

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. Oktober 2007 (25.10.2007)

PCT

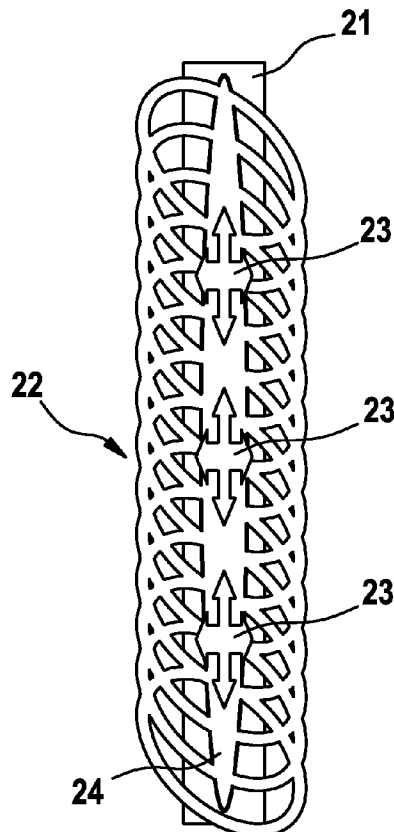
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/118879 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 41/047 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/053719
- (22) Internationales Anmeldedatum:
17. April 2007 (17.04.2007)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102006018056.9 19. April 2006 (19.04.2006) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HOHMANN, Eugen** [DE/DE]; Schaumbergstr. 9, 96191 Viereth-Trunstadt (DE). **FERGEN, Immanuel** [DE/DE]; Rossmarkt 15, 76646 Bruchsal (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PIEZO ACTUATOR COMPRISING EXTERNALLY CONTACTED INNER ELECTRODES OF A PIEZO ELEMENT

(54) Bezeichnung: PIEZOAKTOR MIT AUBEN KONTAKTIERTEN INNENELEKTRODEN EINES PIEZOELEMENTS



(57) Abstract: The invention relates to a piezo actuator having a multi-layered structure of piezo-layers in a piezo element (2) and inner electrodes (3, 4) that are arranged between the piezo-layers, said electrodes being alternatively supplied with an electric voltage of a different polarity in the direction of the layer structure of the piezo element (2). The alternate lateral contacting of the inner electrodes (3, 4) is achieved via outer electrodes (6, 7) and/or a baked base metallic coating of the lateral surfaces. The respective outer electrodes comprise a bending coil (22) which is wound from a contactable material and during baking of the base metallic coating, is applied together with at least parts of the bending coil (22) to said coating in a conductive manner. A flexible sheet metal part (30, 40) that has first been provided with cut sections (31, 41) and/or pre-stamped sections can also be used as an outer electrode.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoaktor, mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen in einem Piezoelement (2) vorgeschlagen, der zwischen den Piezolagen angeordnete Innenelektroden (3,4), die in Richtung des Lagenaufbaus des Piezoelements (2) abwechselnd mit einer unterschiedlichen Polarität einer elektrischen Spannung beaufschlagt sind. Die wechselseitige seitliche Kontaktierung der Innenelektroden (3,4) ist über Außenelektroden (6,7) bzw. eine eingebrennte Grundmetallisierung der Seitenflächen möglich. Die jeweilige Außenelektrode weist eine Biegespule (22) auf, die aus einem kontaktierbaren Material gewickelt ist und während des Einbrennens der Grundmetallisierung zumindest mit Teilen der Biegespule (22) leitend auf diese aufgebracht ist. Als Außenelektrode ist auch ein zunächst mit Ausstanzungen (31;41) und/oder Vorprägungen versehenes flexibles Blechteil (30;40) einsetzbar.

WO 2007/118879 A1



MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

5

Titel

Piezoaktor mit außen kontaktierten Innenelektroden eines Piezo-
elements

10 Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, mit außen kontaktierten Innenelektroden eines Piezoelements nach den gattungsgemäßen Merkmalen der nebengeordneten Hauptansprüche.

15

Stand der Technik

Es ist an sich bekannt, dass zum Aufbau des zuvor erwähnten Piezoaktors ein Piezoelement so eingesetzt werden kann, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts eine Steuerung des Nadelhubes eines Ventils oder dergleichen vorgenommen werden kann. Das Piezoelement ist aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur so aufgebaut, dass bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung eine mechanische Reaktion des Piezoelements erfolgt, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Derartige Piezoaktoren eignen sich beispielsweise für Anwendungen, bei denen Hubbewegungen unter hohen Betätigungskräften und hohen Taktfrequenzen ablaufen.

