

Wie in Figur 1c bis 2c dargestellt, weist die Aktorschicht 5 des erfindungsgemäßen Sensors 1 Teilgebiete 5a auf. Ein Teilgebiet 5a der Aktorschicht 5 kann entweder gleich groß oder, wie in Figur 2a dargestellt, kleiner als eine Seite der Piezoeinheit 2 ausgebildet sein. Des Weiteren kann der erfindungsgemäße Sensor 1 Teilgebiete 5a der Aktorschicht 5 auf gegenüberliegenden Seiten der Piezoeinheit 2 aufweisen. Die gegenüberliegenden Seiten der Piezoeinheit 2 entsprechen gemäß der bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Sensors 1 jenen Seiten, an welchen die Elektroden 6 angeordnet sind. Hierdurch wird es ermöglicht, den Sensor 1 an unterschiedliche Anwendungen anzupassen. Figur 2b zeigt den Sensor 1 aus Figur 2a in einer Seitenansicht mit einer zusätzlichen Regenerierungsvorrichtung 11. Figur 2b zeigt den Sensor 1 in einer weiteren Ausführungsvariante, in welcher die Regenerierungsvorrichtung 11 vereinfacht dargestellt ist. Hierbei ist die Regenerierungsvorrichtung 11, bestehend aus der Regenerierungsschicht 12 und dem Träger 17, parallel über dem Sensor 1 beziehungsweise die Regenerierungsschicht 12 parallel über der Aktorschicht 5 platziert.

Die in den Figuren 1a bis 2c dargestellten Aktorschichten 5 des erfindungsgemäßen Sensors 1 weisen zwei elektrisch voneinander isolierte, in einer Interdigitalanordung ineinandergreifende Leiterbahnen 9 auf. Gemäß einer in den Figuren nicht dargestellten Ausführungsvariante können auch mehr als zwei in einer Interdigitalanordnung ineinandergreifende Leiterbahnen 9, beispielsweise auf einer oder auch auf unterschiedlichen Seiten des erfindungsgemäßen Sensors 1, vorgesehen sein. Die Leiterbahnen 9 sind elektrisch voneinander isoliert. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass die Aktorschicht 5 ein elektrisches Feld erzeugt, und beispielsweise organische Partikel an die Aktorschicht 5 angelagert werden.

Figur 3 zeigt den erfindungsgemäßen Sensor 1 mit einer Aktorschicht 5 in einer alternativen Ausführungsvariante, wobei die Aktorschicht 5 eine mäanderförmig angeordnete Leiterbahn 9 aufweist. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass die Aktorschicht 5 zur Erzeugung eines magnetischen Feldes geeignet ist und beispielsweise eine besonders effektive Anlagerung von metallischen Partikeln 8 gewährleistet. Alternativ kann die Aktorschicht 5 auch zwei mäanderförmig angeordnete Leiterbahnen 9 umfassen, welche elektrisch voneinander isoliert sind, wobei diese Ausführungsvariante zur Erzeugung eines elektrischen Feldes herangezogen wird. Gemäß einer Ausführungsvariante umfasst der erfindungsgemäße Sensor 1 mehrere

Teilgebiete 5a der Aktorschicht 5 auf unterschiedlichen Seiten oder auch auf einer Seite des Sensors 1, mit beispielsweise einem Teilgebiet 5a mit Leiterbahnen 9 in Interdigitalanordnung und einem Teilgebiet 5a mit mäanderförmiger Anordnung von einer oder mehreren Leiterbahnen 9.

Wie in den Figuren dargestellt, weist die Aktorschicht 5 zumindest zwei elektrische Aktorkontakte 5b auf. Diese werden im Betrieb des erfindungsgemäßen Sensors 1, wie in Figur 2a beispielhaft dargestellt, mit einer Gleichspannungs- und/oder einer Wechselspannungsquelle oder Gleichstrom- und/oder Wechselstromquelle 15 verbunden, welche in den Figuren sonst nicht dargestellt ist. Die Gleichspannungs- und/oder Wechselspannungsquelle oder Gleichstrom- und/oder Wechselstromquelle 15 ist vorzugsweise steuerbar ausgeführt. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass ein elektrisches Feld von der Aktorschicht 5 erzeugt wird.

Wie in Bezug auf die Figuren 1a bis 1c erläutert, umfasst die Piezoeinheit 2 zumindest zwei einander gegenüberliegenden Elektroden 6, zwischen welchen die piezoelektrische Schicht 4 angeordnet ist. Der in den Figuren 1a bis 1c dargestellte Sensor 1 umfasst zwei Paare einander gegenüberliegender Elektroden 6, zwischen welchen die piezoelektrische Schicht 4 angeordnet ist. Diese Elektroden 6 sind in Figur 4 im Detail dargestellt, welche den erfindungsgemäßen Sensor 1 ohne die Aktorschicht 5, ohne Isolierschicht 7 sowie ohne Passivierungsschicht 16 in einer Grundrissdarstellung zeigt. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass durch die Konfiguration der Elektroden 6 eine Form einer Schwingung der Piezoeinheit 2 beziehungsweise des Sensors 1 bestimmt werden kann. Nicht dargestellt ist eine alternative Ausführungsform, wonach die Piezoeinheit 2 auf einer Seite der piezoelektrischen Schicht 4 zumindest zwei elektrisch voneinander isolierte Elektroden 6 umfasst.

Der erfindungsgemäße Sensor 1 ist Teil eines Sensorsystems, welches zumindest einen erfindungsgemäßen Sensor 1 umfasst. Das Sensorsystem weist eine in Figur 2c dargestellte, und mit der Piezoeinheit 2 des Sensor 1 verbundene Anregungseinheit 13 auf, welche die Piezoeinheit 2 unter Ausnutzung des piezoelektrischen Effekts, zu einer Schwingung anregt. Die Anregungseinheit 13 ist vorzugsweise als Oszillatorschaltung ausgeführt. Hierbei sind die Elektroden 6 mit Elektrodenkontakten 6a versehen, welche im Betrieb zur Erzeugung der Schwingung mit der Anregungseinheit 13 verbunden sind.

Die von der Anregungseinheit 13 erzeugte Schwingung der Piezoeinheit 2 weist vorzugsweise mindestens zwei Schwingungsknotenlinien 10 auf. Die Schwingung der Piezoeinheit 2 weist in der bevorzugten Ausführungsvariante eine Wellpappenform auf, wobei das Muster der

Schwingungsauslenkungen die Wellpappenform bildet. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass der Sensor 1 besonders sensibel auf Anlagerungen an der Aktorschicht 5 reagiert.

Die Figuren 5a bis 5d zeigen in vereinfachter Darstellung den erfindungsgemäßen Sensor 1 in Schwingung, wobei in Figur 5a eine Schwingung mit zwei Schwingungsknotenlinien 10, in Figur 5b eine Schwingung mit drei Schwingungsknotenlinien 10, in Figur 5c eine Schwingung mit sechs Schwingungsknotenlinien 10 und in Figur 5d eine Schwingung mit acht Schwingungsknotenlinien 10 dargestellt ist. Die Schwingungen in den Figuren 5a bis 5d weisen die erfindungsgemäße Wellpappenform auf. Die Schwingungsknotenlinien 10 stellen Nodallinien dar, welche Bereiche der Schwingung ohne Auslenkung kennzeichnen. Die Elektroden 6 sind vorzugsweise derart angeordnet, dass sie ein Wellental/-berg entlang der Breite des Sensors 1 einschließen.

