

SCHWEIZERISCHE EidGENOSSENSCHAFT  
EidGENÖSSISCHES Institut FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 697 268 B1

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

### Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

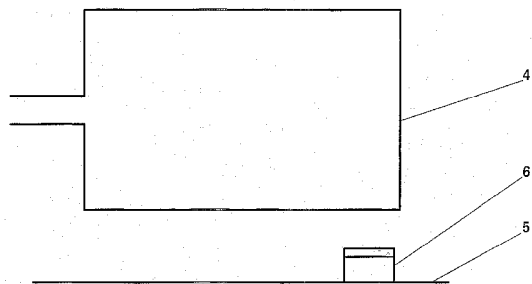
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## (12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer:	01429/05	(73) Inhaber:	VTI Technologies OY, Myllykivenkuja 6, P.O. Box 27 01621 Vantaa (FI)
(22) Anmeldedatum:	11.02.2004	(72) Erfinder:	KUISMA, Heikki, FIN-00420 Helsinki (FI) LAHDENPERÄ, Juha, FIN-02140 Espoo (FI) MUTIKAINEN, Risto, FIN-02230 Espoo (FI)
(30) Priorität:	05.03.2003 FI 20030338	(74) Vertreter:	Cronin Intellectual Property, Chemin de Précossy 31 1260 Nyon (CH)
(24) Patent erteilt:	31.07.2008	(86) Internationale Anmeldung:	PCT/FI 2004/000062
(45) Patentschrift veröffentlicht:	31.07.2008	(87) Internationale Veröffentlichung:	WO 2004/079373

### (54) Kapazitiver Beschleunigungssensor.

(57) Die Erfindung betrifft Messgeräte, die zur Messung der Beschleunigung verwendet werden, und speziell kapazitive Beschleunigungssensoren. Der kapazitive Beschleunigungssensor gemäss der vorliegenden Erfindung weist ein Paar von Elektroden auf, das aus einer beweglichen Elektrode (4) und einer ortsfesten Elektrode (5) besteht, sowie, in Beziehung zu dem Paar der Elektroden, einen Isolatorvorsprung, der eine spezielle Beschichtung aufweist. Die Erfindung stellt eine verbesserte, verschleissfestere Sensoranordnung zur Verfügung, welche dem Verschleiss, der durch Überlastungssituationen verursacht wird, besser standhält als frühere Anordnungen.



## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Messgeräte, die zur Messung der Beschleunigung verwendet werden, und speziell kapazitive Beschleunigungssensoren. Die Erfindung stellt eine verbesserte, verschleissfestere Sensoranordnung zur Verfügung, die besser dem Verschleiss standhält, der durch Überlastungssituationen hervorgerufen wird.

### Hintergrund der Erfindung

[0002] Messungen auf Grundlage eines kapazitiven Beschleunigungssensors haben sich so erwiesen, dass sie ein einfaches Prinzip haben, und ein verlässliches Verfahren zur Messung der Beschleunigung zur Verfügung stellen. Die kapazitive Messung beruht auf einer Änderung in einem Spalt zwischen zwei Oberflächen eines Paares von Elektroden in dem Sensor. Die Kapazität zwischen den Oberflächen, oder die Kapazität zur Speicherung elektrischer Ladungen, hängt von der Fläche der Oberflächen und der Entfernung zwischen den Oberflächen ab. Eine kapazitive Messung kann bereits in relativ niedrigen Messbereichen der Beschleunigung eingesetzt werden.

[0003] Der Stand der Technik wird nachstehend unter Bezugnahme auf ein Beispiel gemäss der beigefügten Fig. 1 beschrieben, die eine Seitenansicht des Aufbaus eines Paares von Elektroden eines Beschleunigungssensors nach dem Stand der Technik zeigt.

[0004] Fig. 1 zeigt eine Seitenansicht des Aufbaus eines Paares von Elektroden auf einem Beschleunigungssensor nach dem Stand der Technik. Das Paar der Elektroden des Beschleunigungssensors nach dem Stand der Technik umfasst eine bewegliche Elektrode 1, die sich in Abhängigkeit von der Beschleunigung bewegt, und eine ortsfeste Elektrode 2.