Beispielsweise ist ein solcher Piezoaktor als Bestandteil eines Piezoinjektors aus der DE 10026005 A1 bekannt, der zur Ansteuerung der Düsenadel bei Injektoren zur Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum eines Verbrennungsmotors verwendet werden kann. Bei diesem Piezoaktor ist ein Piezoelement als Stapel mehrerer elektrisch miteinander gekoppelter piezokeramischer Schichten aufgebaut, der unter Vorspannung zwischen zwei Anschlüssen

gehalten ist. Jede piezokeramische Schicht ist als Piezolage zwischen zwei Innenelektroden eingefasst, über die von außen eine elektrische Spannung angelegt werden kann. Aufgrund dieser elektrischen Spannung führen die piezokeramischen Schichten dann jeweils kleine Hubbewegungen in Richtung des Potenzialgefälles aus, die sich zum Gesamthub des Piezoaktors addieren. Dieser Gesamthub ist über die Höhe der angelegten Spannung veränderbar und kann auf ein mechanisches Stellglied übertragen werden.

Bei dem zuvor erwähnten Piezoaktor wird zur Heranführung der unterschiedlichen Potentiale eine wechselseitige seitliche Kontaktierung der Innenelektroden über äußere Elektroden vorgenommen, bei der leitende Flächen auf jeweils einer Seitenfläche des Piezoelements angebracht sind, die mit den jeweiligen Innenelektroden kontaktiert sind.

Bei einer Betätigung des Piezoaktors treten unterschiedliche mechanische Kräfte im Bereich der Innenelektroden sowie im Bereich der Kontaktierungen an den Außenelektroden auf, die zu mechanischen Spannungen und dadurch zu Rissen in den Außenelektroden führen können. Die Außenelektroden müssen dann wiederum mit Anschlusselektroden versehen werden, die weiter nach außen geführt werden und in der Regel auch mechanischen Spannungen standhalten müssen.

In der DE 19928190 A1 ist ein Piezoaktor beschrieben, bei dem zur Erreichung einer gewissen Flexibilität mindestens eine Schicht der jeweilige Außenelektrode netz-, sieb- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebaut und zumindest punktwise mit den jeweiligen Innenelektroden kontaktiert ist. Darüber hinaus ist auch aus der DE 1998178 A1 bekannt, dass ein solcher Piezoaktor mit Metallfolien als Bestandteil der Außenelektroden versehen werden kann, die jeweils zumindest im Bereich von neutralen Schichten im Aufbau des Piezoelements Ausgleichswellen aufweisen.

Die Außenkontaktierung kann bei den bekannten Piezoaktoren beispielsweise mit einem beschichteten Sieb doppellagig ausgeführt werden und während der Anbindung mittels eines Lötprozesses werden alle Webknoten des Siebes fest verklammert und mit Lot angebunden. Die zuvor erwähnte gewünschte Beweglichkeit des Siebgewebes wird dabei

in der Regel jedoch stark reduziert und kann nur eingeschränkt genutzt werden.

Offenbarung der Erfindung

5 Die Erfindung geht von einem eingangs beschriebenen Piezoaktor aus, der mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen in einem Piezoelement und zwischen den Piezolagen angeordneten Innenelektroden versehen ist. Die Innenelektroden sind in Richtung des Lagenaufbaus des Piezoelements abwechselnd mit einer unterschiedlichen
10 Polarität einer elektrischen Spannung über eine wechselseitige seitliche Kontaktierung beaufschlagt. Die Außenelektroden bestehen dabei mindestens aus einer eingebrannten Grundmetallisierung der Seitenflächen. Erfindungsgemäß weist in vorteilhafter Weise bei einer ersten Ausführungsform die jeweilige Außenelektrode eine
15 Biegespule auf, die beispielsweise aus einem leitenden Material gewickelt und während des Einbrennens der Grundmetallisierung zumindest mit Teilen der Spule leitend auf diese aufgebracht ist. Die Biegespule kann hierbei im Wickelquerschnitt gestaucht sein und auf der der Grundmetallisierung gegenüberliegenden Seite mit
20 einer Verstärkungsleiste aus einem leitenden Material versehen werden, die dann eventuell auch mit Anschlussleitungen kontaktierbar ist.

Gemäß einer zweiten Ausführungsform ist die jeweilige Außenelektrode ein mit Ausstanzungen und/oder Vorprägungen versehenes flexibles
25 Blechteil, das während des Einbrennens der Grundmetallisierung zumindest mit Teilen seiner Struktur leitend auf diese aufgebracht ist.