Die Figuren 6a bis 6h zeigen verschiedene Schwingungsmoden der Schwingung des Sensors 1, welche durch unterschiedliche Anordnungen der Elektroden 6 realisiert werden, wobei jeweils in der Mitte der Figuren eine Anordnung von einzelnen Elektrodenpaaren der Piezoeinheit 2 schematisch dargestellt ist. Oberhalb der Elektrodenpaare ist die durch diese erzeugbare Schwingung beziehungsweise die erzeugbare Schwingungsmode in einer perspektivischen Ansicht, und unterhalb in einer Frontalansicht dargestellt. Die perspektivischen Ansichten zeigen die Wellenpappenform der Schwingungsauslenkungen.

Das Sensorsystem umfasst des Weiteren eine in Figur 2c dargestellte Auswerteinheit 14, welche mit der Piezoeinheit des Sensors 1 des Sensorsystems verbunden ist. Die Auswerteeinheit 14 ist vorzugsweise wie die Anregungseinheit 13 mit den Elektrodenkontakten 6a verbunden. Gemäß einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Sensorsystems sind die Anregungseinheit 13 und die Auswerteeinheit 14 in einer gemeinsamen Oszillatorschaltung ausgeführt. Die Auswerteeinheit 14 bestimmt zumindest einen momentanen Schwingungsparameter der Piezoeinheit 2. Der momentane Schwingungsparameter ist ausgewählt aus einer Resonanzfrequenz der Piezoeinheit 2 oder einer Auslenkung beziehungsweise einem Q-Faktor des Sensors 1 beziehungsweise der Piezoeinheit 2. Durch das von der Aktorschicht 5 erzeugte elektrische und/oder magnetische Feld lagern sich Partikeln 8, welche im Fluid dispergiert sind, an den Sensor 1 an, wodurch dessen Schwingungsparameter beeinflusst werden. Mittels einer vorangegangenen Kalibrierung der Auswerteeinheit 14, oder einem Vergleich mit einem zweiten Sensor 1, wie in Figur 8 dargestellt, wird ein Rückschluss auf die Fluideigenschaften des Fluids, wie beispielsweise einen Fremdpartikelanteil ermöglicht. In dieser Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Sensorsystems mit zwei Sensoren 1 ist nur die Aktorschicht 5 eines der Sensoren 1 mit einer Gleichspannungs- und/oder einer Wechselspannungsquelle oder einer Gleichstrom- und/oder einer Wechselstromquelle 15 verbunden, wobei beide Sensoren von

dem Fluid umflossen werden. Hierdurch ermöglicht der erfindungsgemäße Sensor 1 beziehungsweise das erfindungsgemäße Sensorsystem erstmals die Detektion von Vorläuferprodukten von organischen Ablagerungen in von Fluiden durchströmten beziehungsweise geschmierten oder gekühlten Vorrichtungen.

Figur 7 zeigt das Arbeitsprinzip des erfindungsgemäßen Sensorsystems gemäß der bevorzugten Ausführungsvariante in einer schematischen Darstellung. Die Anregungseinheit 13 des Sensorsystems ist mit der Piezoeinheit 2 des Sensors 1 verbunden und regt die Piezoeinheit 2 des Sensors 1 zur Schwingung an. Die Piezoeinheit 2 ist mit der Auswerteeinheit 14 verbunden. Die Auswerteeinheit 14 bestimmt den momentanen Schwingungsparameter. Vorzugsweise bestimmt die Auswerteeinheit 14 hierzu die Resonanzfrequenz, den Q-Faktor oder die momentane Auslenkung der Piezoeinheit 2 mittels einer Impedanzmessung. Die Auswerteeinheit 14 ist mit einer Ausgabe- und Speichereinheit verbunden, welche den von der Auswerteeinheit 14 bestimmten Schwingungsparameter ausgibt beziehungsweise speichert. Die piezoelektrische Schicht 4 des Sensors 1 wird durch eine Oszillatorschaltung mit einer elektrischen Wechselspannung variabler Frequenz gespeist. Dies bewirkt eine periodische Ausdehnung der piezoelektrischen Schicht 4 mit derselben Frequenz, wodurch der Sensor 1 zu der Schwingung angeregt wird. Die elektrische Impedanz der piezoelektrischen Schicht 4 ist abhängig von der Schwingungsfrequenz, so ist der Realteil der Impedanz bei der Resonanzfrequenz maximal. Daher wird in einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Sensors 1 die Impedanz der piezoelektrischen Schicht 4 in Anhängigkeit der Frequenz aufgezeichnet und deren Maximalwert detektiert. Alternativ kann auch der Imaginärteil der Impedanz gemessen, und so die Resonanzfrequenz bestimmt werden. Die Resonanzfrequenz wird in weiterer Folge vorzugsweise auf mittels der Ausgabe- und Speichereinheit auf einer Anzeige dargestellt oder in einem Speicher hinterlegt.

Das erfindungsgemäße Sensorsystem umfasst gemäß einer alternativen Ausführungsvariante des Weiteren zumindest einen Temperatursensor, einen Drucksensor, einen Dichtesensor, einen Viskositätssensor, einen Leitfähigkeitssensor, einen Permittivitätssensor, einen Impedanzsensor, einen potentiometrischen Sensor, einen amperometrischen Sensor, einen Korrosivitätssensor, einen Chemosensor, einen Thermochemosensor, einen Biochemosensor, einen Gassensor, einen gravimetrischen Sensor, einen Partikelsensor, einen Durchflusssensor, einen Verlustwinkelsensor, einen Wassersensor, einen Feuchtesensor, einen pH-Sensor, einen Infrarotsensor und/oder einen optischen Sensor.

Wie in Figur 2b dargestellt umfasst der erfindungsgemäße Sensor 1 beziehungsweise das erfindungsgemäße Sensorsystem zur Erhöhung der Langzeitstabilität vorzugsweise eine Regenerierungsvorrichtung 11 mit einer Regenerierungsschicht 12 und einem Träger 17.

Hierbei wird die Regenerierungsschicht 12 der Aktorschicht 5 des Sensors 1 zugewandt und von dieser beabstandet, vorzugsweise parallel über die Aktorschicht 5, platziert. Gemäß einer alternativen Ausführungsvariante umfasst die Regenerierungsvorrichtung 11 zwei oder mehr Regenerierungsschichten 12, welche beispielsweise verschiedenen Teilgebieten 5a der Aktorschicht 5 zugewandt und von diesen beabstandet sind. Die Regenerierungsvorrichtung 11 umfasst die Regenerierungsschicht 12, welche einen vorzugsweise flächig gestalteten, elektrisch isolierenden oder mit einer elektrisch isolierenden Schicht versehenen Träger 17, der mit einer elektrisch leitfähigen Struktur versehen ist, aufweist. Ein Regenerierungsprozess erfolgt vorzugsweise durch Anlegen einer Gleichspannung zwischen der Regenerierungsvorrichtung 11 und dem erfindungsgemäßen Sensor 1, wodurch ein elektrisches und/oder magnetisches Feld erzeugt wird. Während des Regenerierungsprozesses ist der erfindungsgemäße Sensor 1 mit einem elektrischen Null- beziehungsweise Bezugsniveau verbunden, und die Aktorschicht 5 wird nicht elektrisch beaufschlagt.

Die Regenerierungsvorrichtung 11 ist vorzugsweise mit einer Gleichspannungsquelle oder einer Gleichstromquelle und mit einer in den Figuren nicht dargestellten Steuereinheit verbunden. Die Steuereinheit startet beziehungsweise stoppt den Regenerierungsprozess. Die Steuerung des Regenerierungsprozesses erfolgt beispielsweise nach festgelegten Zeitintervallen oder in Abhängigkeit eines Verschmutzungsgrads der zu reinigenden Oberfläche beziehungsweise der Aktorschicht 5. Der Verschmutzungsgrad wird beispielsweise anhand des von der Auswerteeinheit 14 des Sensorsystems bestimmten Schwingungsparameters bestimmt. Hierzu ist die die Steuereinheit vorzugsweise mit der Auswerteeinheit 14 verbunden.