[0005] Die bewegliche Elektrode 1 ist jenes Teils 1 des Beschleunigungssensors, das auf die Beschleunigung reagiert, wird durch Federn gehalten, und bewegt sich infolge einer Beschleunigung in Bezug zur ortsfesten Elektrode 2. Die bewegliche Elektrode 1 und die ortsfeste Elektrode 2 bilden ein Paar von Elektroden, welches Beschleunigung in eine Grösse umwandelt, die elektrisch gemessen werden kann, nämlich die Kapazität. Üblicherweise weist an der entgegengesetzten Seite der beweglichen Elektrode 1 der Beschleunigungssensor nach dem Stand der Technik weiterhin ein zweites Paar von Elektroden auf, das zur Vereinfachung nicht in der Figur dargestellt ist.

[0006] Bei der Messung der Beschleunigung hängt die Kapazität zwischen der beweglichen Elektrode 1 und der ortsfesten Elektrode 2 des Paares der Elektroden des Sensors, also die Kapazität zum Speichern elektrischer Ladungen, von der Fläche der Oberflächen und der Entfernung zwischen den Oberflächen ab. Wenn eine Beschleunigung mittels Bewegung auf das zu messende Objekt einwirkt, folgt die ortsfeste Elektrode 2 der Bewegung des zu messenden Objekts. Die bewegliche Elektrode 1 neigt dazu, an ihrem Ort zu verbleiben, infolge von Trägheitskräften, und bewegt sich daher in Bezug auf die ortsfeste Elektrode 2. Die Entfernung zwischen der beweglichen Elektrode 1 und der ortsfesten Elektrode 2, und daher auch die messbare Kapazität, ändert sich.

[0007] Das Paar der Elektroden eines Beschleunigungssensors nach dem Stand der Technik weist weiterhin einen Isolatorvorsprung 3 auf. Das Paar der Elektroden kann auch mehrere Isolatorvorsprünge 3 aufweisen. Ein Isolatorvorsprung begrenzt die Bewegung der beweglichen Elektrode 1, die durch Federn gehalten wird, und verhindert eine Berührung zwischen den Elektroden 1, 2 im Falle einer Überlastung, und verhindert daher auch einen Kurzschluss der Messerschaltung. Der Einsatz eines Isolatorvorsprungs ist beispielsweise in der Veröffentlichung des US-Patents Nr. 5 367 429 beschrieben. Die Verwendung von Beschichtungsmaterialien zur Beschichtung gesamter, durch Mikro-Materialbearbeitung hergestellter Anordnungen oder des Substrats insgesamt sind beispielsweise in der Veröffentlichung des US-Patents Nr. 6 404 028 und in der Veröffentlichung des US-Patents Nr. 5 644 455 beschrieben.

[0008] Normalerweise werden dielektrische Vorsprünge als Isolatorvorsprünge 3 eingesetzt. Bei empfindlichen Beschleunigungssensoren sind die Rückstellfederkräfte der Anordnung schwach, so dass Oberflächenkräfte ein zeitweiliges oder dauerndes Festsitzen der beweglichen Elektrode 1 an der ortsfesten Elektrode 2 hervorrufen können, so dass der Sensor nicht funktioniert.

[0009] Speziell wurden Anstrengungen, ein Festsitzen von Oberflächen mikromechanischer Beschleunigungssensoren zu verhindern, durch verschiedene Aufrauungs- oder Beschichtungsbehandlungen unternommen. So wurden beispielsweise die Oberflächenkräfte verringernde Filme aus Lipidfilmen oder Fluorpolymeren bei den Anordnungen aufgebracht.

[0010] Bei den Sensoranordnungen gemäss der vorliegenden Erfindung kann darüber hinaus ein mechanischer Verschleiss der Isolatorvorsprünge während des Herstellungsvorgangs auftreten. Auf diese Weise durch Abrieb verschlissene Oxidvorsprünge werden verformt, und sie können sogar mechanisch mit einer ebenso verschlissenen Siliziumoberfläche verriegelt werden.

### Zusammenfassung der Erfindung

[0011] Das Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung einer derartigen, verbesserten Sensoranordnung, welche ein Festsitzen zwischen Elektroden verhindert, und welche besser Verschleiss standhält, der durch Überlastungssituationen hervorgerufen wird.