Das flexible Blechteil kann dabei auf einfache Weise durch Schneiden und/oder Stanzen in seiner Struktur zur Herstellung der
30 Flexibilität aufgebrochen werden und die Ausstanzungen und/oder Ausschneidungen können durch ein entsprechendes Ziehen in Richtung der flächenhaften Ausdehnung vor dem Aufbringen auf die Grundmetallisierung noch vergrößert werden.

Andererseits kann das flexible Blechteil durch Schneiden und/oder
35 Stanzen in seiner Struktur zur Herstellung der Flexibilität aufgebrochen sein und die Ausstanzungen und/oder Ausschneidungen werden zur Kontaktierung mit der Grundmetallisierung vor dem Auf-

bringen auf die Grundmetallisierung aus der Grundfläche herausgebogen.

Bei allen Ausführungsformen kann die Spule oder das Blechteil entweder aus einem Metall oder aus einem mit einer leitenden Beschichtung versehenen Material hergestellt sein.

Ein erfindungsgemäßer Piezoaktor kann in einem einfachen Herstellungsprozess nach einem Sinterprozess an den Seiten geschliffen und dann eine Grundmetallisierung mit Aufsetzen der Spule oder des Blechteils vorgenommen werden. Das Einbrennen der Grundmetallisierung mit der Spule oder dem Blechteil erfolgt dann anschließend vor einem sogenannten Heiß- oder Frequenzpolen und einer abschließenden Tauchlackierung des Piezoelements bzw. des Piezoaktors.

Zusammenfassend gesehen kann mit dem erfindungsgemäßen Piezoaktor somit vor allem eine sichere und dauerhafte Außenkontaktierung der Innenelektroden des Piezoelementes erreicht werden. Die durch die Betätigung des Piezoaktors bewirkten Bewegungen innerhalb des Piezoelements führen zu unterschiedlichen Bewegungen in drei Achsen. In der Hauptbewegungs- bzw. Betätigungsrichtung (Z-Achse) dehnt sich ein solcher Piezoaktor beispielsweise um ca. 100-120 μm aus; in der X- und Y-Achse zieht er sich dagegen um ca. 40-50 μm zusammen.

Aus diesem Grund wird zum Beispiel beim eingangs erwähnten Stand der Technik die Außenkontaktierung mit einem beschichteten doppellagigen Sieb ausgeführt. Die elektrische Anbindung wird dann beim Stand der Technik mittels eines Lötprozesses vorgenommen, bei dem alle Webknoten des Siebes fest verklammert und unter Einschränkung der Beweglichkeit mit Lot abgebunden werden.

Mit den erfindungsgemäßen Ausführungsformen wird eine kostengünstig herstellbare Außenanbindung der Innenelektroden geschaffen, die den zuvor beschriebenen Bewegungsanforderungen bzw. dem geforderten Dehnungsvermögen in den drei Achsrichtungen beispielsweise während einer Laufzeit von 10^9 Lastspielen des Piezoaktors erfüllen. Es sind weiterhin reproduzierbare Bedingungen für weitere wirtschaftliche und prozesssichere Montageanbindungen, beispielsweise eines Aktorfußes durch Spaltschweißen geschaffen. Der bisher notwendige Arbeitsgang des Lötens entfällt komplett, da die Anbindung der Außenkontakte unmittelbar mit dem Einbrennen der Grundmetalli-

sierung auf dem Piezoaktor, also mit direkter Prozesskopplung, erfolgt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

5 Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Piezoaktors werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 einen Schnitt durch einen Piezoaktor mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und Innenelektroden sowie einer siebartigen Außenelektrode nach dem Stand der Technik,
- 10 Figur 2a eine Detailansicht eines Ausschnitts einer Seitenfläche eines Piezoaktors mit einer schematisch angedeuteten erfindungsgemäßen Außenkontaktierung,
- 15 Figur 2b eine Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels der Außenkontaktierung nach der Figur 2a mit einer Biegespule,
- Figur 2c eine Seitenansicht auf die Biegespule nach der Figur 2b,
- 20 Figur 3a und 3b eine andere Ausführung der Außenkontaktierung mit einem Blechteil mit Stanzungen vor einem Ziehen (Figur 3a) und nach dem Ziehen (Figur 3b),
- Figur 3c die Aufbringung der Außenkontaktierung nach der Figur 3b auf die Grundmetallisierung des Piezoaktors,
- 25 Figur 4a eine weitere Ausführung der Außenkontaktierung mit einem Blechteil mit Stanzungen,
- Figur 4b eine Ansicht von herausgebogenen Strukturen aus dem Blechteil nach der Figur 4a und
- Figur 4c eine Seitenansicht des auf die Grundmetallisierung des Piezoaktors aufbrachten Blechteils nach den
- 30 Figuren 4a und 4b.