Der Regenerierungsprozess wird gestartet bzw. gestoppt, wenn bestimmte Grenzwerte zumindest eines der durch die Auswerteeinheit 14 bestimmten Schwingungsparameters erreicht werden beziehungsweise in bestimmten Zeitintervallen oder manuell. Die Reinigung des erfindungsgemäßen Sensors 1 erfolgt zumindest für einen Oberflächenanteil des Sensors 1, welcher infolge von Ablagerungsbildung zumindest einen Schwingungsparameter beeinflusst. Durch den beschriebenen Regenerierungsprozess kann bei Bedarf, also vor bzw. bei Erreichen einer vollen Beladung des erfindungsgemäßen Sensors 1 mit Partikeln 8, eine Entfernung der auf der Oberfläche des Sensors 1 abgelagerten Partikel 8 erreicht werden. Auf diese Weise wird der erfindungsgemäße Sensor 1 bzw. die Aktorschicht 5 wiederholt in einen ursprünglichen Zustand, d.h. frei von angelagerten Partikeln 8, versetzt. Gesonderte, insbesondere mechanische Wartungsmaßnahmen zum Erhalt der Funktionalität des Sensors 1 können somit zur Gänze entfallen oder zumindest durch Ausdehnung der Wartungsintervalle deutlich reduziert werden. Die konstruktive Auslegung der Regenerierungsvorrichtung 11 beruht auf der zu erzielenden Anzahl an Regenerierungsprozessen.

Die Aufgabe der Reinigung bzw. des Sauberhaltens von Oberflächen ist beispielsweise unerlässlich für optische Vorrichtungen und Sensoren in Fluiden wie Gasen und Flüssigkeiten sowie Oberflächen vor weiteren Bearbeitungsschritten, wie beispielsweise Kleben. Grundsätzlich ist das beschriebene Prinzip der Regenerierungsvorrichtung 11 auf jegliche Art von Oberflächen, die in Kontakt mit zu Ablagerungen neigenden beziehungsweise Partikel führenden Fluiden stehen, anwendbar. Die Wirkungsweise der Regenerierungsvorrichtung 11 beruht darauf, dass während des Regenerierungsprozesses eine Wechselwirkung zwischen den Ablagerungen auf der Oberfläche und dem von der Regenerierungsschicht 12 erzeugten elektrischen und/oder magnetischen Feldes erfolgt und infolgedessen sich diese Ablagerungen von der zu reinigenden Oberfläche lösen und auf das Reinigungselement übertragen werden. Dementsprechend kann die Steuereinheit der Regenerierungsvorrichtung 11 mit jeglicher Auswerteeinheit eines Sensors für verschiedene Messgrößen und Anwendungen verbunden sein, welcher beispielsweise einen Messwert oder allgemeinen Indikator bereitstellt anhand dessen eine Verschmutzung bewertet werden kann. Das erfindungsgemäße Sensorsystem umfasst gemäß der bevorzugten Ausführungsvariante des Sensorsystems die Regenerierungsvorrichtung 11.

Die Arbeitsweise der Regenerierungsvorrichtung 11 ist auf die Ausführungsgröße der zur reinigenden Oberflächen anpassbar, vorzugsweise hinsichtlich der Größenordnung der zur reinigenden Oberflächen. In einer alternativen Ausführungsvariante der Regenerierungsvorrichtung 11 ist die Regenerierungsschicht 12 in einer Zick-Zack Form ausgebildet, wobei das Flächenverhältnis der Regenerierungsschicht 12 zu der zu reinigenden Oberfläche mehr als 1, vorzugsweise deutlich mehr als 1, beträgt.

Vorzugsweise umfasst die Regenerierungsvorrichtung 11 einen Träger 17 und eine elektrisch leitfähige Struktur aus Leiterbahnen 9. Überdies kann über der Regenerierungsschicht 12 eine elektrisch isolierende Schutzschicht, analog zu der Passivierungsschicht 16 des Sensors 1 vorgesehen sein, auf welcher die von der zu reinigenden Oberfläche entfernten Ablagerungen abgeschieden werden. In einer bevorzugten Ausführungsform ist diese Schutzschicht entfernbar beziehungsweise erneuerbar. Auf diese Weise können etwaige Wartungsmaßnahmen an der Regenerierungsvorrichtung 11 deutlich vereinfacht beziehungsweise reduziert werden.

Die erfindungsgemäße Regenerierungsvorrichtung 11 für Sensoren ist in Figur 2b schematisch dargestellt, und umfasst die dem Sensor 1 zugewandte und von dem Sensor 1 beabstandete Regenerierungsschicht 12 und den Träger 17, auf welchem die Regenerierungsschicht 12 angebracht ist. Die Regenerierungsschicht 12 erzeugt ein elektrisches und/oder magnetisches Feld und ist vorzugsweise parallel zur Aktorschicht 5 des Sensors 1 angeordnet. Die fortschreitende Anlagerung von Partikeln 8 an der Aktorschicht 5

während des Betriebs des Sensors 1 bewirkt in der Regel, dass diese unempfindlich gegenüber weiteren Anlagerungen wird, beziehungsweise dass eine weitere Anlagerung von Partikeln 8 verhindert wird. Das von der Regenerierungsschicht 12 erzeugte elektrische und/oder magnetische Feld bewirkt, dass Partikel 8, welche an der Aktorschicht 5 des Sensors 1 angelagert wurden von dieser entfernt und an die Regenerierungsschicht 12 angelagert werden. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass die Einsatzdauer des Sensors 1 verlängert wird, indem eine Regeneration der Aktorschicht 5 ermöglicht wird. Dies ermöglicht eine erhöhte Verfügbarkeit des Sensors 1 bevor dieser einer weiteren chemischen und/oder mechanischen Reinigung im Zuge von Wartungsmaßnahmen zugeführt werden muss.

Die Regenerierungsschicht 12 weist in der bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Regenerierungsvorrichtung 11 einen Aufbau auf, welche jenem der Aktorschicht 5 des Sensors 1 ähnlich ist. Die Regenerierungsschicht 12 weist vorzugsweise zumindest eine mäanderförmig angeordnete Leiterbahn 9 auf. Gemäß einer alternativen Ausführungsvariante weist die Regenerierungsschicht 12 zumindest zwei mäanderförmig angeordnete Leiterbahnen 9 auf, welche voneinander elektrisch isoliert sind. Des Weiteren kann die Regenerierungsschicht 12 auch zumindest zwei elektrisch voneinander isolierte und in einer Interdigitalanordnung ineinandergreifende Leiterbahnen 9 umfassen. Die Regenerierungsschicht 12, beziehungsweise deren Leiterbahnen 9, ist vorzugsweise mit einer Gleichspannungs- und/oder einer Wechselspannungsquelle oder einer Gleichstrom- und/oder einer Wechselstromquelle analog zur Gleichspannungs- und/oder einer Wechselspannungsquelle oder einer Gleichstrom- und/oder einer Wechselstromquelle 15 verbunden.

Patentansprüche:

1. Sensor (1) zur Erfassung von Fluideigenschaften mit einer Piezoeinheit (2), umfassend eine Trägereinheit (3), eine auf der Trägereinheit (3) angeordnete piezoelektrische Schicht (4), und eine auf der Piezoeinheit (2) angeordneten und diese zumindest abschnittsweise überlagernden Aktorschicht (5), dadurch gekennzeichnet, dass die Aktorschicht (5) dazu ausgebildet ist, ein elektrisches und/oder ein magnetisches Feld zu erzeugen.