[0012] Gemäss der vorliegenden Erfindung wird ein kapazitiver Beschleunigungssensor, der zumindest ein Paar von Elektroden aufweist, wobei das Paar der Elektroden eine bewegliche Elektrode aufweist, die auf die Beschleunigung reagiert, zumindest eine ortsfeste Elektrode, und zumindest einen Isolatorvorsprung, dadurch gekennzeichnet, dass der Isolatorvorsprung auf einer der Elektroden angeordnet ist, und mit einer diamantartigen DLC-Beschichtung beschichtet ist, und einen Verbundaufbau aus zwei Schichten aufweist, mit einer Basisschicht, die aus Oxid besteht, wobei die Basisschicht mit einer Deckschicht aus der diamantartigen DLC-Beschichtung beschichtet ist. Vorzugsweise weist der Isolatorvorsprung einen Verbundaufbau aus zwei Schichten auf, wobei die Basisschicht aus einem Material besteht, das sich einfach aufbringen lässt, und diese Basisschicht wiederum mit einer Deckschicht aus der diamantartigen DLC-Beschichtung beschichtet ist.

[0013] Vorzugsweise erstreckt sich die diamantartige DLC-Beschichtung der Deckschicht auch auf die Seiten des Isolatorvorsprungs. Weiterhin erstreckt sich vorzugsweise die diamantartige DLC-Beschichtung der Deckschicht auch über die Seiten des Isolatorvorsprungs hinaus auf den Bereich der ortsfesten Elektrode.

[0014] Weiterhin ist vorzugsweise die Basisschicht im Wesentlichen dicker als die Deckschicht. Vorzugsweise besteht die Basisschicht aus Oxid.

[0015] Vorzugsweise weist das Paar der Elektroden des Beschleunigungssensors mehrere Isolatorvorsprünge auf. Die Isolatorvorsprünge sind vorzugsweise an beiden Seiten der beweglichen Elektrode angeordnet. Vorzugsweise sind die Isolatorvorsprünge auf einer ortsfesten Elektrode angeordnet. Alternativ sind die Isolatorvorsprünge auf der beweglichen Elektrode angeordnet.

[0016] Vorzugsweise wächst die diamantartige DLC-Beschichtung für den Isolatorvorsprung mittels Ionenstrahlablagerung auf. Alternativ wächst die diamantartige DLC-Beschichtung für den Isolatorvorsprung durch plasmaverstärkte chemische Dampfablagerung auf. Alternativ wächst die diamantartige DLC-Beschichtung für den Isolatorvorsprung durch Lichtbogenablagerung auf.

[0017] Vorzugsweise wird die Qualität des diamantartigen DLC-Beschichtungsfilms für den Isolatorvorsprung dadurch verbessert, dass der Anteil an  $sp^3/sp^2$ -Bindungen erhöht wird. Vorzugsweise wird die Qualität des diamantartigen DLC-Beschichtungsfilms für den Isolatorvorsprung dadurch verbessert, dass der Wasserstoffanteil des diamantartigen DLC-Beschichtungsfilms verringert wird.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0018] Die vorliegende Erfindung und ihre bevorzugten Ausführungsformen werden nachstehend im Einzelnen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, bei welchen:

- Fig. 1 eine Seitenansicht des Aufbaus eines Paares von Elektroden eines Beschleunigungssensors nach dem Stand der Technik zeigt;
- Fig. 2 eine Seitenansicht des Aufbaus eines Paares von Elektroden eines Beschleunigungssensors gemäss der vorliegenden Erfindung zeigt.
- Fig. 1 wurde voranstehend erläutert. Die vorliegende Erfindung und bevorzugte Verfahren für deren Implementierung werden nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0019] Bei dem Beschleunigungssensor gemäss der vorliegenden Erfindung ist ein Isolatorvorsprung eines Paares von Elektroden mit einer diamantartigen DLC-Beschichtung beschichtet (DLC: diamantartiger Kohlenstoff). Durch die Lösung gemäss der vorliegenden Erfindung können die Festsitzkräfte verringert werden, und kann der Verschleiss der Elektroden verringert werden.

[0020] Fig. 2 zeigt eine Seitenansicht des Aufbaus eines Paares von Elektroden eines Beschleunigungssensors gemäss der vorliegenden Erfindung. Das Paar von Elektroden des Beschleunigungssensors gemäss der vorliegenden Erfindung umfasst eine bewegliche Elektrode 4 und eine ortsfeste Elektrode 5. Normalerweise weist der Beschleunigungssensor gemäss der vorliegenden Erfindung weiterhin ein zweites Paar von Elektroden an der entgegengesetzten Seite der ortsfesten Elektrode 4 auf, was zur Vereinfachung nicht in der Figur dargestellt ist.