Ausführungsformen der Erfindung

In Figur 1 ist ein beispielsweise aus dem eingangs erwähnten Stand der Technik DE 19928190 A1 bekannter Piezoaktor 1 gezeigt, der ein Piezoelement 2 aus Piezolagen oder -folien aufweist, die unter Ausnutzung des Piezoeffekts bei Anlage einer elektrischen Spannung an Innenelektroden 3 und 4 eine mechanische Reaktion des Piezoaktors 1 in axialer Richtung (Pfeil 5) erfolgt.

Die Innenelektroden 3 und 4 sind dabei in Richtung des Lagenaufbaus des Piezoelements 2 abwechselnd mit einer unterschiedlichen Polarität einer elektrischen Spannung beaufschlagt. Dies wird durch eine wechselseitige seitliche Kontaktierung der Innenelektroden 3 und 4 über netz- oder siebartige Außenelektroden 6 und 7 erreicht, über die die elektrische Spannung zuführbar ist, wobei die Außenelektroden 6 und 7 in der Regel mindestens aus einer eingebrannten Grundmetallisierung der Seitenflächen des Piezoaktors 1 bestehen, auf die die netz- oder siebartigen Außenelektroden 6 und 7 bei dem aus dem Stand der Technik bekannten Piezoaktor 1 aufgelötet sind. Der Piezoaktor 1 kann dann über ein hier nicht dargestelltes Fuß- und/oder Kopfteil fest in ein Gehäuse, beispielsweise das Gehäuse eines Einspritzventils für Kraftfahrzeuge zur Steuerung des Ventils, eingebettet werden und damit Bestandteil eines sogenannten Piezoinjektors sein.

Anhand von Figur 2a, 2b und 2c soll nun ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert werden. In der Figur 2a ist ein Teil der Seitenfläche eines erfindungsgemäßen Piezoaktors 20 gezeigt, auf dem eine Schicht 21 für eine Außenelektrode für die Kontaktierung der hier nur schematisch angedeuteten Innenelektroden angebracht ist. Die Schicht 21 ist während der Grundmetallisierung der Seitenfläche mit eingebrannt worden.

Aus der Figur 2b ist im Detail das Ausführungsbeispiel einer Außenelektrode ersichtlich, die aus einer sogenannten Biegespule 22 besteht. Die Wicklungen der Biegespule 22 sind hier auch während des Einbrennens der Schicht 21 bzw. der Grundmetallisierung mit dem Piezoaktor 20 kontaktiert und erfüllen durch ihre mit Pfeilen 23 angedeuteten Bewegungsspielräume eine sichere Kontaktierung auch bei den in der allgemeinen Beschreibung erwähnten Bewegungen des Piezoaktors 20 in den drei Achsen. Es ist hier ferner noch eine Verstärkungsleiste 24 vorhanden, die in der Höhe gestaucht

sein kann. Aus der Figur 2c ist noch eine Seitenansicht auf die Anordnung nach der Figur 2b ersichtlich.

In Figur 3a, 3b und 3c ist ein anderes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer aus einem Blechteil 30 geformten Außenelektrode gezeigt. Im Blechteil 30 sind zunächst Ausstanzungen 31 eingebracht, die, wie mit dem Pfeil 32 angedeutet, durch Ziehen in der dargestellten Richtung zu größeren Freiräumen 33 werden, die dann ebenfalls die Bewegungen (siehe Pfeile 34 aus der Figur 3c) des Piezoaktors 20 in den drei Achsen ausgleichen können. Im unteren Bereich sind die Kontaktierungen 35 mit der Schicht 21 bzw. mit der Grundmetallisierung ersichtlich.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist in Figur 4a, 4b und 4c dargestellt, bei dem ebenfalls ein Blechteil 40 als Ausgangselement für die Außenelektrode genommen wird. Auch hier sind Ausstanzungen 41 vorhanden, die durch Ziehen zu größeren Freiräumen gestaltet werden. Aus der Figur 4b sind im Detail noch herausgebogene Elemente 42 ersichtlich mit denen die Kontaktierungen mit der Schicht 21 bzw. mit der Grundmetallisierung durchgeführt werden.

Aus der Figur 4c ist noch eine Seitenansicht auf die Anordnung nach der Figur 4b ersichtlich, aus der erkennbar ist, wie auch hier die Bewegungen gemäß der Pfeile 43 des Piezoaktors 20 in den drei Achsen gewährleistet wird.