2. Sensor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktorschicht (5) Teilgebiete (5a) aufweist, welche auf gegenüberliegenden Seiten der Piezoeinheit (2) angeordnet sind.

3. Sensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktorschicht (5) zumindest eine mäanderförmig angeordnete Leiterbahn (9) umfasst.

4. Sensor (1) gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktorschicht (5) zumindest zwei mäanderförmig angeordnete Leiterbahnen (9) umfasst, welche voneinander elektrisch isoliert sind.

5. Sensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktorschicht (5) zumindest zwei elektrisch voneinander isolierte, in einer Interdigitalanordnung ineinandergreifende Leiterbahnen (9) umfasst.

6. Sensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktorschicht (5) mit einer Gleichspannungs- und/oder einer Wechselspannungsquelle oder einer Gleichstrom- und/oder einer Wechselstromquelle (15) verbunden ist.

7. Sensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Piezoeinheit (2) zumindest zwei einander gegenüberliegender Elektroden (6) umfasst, zwischen welchen die piezoelektrische Schicht (4) angeordnet ist.

8. Sensor (1) gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Piezoeinheit (2) auf einer Seite der piezoelektrischen Schicht (4) zumindest zwei elektrisch voneinander isolierte Elektroden (6) umfasst.

9. Sensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Piezoeinheit (2) zumindest zwei Paare einander gegenüberliegender Elektroden (6) umfasst, zwischen welchen die piezoelektrische Schicht (4) angeordnet ist.

10. Sensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (1) eine auf der Aktorschicht (5) der Piezoeinheit (2) gegenüberliegend angeordnete, elektrisch isolierende Passivierungsschicht (16) umfasst.

11. Sensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (1) eine zwischen der Piezoeinheit (2) und der Aktorschicht (5) angeordnete Isolierschicht (7) umfasst, welche die Piezoeinheit (2) von der Aktorschicht (5) elektrisch isoliert.

12. Sensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägereinheit (3) zumindest einen Werkstoff ausgewählt aus Silizium, Siliziumkarbid, Siliziumnitrid, oder Siliziumdioxid enthält.

13. Sensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die piezoelektrische Schicht (4) zumindest einen Werkstoff ausgewählt aus Aluminiumnitrid, Zinkoxid, Blei-Zirkonat-Titanat oder Scandium-Aluminiumnitrid enthält.

14. Sensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktorschicht (5) zumindest einen Werkstoff ausgewählt aus Chrom, Titan, Gold, Kupfer, Silber oder Platin enthält.

15. Sensor (1) gemäß einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden (6) zumindest einen Werkstoff ausgewählt aus Chrom, Titan, Gold, Molybdän, Silber, Kupfer oder Platin enthalten.

16. Sensor (1) gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Passivierungsschicht (16) zumindest einen Werkstoff ausgewählt aus Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Siliziumkarbid oder Aluminiumnitrid enthält.

17. Sensor (1) gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Passivierungsschicht (16) als Antihaftschicht ausgeführt ist, welche vorzugsweise aus Polytetrafluorethylen gefertigt ist, oder als eine Schicht mit Lotuseffekt ausgeführt ist.

18. Sensor (1) gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolierschicht (7) zumindest einen Werkstoff ausgewählt aus Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Siliziumkarbid oder Aluminiumnitrid enthält.

19. Regenerierungsvorrichtung (11) für zu reinigende Oberflächen, insbesondere für Oberflächen von Sensoren, dadurch gekennzeichnet, dass die Regenerierungsvorrichtung (11) einen Träger (17) und eine dem Sensor zugewandte, von dem Sensor beabstandete Regenerierungsschicht (12) umfasst, wobei die Regenerierungsschicht (12) dazu ausgebildet ist, ein elektrisches und/oder ein magnetisches Feld zu erzeugen.

20. Regenerierungsvorrichtung (11) gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Regenerierungsschicht (12) zumindest eine mäanderförmig angeordnete Leiterbahn (9) umfasst.

21. Regenerierungsvorrichtung (11) gemäß Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Regenerierungsschicht (12) zumindest zwei mäanderförmig angeordnete Leiterbahnen (9) umfasst, welche voneinander elektrisch isoliert sind.

22. Regenerierungsvorrichtung (11) gemäß einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Regenerierungsschicht (12) zumindest zwei elektrisch voneinander isolierte, in einer Interdigitalanordnung ineinandergreifende Leiterbahnen (9) umfasst.

23. Regenerierungsvorrichtung (11) gemäß einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Regenerierungsschicht (12) mit einer Gleichspannungs- und/oder einer Wechselspannungsquelle oder einer Gleichstrom- und/oder einer Wechselstromquelle verbunden ist.

24. Sensorsystem mit zumindest einem Sensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorsystem eine mit der Piezoeinheit (2) des zumindest einen Sensors (1) verbundene Anregungseinheit (13) umfasst, welche dazu ausgebildet, ist die Piezoeinheit (2) zu einer Schwingung anzuregen.

25. Sensorsystem gemäß Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwingung mindestens zwei Schwingungsknotenlinien (10) aufweist.

26. Sensorsystem gemäß einem der Ansprüche 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwingung eine Wellpappenform aufweist.

27. Sensorsystem gemäß einem der Ansprüche 24 bis 26 dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorsystem eine mit der Piezoeinheit (2) des zumindest einen Sensors (1) verbundene Auswerteeinheit (14) umfasst, wobei die Auswerteeinheit (14) dazu ausgebildet ist, zumindest einen momentanen Schwingungsparameter der Piezoeinheit (2) zu bestimmen.

28. Sensorsystem gemäß Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (14) zumindest einen momentanen Schwingungsparameter ausgewählt aus einer Resonanzfrequenz, einer Auslenkung oder einem Q-Faktor bestimmt.

29. Sensorsystem gemäß einem der Ansprüche 27 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (14) den zumindest einen Schwingungsparameter mittels einer Impedanzmessung bestimmt.

30. Sensorsystem gemäß einem der Ansprüche 24 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorsystem zumindest einen Temperatursensor, einen Drucksensor, einen Dichtesensor, einen Viskositätssensor, einen Leitfähigkeitssensor, einen Permittivitätssensor, einen Impedanzsensor, einen potentiometrischen Sensor, einen amperometrischen Sensor, einen Korrosivitätssensor, einen Chemosensor, einen Thermochemosensor, einen Biochemosensor, einen Gassensor, einen gravimetrischen Sensor, einen Partikelsensor, einen Durchflusssensor einen Verlustwinkelsensor, einen Wassersensor, einen Feuchtesensor, einen pH-Sensor, einen Infrarotsensor und/oder einen optischen Sensor umfasst.

31. Sensorsystem gemäß einem der Ansprüche 24 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorsystem zwei Sensoren (1) umfasst, wobei die Aktorschicht (5) eines der Sensoren (1) mit einer Gleichspannungs- und/oder einer Wechselspannungsquelle oder einer Gleichstrom- und/oder einer Wechselstromquelle (15) verbunden ist.

32. Sensorsystem gemäß einem der Ansprüche 24 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorsystem zumindest eine Regenerierungsvorrichtung (11) gemäß einem der Ansprüche 19 bis 23 umfasst.

