

(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
20. Mai 2010 (20.05.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/055071 A1

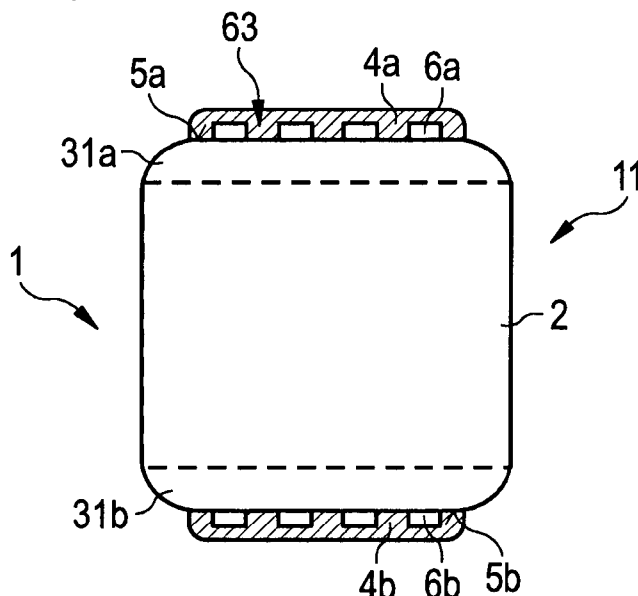
- (51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 41/047 (2006.01) H01L 41/22 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/065009 (74) **Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENT-ANWALTSGESELLSCHAFT MBH; ZUSAMMENSCHLUSS NR. 175, Ridlerstraße 55, 80339 München (DE).**
- (22) Internationales Anmeldedatum:
11. November 2009 (11.11.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, 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, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102008056746.9
11. November 2008 (11.11.2008) DE
- (71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **EPCOS AG** [DE/DE]; St.-Martin-Straße 53, 81669 München (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **RINNER, Franz** [DE/AT]; Lindenweg 6/9, A-8530 Deutschlandsberg (AT). **SOMITSCH, Dieter** [AT/AT]; Lasselsdorf 39, A-8522 Groß St. Florian (AT). **RESZAT, Jan-Thorsten** [DE/AT]; Ziegeleiweg 2a/11, A-8530 Deutschlandsberg (AT). **GABL, Reinhard** [AT/AT]; St. Peter 100, A-8542 St. Peter (AT). **GALLER, Martin** [AT/AT]; Ungergasse 30, A-8020 Graz (AT). **AUER, Christoph** [AT/AT]; Au-

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** PIEZOELECTRIC ACTUATOR OF MULTILAYER DESIGN AND METHOD FOR FASTENING AN OUTER ELECTRODE IN A PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(54) **Bezeichnung :** PIEZOAKTOR IN VIELSCHICHTBAUWEISE UND VERFAHREN ZUR BEFESTIGUNG EINER AUSSENELEKTRODE BEI EINEM PIEZOAKTOR

FIG 2



(57) **Abstract:** A piezoelectric actuator (1) of multilayer design is specified, in which outer electrodes (6, 6a, 6b) are fastened using an adhesive layer (4, 4a, 4b) which is applied by means of thermal spraying. For example, the outer electrodes (6, 6a, 6b) are in the form of a woven wire fabric. A method for fastening an outer electrode (6, 6a, 6b) in a piezoelectric actuator (1) is also specified.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Piezoaktor (1) in Vielschichtbauweise angegeben, bei dem Außenelektroden (6, 6a, 6b) mittels einer durch thermisches Spritzen aufgetragenen Haftschicht (4, 4a, 4b) befestigt sind. Beispielsweise sind die Außenelektroden (6, 6a, 6b) als Drahtgewebe ausgebildet. Weiterhin wird ein Verfahren zur Befestigung einer Außenelektrode (6, 6a, 6b) bei einem Piezoaktor (1) angegeben.

WO 2010/055071 A1

SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). **Veröffentlicht:**

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Beschreibung

Piezoaktor in Vielschichtbauweise und Verfahren zur Befestigung einer Außenelektrode bei einem Piezoaktor

5

Es wird ein Piezoaktor in Vielschichtbauweise angegeben, bei dem piezoelektrische Schichten und Elektrodenschichten zu einem Stapel angeordnet sind. Zur elektrischen Kontaktierung der Elektrodenschichten sind Außenelektroden an Außenseiten des Stapels befestigt. Derartige Piezoaktoren werden beispielsweise zur Betätigung eines Einspritzventils in einem Kraftfahrzeug eingesetzt.

In der Druckschrift EP 0844678 B1 ist ein Piezoaktor mit einer am Stapel befestigten Außenelektrode beschrieben.

15

Es ist eine zu lösende Aufgabe, eine Außenelektrode möglichst beschädigungsfrei mit dem Stapel aus piezoelektrischen Schichten und Elektrodenschichten zu verbinden.

20

Es wird ein Piezoaktor in Vielschichtbauweise mit einem Stapel aus piezoelektrischen Schichten und dazwischen angeordneten Elektrodenschichten angegeben. Der Piezoaktor weist mindestens eine Außenelektrode auf, die mittels einer durch thermisches Spritzen aufgebracht Schicht an einer Außenseite des Stapels befestigt ist.