Ansprüche

5

1. Piezoaktor, mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen in einem Piezoelement (2) und zwischen den Piezolagen angeordneten Innenelektroden (3,4), die in Richtung des Lagenaufbaus des Piezoelements (2) abwechselnd mit einer unterschiedlichen Polarität einer elektrischen Spannung beaufschlagt sind und einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden (3,4) über Außenelektroden (6,7), über die die elektrische Spannung zuführbar ist, wobei die Außenelektroden (6,7) mindestens aus einer eingebrennten Grundmetallisierung der Seitenflächen bestehen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die jeweilige Außenelektrode eine Biegespule (22) aufweist, die aus einem kontaktierbaren Material gewickelt ist, wobei beim Einbrennen der Grundmetallisierung zumindest Teile der Biegespule (22) leitend auf die Grundmetallisierung aufgebracht sind.

20

2. Piezoaktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Biegespule (22) im Wickelquerschnitt gestaucht ist.

25

3. Piezoaktor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Biegespule (22) auf der der Grundmetallisierung gegenüberliegenden Seite mit einer Verstärkungsleiste (24) aus einem leitenden Material versehen ist.

30

4. Piezoaktor, mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen in einem Piezoelement (2) und zwischen den Piezolagen angeordneten Innenelektroden (3,4), die in Richtung des Lagenaufbaus des Piezoelements (2) abwechselnd mit einer unterschiedlichen Polarität einer elektrischen Spannung beaufschlagt sind und einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden (3,4) über Außenelektroden (6,7), über die die elektrische Spannung zuführ-

35

bar ist, wobei die Außenelektroden (6,7) mindestens aus einer eingebraunten Grundmetallisierung der Seitenflächen bestehen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die jeweilige Außenelektrode ein mit Ausstanzungen (31;41) und/oder Vorprägungen versehenes, flexibles Blechteil (30;40) ist, das beim Einbrennen der Grundmetallisierung zumindest mit Teilen seiner Struktur leitend auf diese aufgebracht ist.

5
10 5. Piezoaktor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das flexible Blechteil (30;40) durch Schneiden und/oder Stanzen in seiner Struktur zur Herstellung der Flexibilität aufgebrochen ist und die Ausstanzungen (21;31) und/oder Ausschneidungen durch Ziehen vor dem Aufbringen auf die Grundmetallisierung vergrößert sind.

15

6. Piezoaktor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass flexibles Blechteil (40) durch Schneiden und/oder Stanzen in seiner Struktur zur Herstellung der Flexibilität aufgebrochen ist und Ausstanzungen (42) und/oder Ausschneidungen zur Kontaktierung mit der Grundmetallisierung vor dem Aufbringen auf die Grundmetallisierung aus der Grundfläche herausgebogen sind.

20

7. Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Biegespule (22) oder das Blechteil (30;40) aus einem mit einer leitenden Beschichtung versehenen Material hergestellt sind.

25

8. Verfahren zur Herstellung eines Piezoaktors (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Piezoelement (2) nach einem Sinterprozess an den Seiten geschliffen wird, dass eine Grundmetallisierung mit Aufsetzen der Biegespule (22) oder des Blechteils (30;40) vorgenommen wird, dass ein Einbrennen der Grundmetallisierung mit der Biegespule (22) oder dem Blechteil (30;40) durchgeführt wird, dass ein Heißpolen erfolgt und dass eine abschließende Tauchlackierung des Piezoaktors (20) vorgenommen wird.