[0021] Das Paar von Elektroden des Beschleunigungssensors gemäss der vorliegenden Erfindung umfasst weiterhin einen Isolatorvorsprung 6. Der Isolatorvorsprung 6 ist mit einer diamantartigen DLC-Beschichtung beschichtet (DLC: diamantartiger Kohlenstoff).

[0022] Der Isolatorvorsprung 6 gemäss der vorliegenden Erfindung ist ein Verbundaufbau aus zwei Schichten, wobei eine Basisschicht dicker ist, und aus einem einfach abzulagernden Material besteht, beispielsweise Oxid, und diese Basisschicht wiederum mit einer dünneren Deckschicht aus der diamantartigen DLC-Beschichtung beschichtet ist. Die diamantartige DLC-Beschichtung der Deckschicht kann sich auch auf die Seiten des Isolatorvorsprungs 6 erstrecken, oder auch über die Ränder des Isolatorvorsprungs 6 hinaus auf den Bereich der ortsfesten Elektrode 5. Das Paar der Elek-

troden des Beschleunigungssensors gemäss der vorliegenden Erfindung kann mehrere Isolatorvorsprünge 6 aufweisen. Die Isolatorvorsprünge können auf beiden Seiten der beweglichen Elektrode 4 angeordnet sein. Typischerweise ist der Isolatorvorsprung 6 auf der ortsfesten Elektrode 5 angeordnet, jedoch kann alternativ der Isolatorvorsprung auch auf der beweglichen Elektrode 4 angeordnet sein.

**[0023]** Gemäss der vorliegenden Erfindung kann die diamantartige DLC-Beschichtung für den Isolatorvorsprung 6 des Paares der Elektroden des Beschleunigungssensors durch verschiedene Verfahren abgelagert werden. Die DLC-Beschichtung kann aufwachsen durch Ionenstrahlablagerung, oder alternativ durch Plasma verstärkte chemische Dampfablagerung (PECVD), oder als weitere Alternative mittels Lichtbogenablagerung.

**[0024]** Die Qualität des diamantartigen DLC-Beschichtungsfilms auf dem Isolatorvorsprung 6 gemäss der vorliegenden Erfindung kann dadurch verbessert werden, dass der Anteil der Bindungen  $sp^3/sp^2$  vergrössert wird, oder alternativ durch Verringerung des Wasserstoffanteils des diamantartigen DLC-Beschichtungsfilms.

**[0025]** Die diamantartige DLC-Beschichtung des Isolatorvorsprungs 6 des Paares der Elektroden des Beschleunigungssensors gemäss der vorliegenden Erfindung ist beständig gegen Verschleiss, und stellt niedrige Oberflächenkräfte zur Verfügung, die sonst ein Festsitzen der Elektroden aneinander hervorrufen würden.

**[0026]** Die Oberflächenkräfte der Verbundanordnung aus zwei Schichten gemäss der vorliegenden Erfindung sind niedriger als im Falle reiner Oxidvorsprünge. Auf diese Weise kann ein Festsitzen zwischen der beweglichen Elektrode 4 und der ortsfesten Elektrode 5 verhindert werden, beispielsweise während Überlastungssituationen.

**[0027]** Ein Verschleiss der Isolatorvorsprünge kann durch die Lösung gemäss der vorliegenden Erfindung verhindert werden, infolge des niedrigen Reibungskoeffizienten und der erhöhten Verschleissfestigkeit der Verbundanordnung aus zwei Schichten.

**[0028]** Durch die Lösung gemäss der vorliegenden Erfindung wird ein mechanischer Verschleiss des Isolatorvorsprungs während des Herstellungsvorgangs verhindert. Durch Verhindern einer mechanischen Verriegelung zwischen den Elektroden verbessert die die Reibung vermindernde, verschleissfeste Beschichtung gemäss der vorliegenden Erfindung das Verhalten des Paares der Elektroden des Beschleunigungssensors.