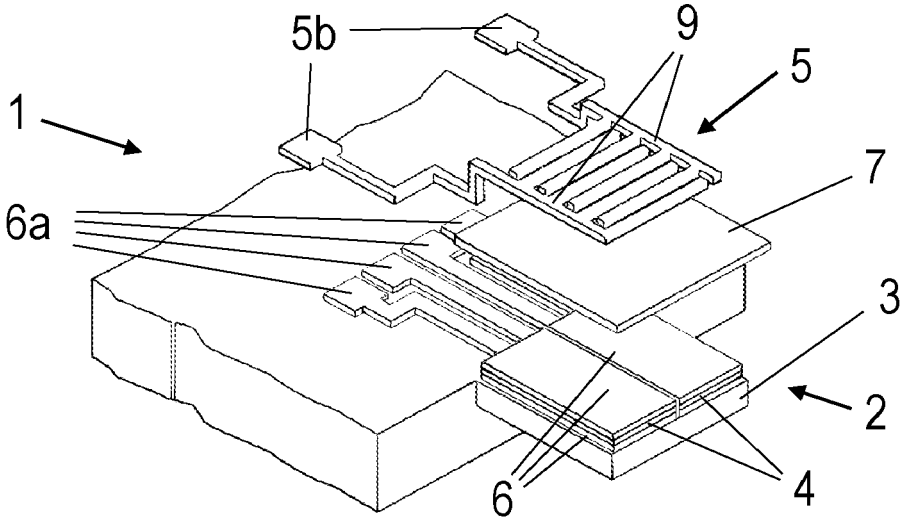


Fig. 1a

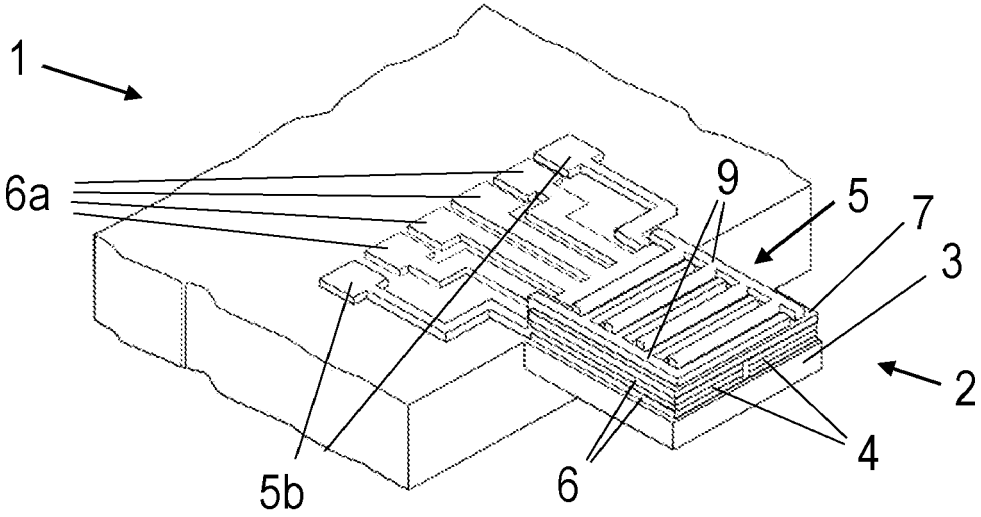


Fig. 1b

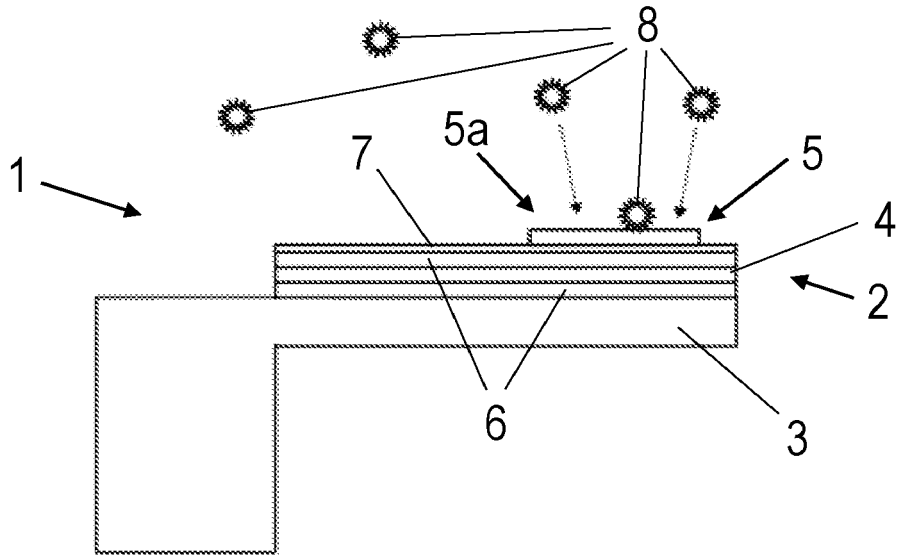


Fig. 1c

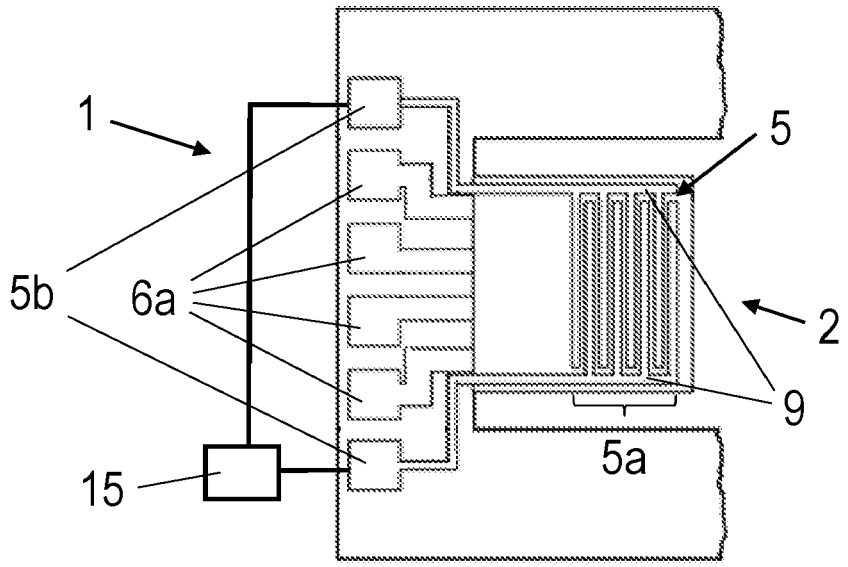


Fig. 2a

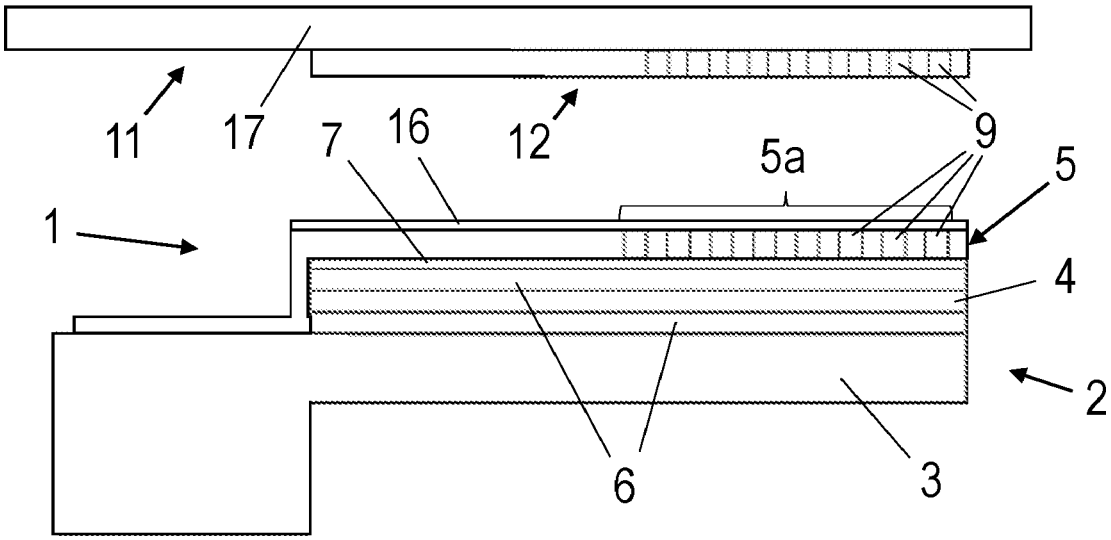


Fig. 2b

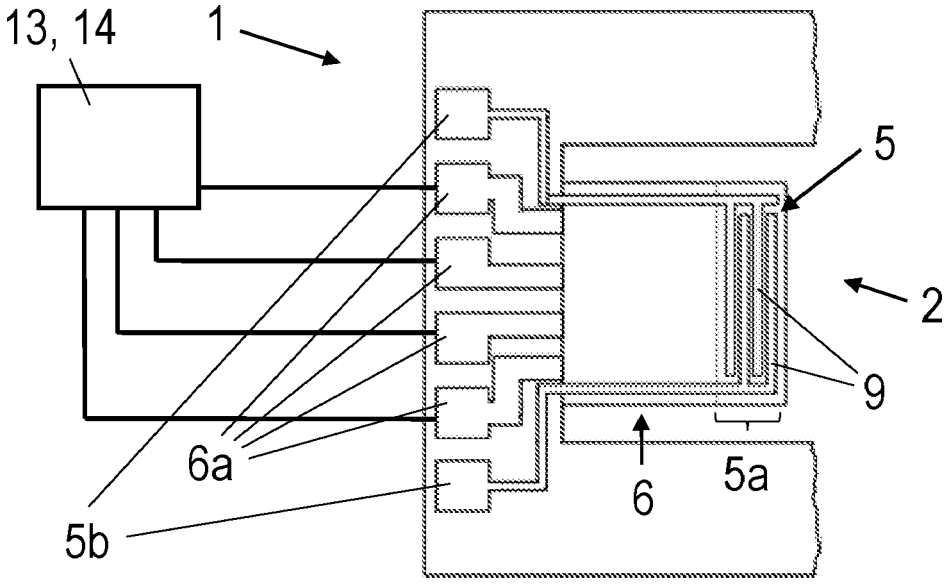


Fig. 2c

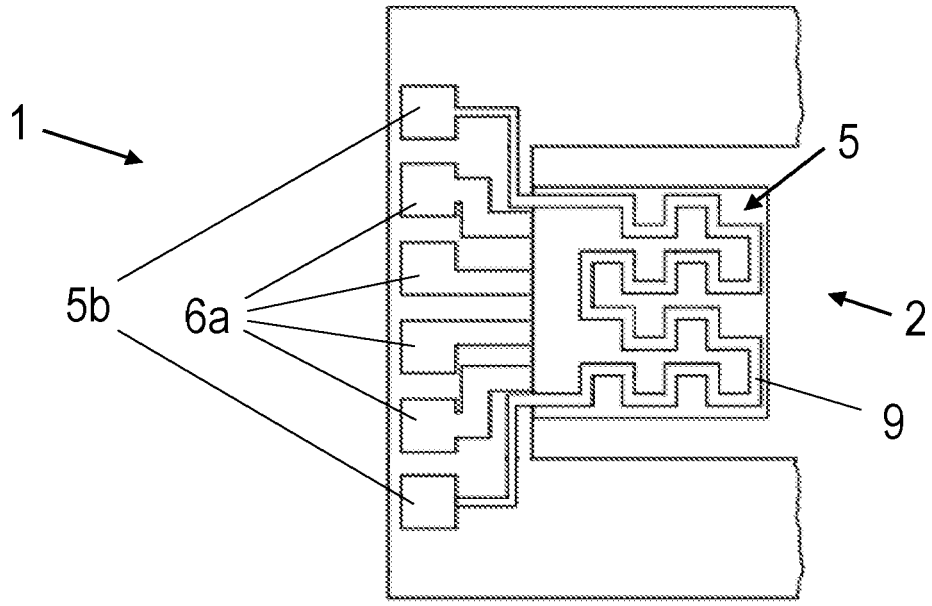


Fig. 3

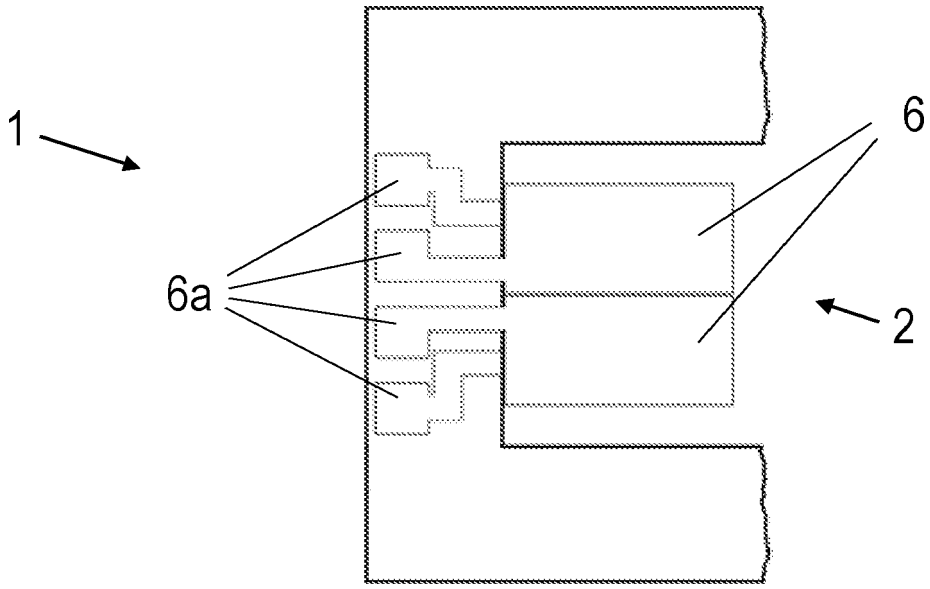


Fig. 4

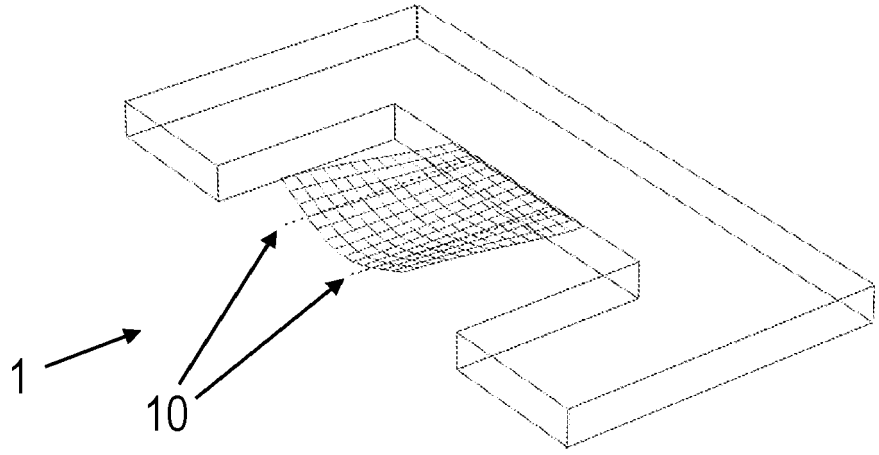


Fig. 5a

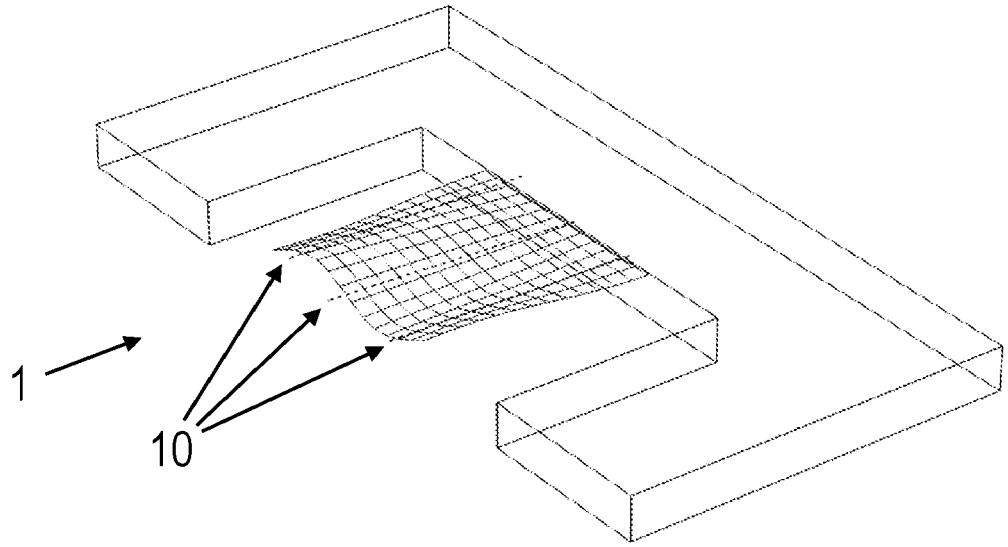


Fig. 5b

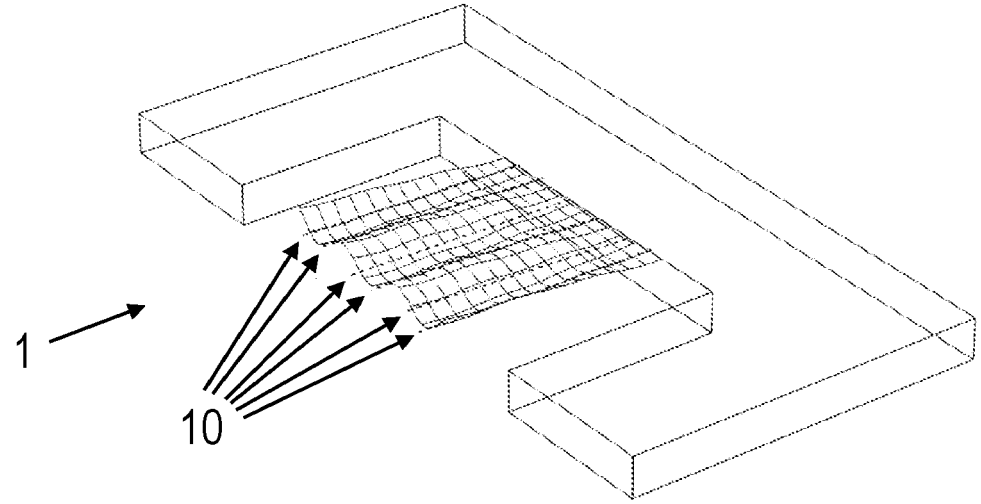


Fig. 5c

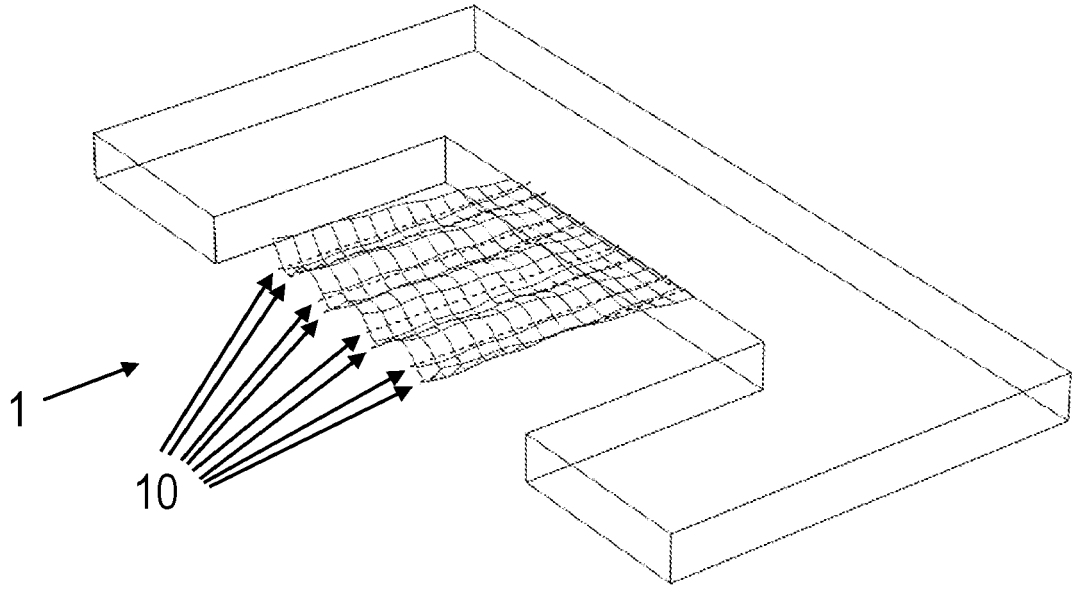