30
35

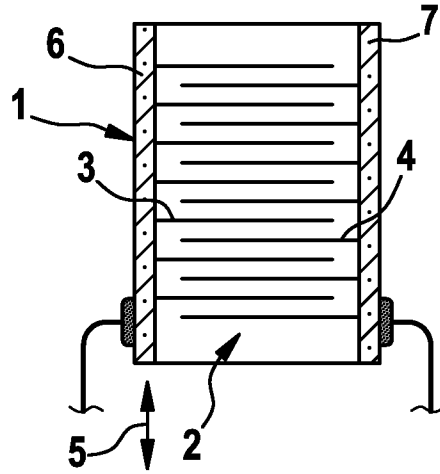


Fig. 1

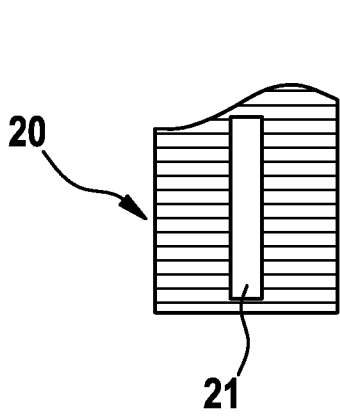


Fig. 2a

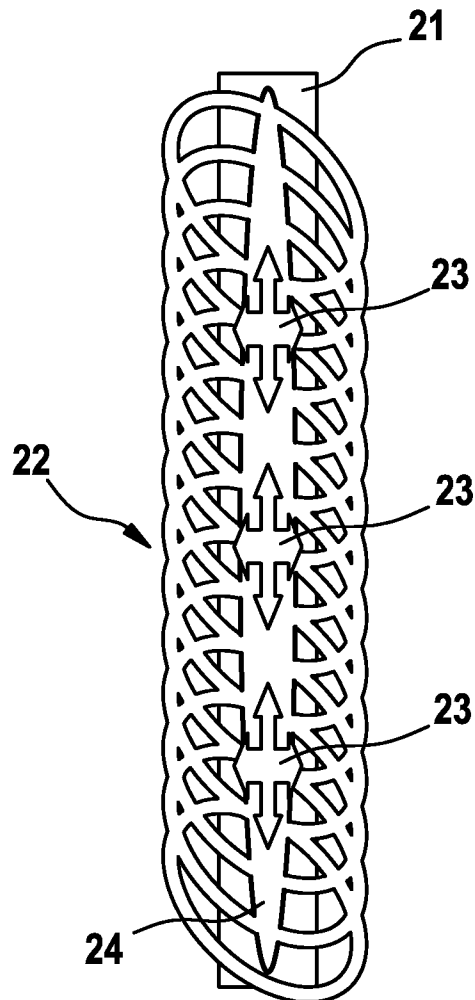


Fig. 2b

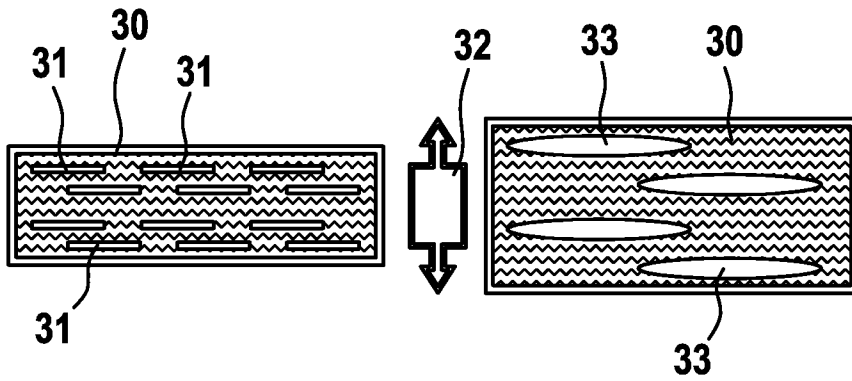
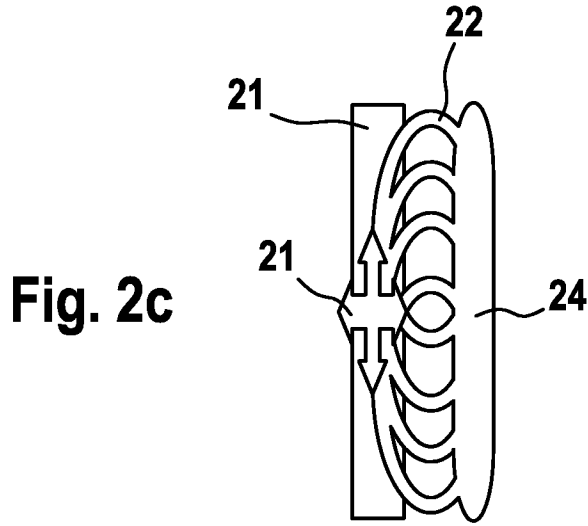