#### Patentansprüche

1. Kapazitiver Beschleunigungssensor, der zumindest ein Paar von Elektroden aufweist, wobei das Paar der Elektroden eine bewegliche Elektrode (4) aufweist, die auf die Beschleunigung reagiert, zumindest eine ortsfeste Elektrode (5), und zumindest einen Isolatorvorsprung, dadurch gekennzeichnet, dass der Isolatorvorsprung auf einer der Elektroden (4), (5) angeordnet ist, und mit einer diamantartigen DLC-Beschichtung beschichtet ist, und einen Verbundaufbau aus zwei Schichten aufweist, mit einer Basisschicht, die aus Oxid besteht, wobei die Basisschicht mit einer Deckschicht aus der diamantartigen DLC-Beschichtung beschichtet ist.
2. Kapazitiver Beschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich die diamantartige DLC-Beschichtung der Deckschicht auch auf die Seiten des Isolatorvorsprungs (6) erstreckt.
3. Kapazitiver Beschleunigungssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich die diamantartige DLC-Beschichtung der Deckschicht auch über die Ränder des Isolatorvorsprungs (6) hinaus auf den Bereich der ortsfesten Elektrode (5) erstreckt.
4. Kapazitiver Beschleunigungssensor nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Basisschicht dicker ist als die Deckschicht.
5. Kapazitiver Beschleunigungssensor nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Paar der Elektroden des Beschleunigungssensors mehrere Isolatorvorsprünge (6) aufweist.
6. Kapazitiver Beschleunigungssensor nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolatorvorsprünge auf die obere und untere Fläche der beweglichen Elektrode (4) angeordnet sind.
7. Kapazitiver Beschleunigungssensor nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolatorvorsprünge (6) auf der ortsfesten Elektrode (5) angeordnet sind.
8. Kapazitiver Beschleunigungssensor nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolatorvorsprünge (6) auf der beweglichen Elektrode (4) angeordnet sind.