Fig. 5d

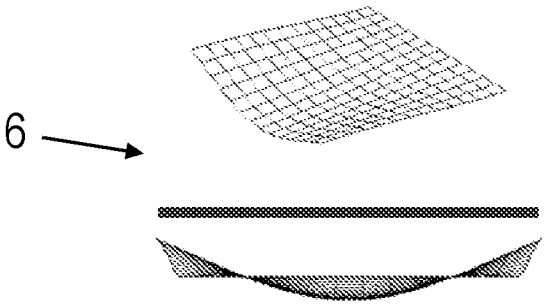


Fig. 6a

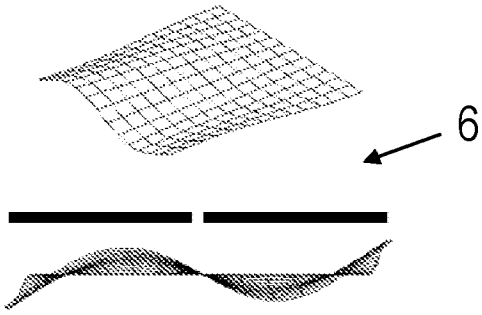


Fig. 6b

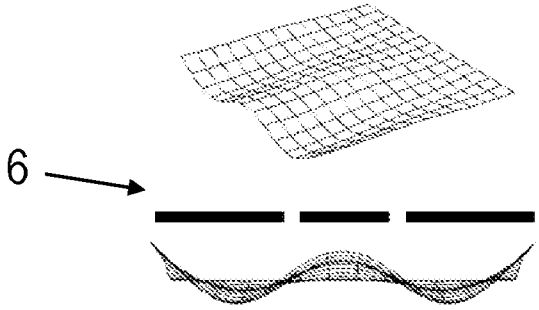


Fig. 6c

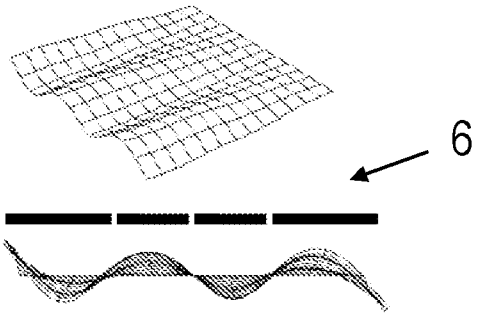


Fig. 6d

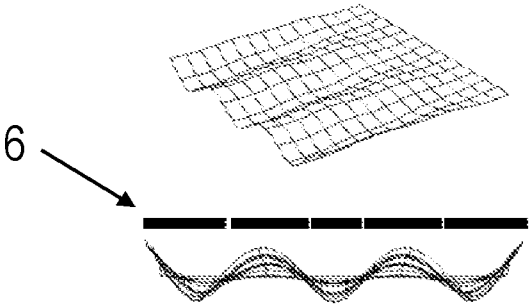


Fig. 6e

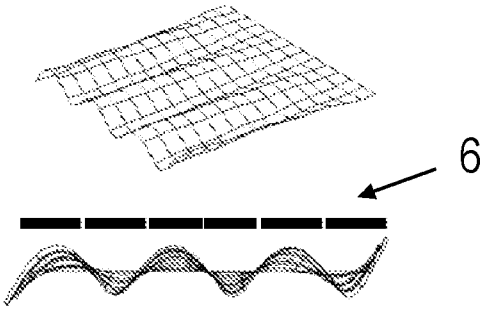


Fig. 6f

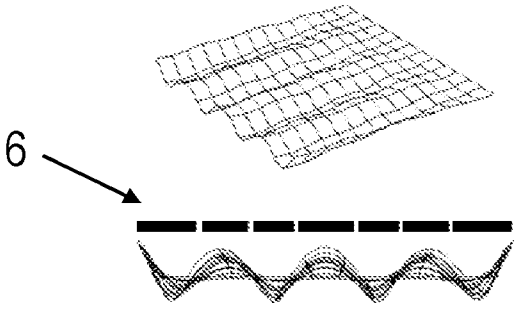


Fig. 6g

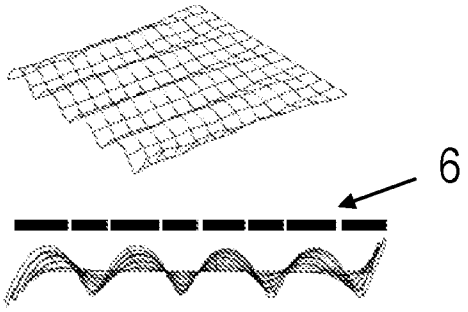


Fig. 6h

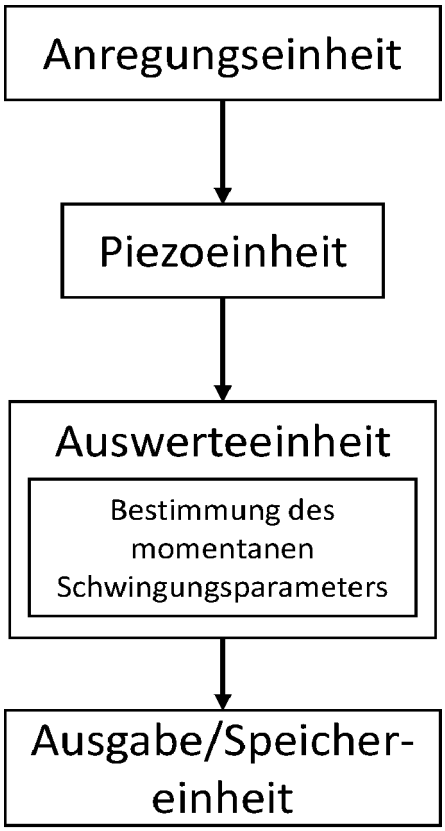

Anregungseinheit
Piezoeinheit
Auswerteeinheit
Bestimmung des momentanen Schwingungsparameters
Ausgabe/Speicher-einheit

Fig. 7

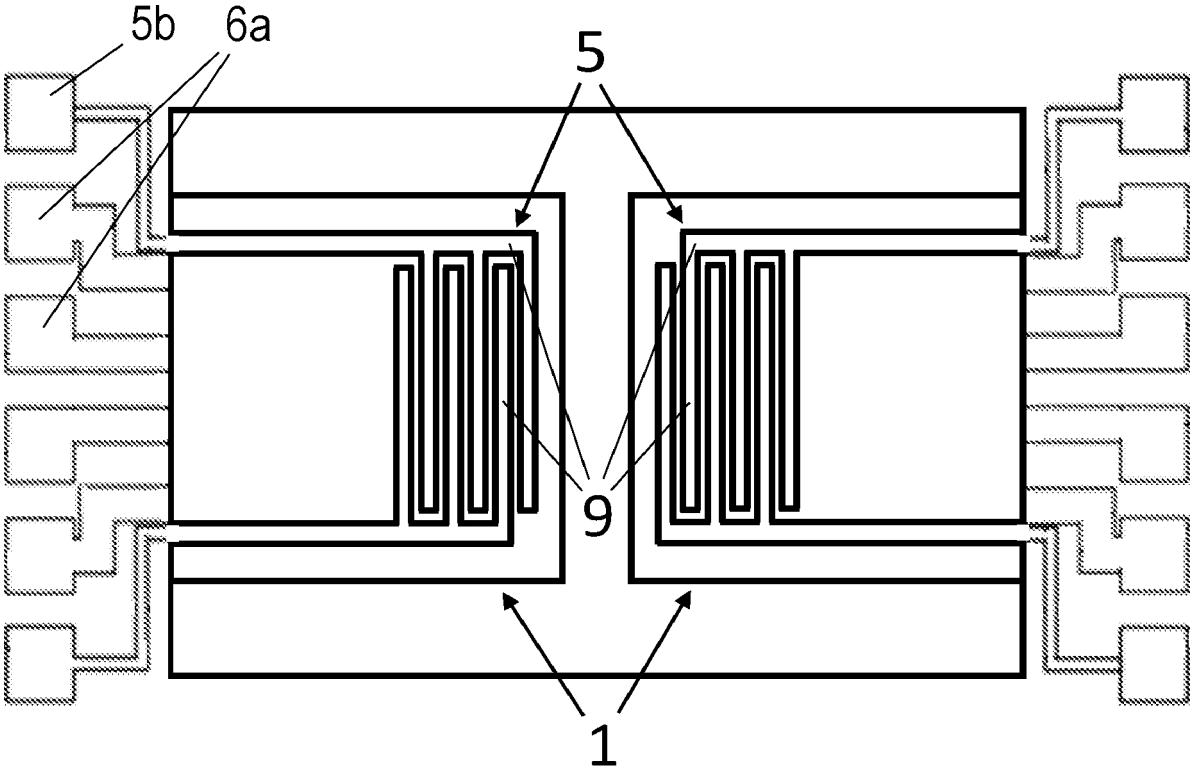