Fig. 3a

Fig. 3b

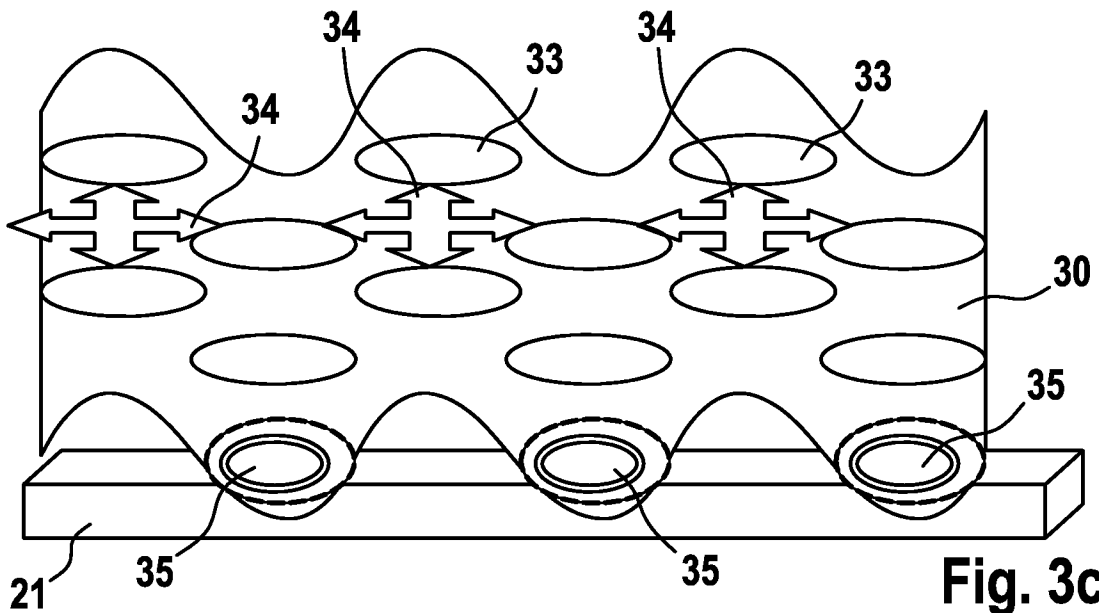


Fig. 3c

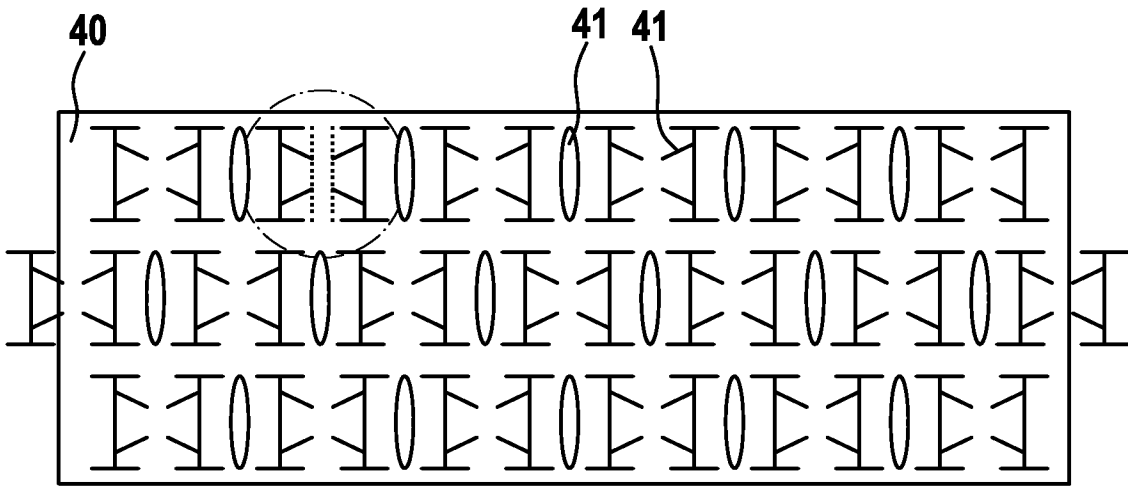


Fig. 4a

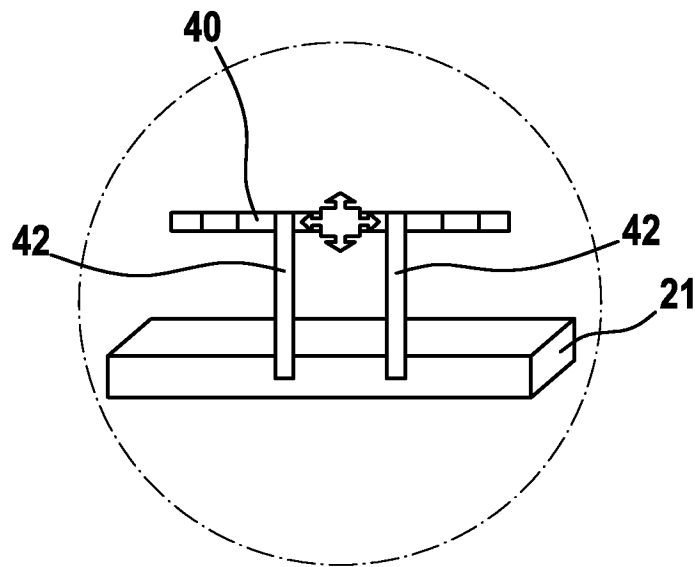


Fig. 4b

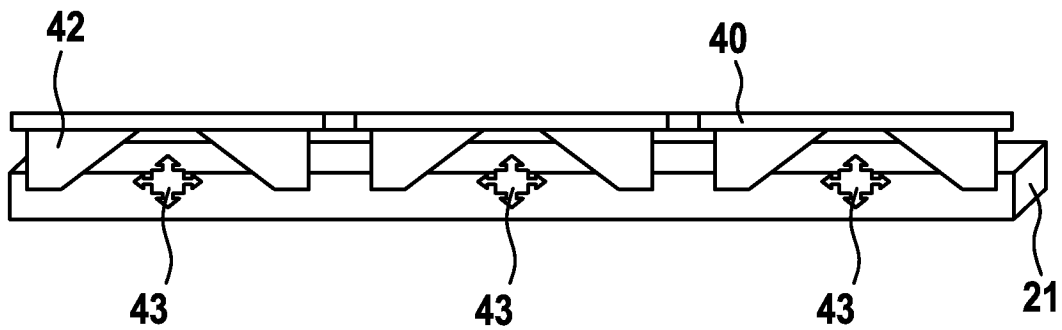


Fig. 4c

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/053719

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L41/047

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102 36 986 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 26 February 2004 (2004-02-26)	1
Y	figure 1	4
A	DE 102 08 417 A1 (KYOCERA CORP [JP]) 12 September 2002 (2002-09-12)	1-3,8
Y	figure 4	
Y	WO 03/105246 A (PI CERAMIC GMBH KERAMISCHE TEC [DE]; HEINZMANN ASTRID [DE]; HENNIG EBE) 18 December 2003 (2003-12-18)	4
Y	figure 3B	
A	EP 0 844 678 A1 (CERAMTEC AG [DE]) 27 May 1998 (1998-05-27)	4-8
A	figure 3	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 July 2007

Date of mailing of the international search report

08/08/2007

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Koskinen, Timo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2007/053719

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
DE 10236986	A1	26-02-2004	WO 2004019423 A2 EP 1530805 A2	04-03-2004 18-05-2005
DE 10208417	A1	12-09-2002	GB 2375886 A US 2002158552 A1	27-11-2002 31-10-2002
WO 03105246	A	18-12-2003	AU 2003233327 A1 CN 1659719 A EP 1512183 A2 JP 2005529495 T US 2006055288 A1	22-12-2003 24-08-2005 09-03-2005 29-09-2005 16-03-2006