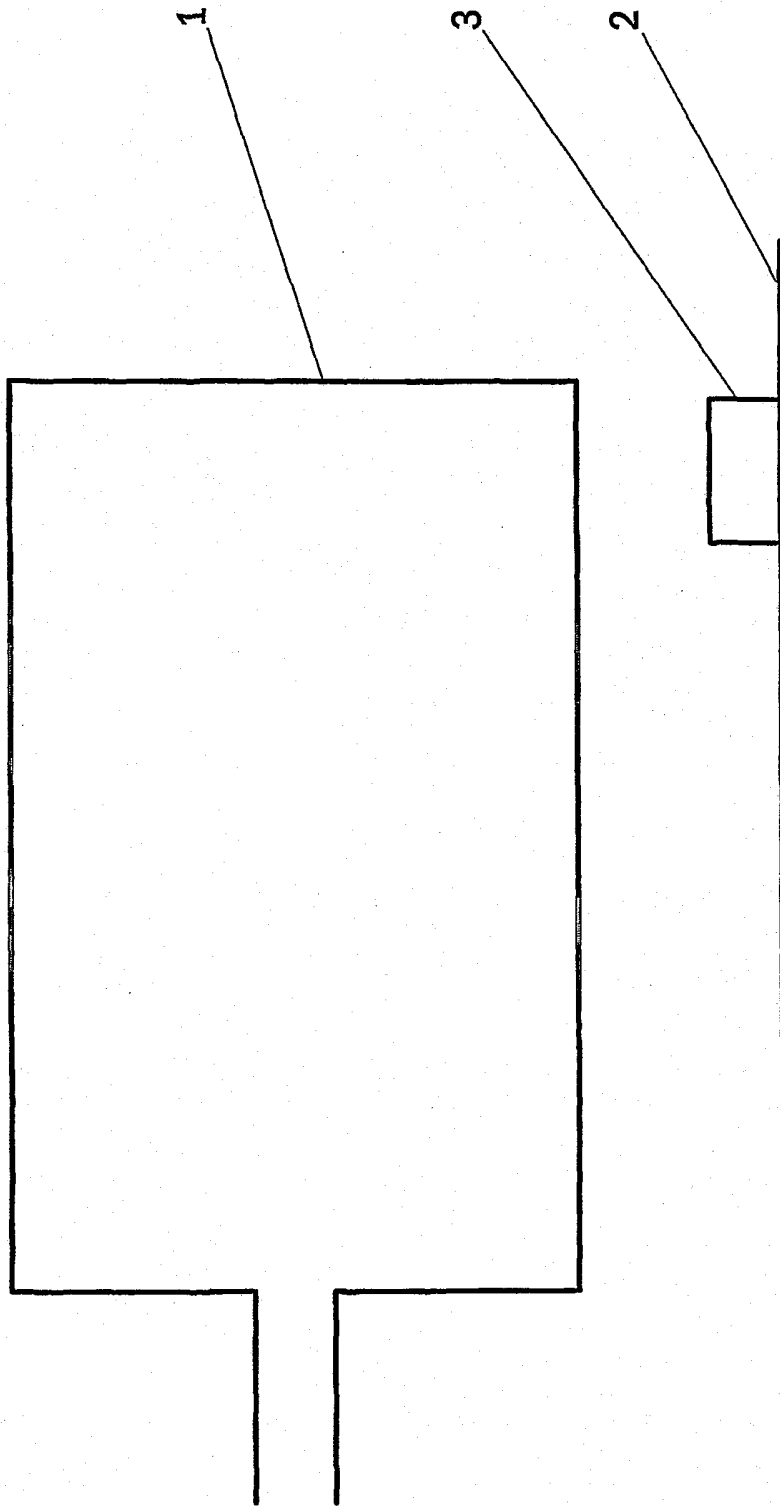


Fig. 1

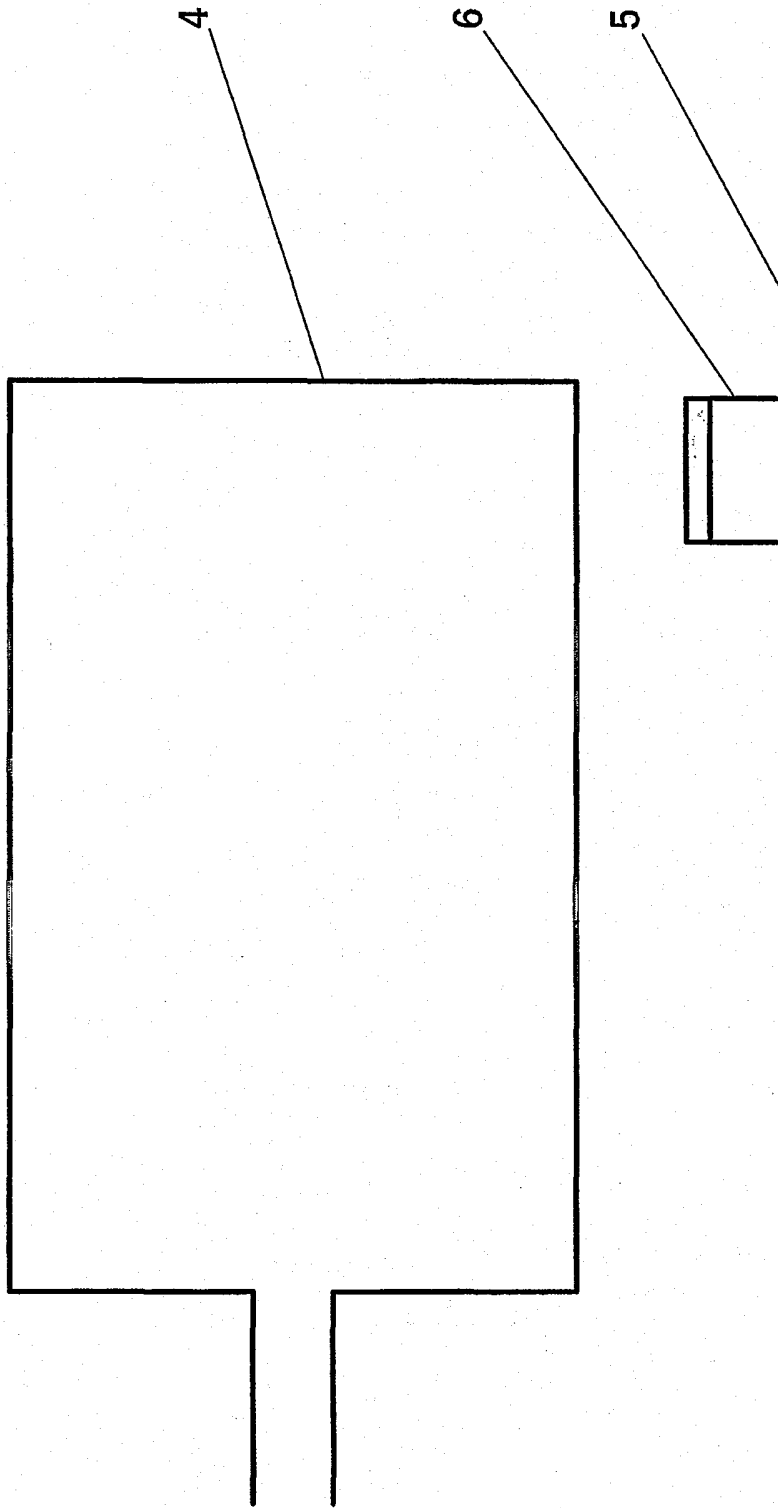


Fig. 2