5b
6a
5
9
1

Fig. 8

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
G01N 33/28 (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
G01N 33/2888 (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
G01N

Konsultierte Online-Datenbank:
Wpi, Epodoc

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **13.07.2018** eingereichten Ansprüchen **1-32** erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	US 2007074562 A1 (LIU JAMES Z [US], RAHMAN AZIZ [US], RHODES MICHAEL L [US]) 05. April 2007 (05.04.2007) Ganzes Dokument	1-32
A	WO 2006138661 A2 (HONEYWELL INT INC [US], LIU JAMES ZT [US], RAHMAN AZIZ [US], RHODES MICHAEL L [US]) 28. Dezember 2006 (28.12.2006) Ganzes Dokument	1-32
A	US 2008289400 A1 (QUIST ARJAN [US], LAL RATNESH [US], LIESEN GREGORY P [US], SRIVASTAVA SUNIL K [US]) 27. November 2008 (27.11.2008) Ganzes Dokument	1-32
A	WO 0045145 A2 (WENMAN RICHARD A [US]) 03. August 2000 (03.08.2000) Ganzes Dokument	1-32
A	DE 102013209872 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 04. Dezember 2014 (04.12.2014) Ganzes Dokument	1-32

Datum der Beendigung der Recherche:	Seite 1 von 1	Prüfer(in):
19.03.2019		GÖRNER Wolfram

*) **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.