EP 0844678	A1	27-05-1998	AT 222404 T DE 19648545 A1 DK 844678 T3 ES 2177881 T3 JP 10229227 A PT 844678 T US 6208026 B1	15-08-2002 28-05-1998 07-10-2002 16-12-2002 25-08-1998 29-11-2002 27-03-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/053719

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L41/047

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 102 36 986 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 26. Februar 2004 (2004-02-26)	1
Y	Abbildung 1	4
A	DE 102 08 417 A1 (KYOCERA CORP [JP]) 12. September 2002 (2002-09-12)	1-3,8
Y	WO 03/105246 A (PI CERAMIC GMBH KERAMISCHE TEC [DE]; HEINZMANN ASTRID [DE]; HENNIG EBE) 18. Dezember 2003 (2003-12-18)	4
A	EP 0 844 678 A1 (CERAMTEC AG [DE]) 27. Mai 1998 (1998-05-27)	4-8

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
27. Juli 2007	08/08/2007
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Koskinen, Timo

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/053719

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 10236986	A1	26-02-2004	WO	2004019423 A2		04-03-2004
			EP	1530805 A2		18-05-2005
DE 10208417	A1	12-09-2002	GB	2375886 A		27-11-2002
			US	2002158552 A1		31-10-2002
WO 03105246	A	18-12-2003	AU	2003233327 A1		22-12-2003
			CN	1659719 A		24-08-2005
			EP	1512183 A2		09-03-2005
			JP	2005529495 T		29-09-2005
			US	2006055288 A1		16-03-2006
EP 0844678	A1	27-05-1998	AT	222404 T		15-08-2002
			DE	19648545 A1		28-05-1998
			DK	844678 T3		07-10-2002
			ES	2177881 T3		16-12-2002
			JP	10229227 A		25-08-1998
			PT	844678 T		29-11-2002
			US	6208026 B1		27-03-2001