25

Vorzugsweise sind alle Schichten des Stapels gemeinsam gesintert und bilden einen monolithischen Vielschichtaktor. Für die piezoelektrischen Schichten werden beispielsweise dünne Folien, die ein piezoelektrisches Material wie Blei-Zirkonat-Titanat (PZT) enthalten, verwendet. Zur Bildung der Elektrodenschichten kann in einem Siebdruckverfahren eine

30

Metallpaste, zum Beispiel eine Silber-Palladium-Paste oder auch eine kupferhaltige Paste, auf die Folien aufgebracht werden. Die Folien werden anschließend z. B. entlang einer Längsachse gestapelt, verpresst und gemeinsam gesintert.

5 Dabei muss nicht auf jede piezoelektrische Schicht eine Elektrodenschicht aufgebracht sein. Beispielsweise können sich zwischen zwei Elektrodenschichten mehrere piezoelektrische Schichten befinden.

10 Die piezoelektrischen Schichten werden polarisiert, so dass sie sich beim Anlegen einer Spannung zwischen benachbarte Elektrodenschichten entlang ihrer Polarisationsrichtung ausdehnen. Zur elektrischen Kontaktierung der Elektroden-

15 schichten werden diese mit Außenelektroden verbunden. Beispielsweise sind zwei Außenelektroden auf zwei Außenseiten des Stapels angebracht. Die Elektrodenschichten können dann entlang der Stapelrichtung abwechselnd bis zu einer der Außenelektroden geführt und mit dieser elektrisch verbunden

20 sein und gegenüber der zweiten Außenelektrode zurückversetzt sein. Auf diese Weise können die Elektrodenschichten einer Polarität über eine gemeinsame Außenelektrode elektrisch kontaktiert werden.

Zur sicheren elektrischen Kontaktierung muss die Außenelek-

25 trode zuverlässig an der Außenseite des Stapels befestigt sein. Die Außenelektrode ist mittels einer durch thermisches Spritzen aufgetragenen Haftschrift am Stapel befestigt.

Diese Befestigungsart hat den Vorteil, dass bei der

30 Befestigung der Außenelektrode am Stapel die Piezokeramik nicht so stark erhitzt wird, dass Beschädigungen am Stapel auftreten. Zwar können an der Außenseite des Stapels lokal höhere Temperaturen, beispielsweise im Bereich von 100 °C bis

200 °C auftreten, jedoch betrifft die Temperaturerhöhung nicht das gesamte Volumen des Stapels und tritt nur kurzzeitig auf. Zudem liegt die durch thermisches Spritzen aufgebraachte Haftschrift vorzugsweise eng an der

5 Außenelektrode und am Stapel an und weist eine geringe Dicke auf. Dies ermöglicht eine besonders platzsparende Kontaktierung des Piezoaktors.

Die Haftschrift haftet zumindest teilweise an der

10 Außenelektrode und am Piezostapel und befestigt somit die Außenelektrode am Stapel. Vorzugsweise haftet die Haftschrift zumindest teilweise an der Oberseite der Außenelektrode und der Außenseite des Stapels.

15 Die Oberseite der Außenelektrode ist dabei diejenige Seite der Außenelektrode, die bei einer auf dem Stapel aufgelegten Außenelektrode direkt von außen zugänglich ist. Darunter fallen die von außen gut sichtbaren Bereiche der Außenelektrode, die parallel zur Außenseite des Stapels angeordnet

20 sind. Es fallen jedoch auch Bereiche der Außenelektrode unter den Begriff „Oberseite“, die direkt von außen zugänglich sind, aber weniger gut von außen einsehbar sind, da sie gegenüber der Außenseite des Stapels geneigt sind. Dies sind z. B. Bereiche am äußeren Rand der Außenelektrode oder

25 Bereiche der Außenelektrode, die Löcher in der Außenelektrode begrenzen. Beispielsweise bedeckt die Haftschrift die Oberseite der Außenelektrode.

Entsprechend dazu haftet die Haftschrift vorzugsweise

30 zumindest teilweise an den Bereichen der Außenseite des Stapels, die von außen bei aufgelegter Außenelektrode direkt zugänglich sind, d. h. nicht von der Außenelektrode verdeckt sind. Dies sind z. B. Bereiche der Außenseite des Stapels,

die um die Außenelektrode herum angeordnet sind, oder Bereiche, die durch Aussparungen in der Außenelektrode hindurch von außen einsehbar sind.

5 Vorzugsweise erstreckt sich die Haftschrift nicht in einen Bereich zwischen der Außenseite des Stapels und der Außen-
elektrode, der nicht direkt von außen zugänglich ist. Dies
betrifft beispielsweise Bereiche, in der die Außenelektrode
die Außenseite des Stapels bedeckt und somit nach außen hin
10 abschattet. Somit ist die Außenelektrode in diesen Bereichen
nicht fest mit dem Stapel verbunden. Dies hat den Vorteil,
dass auftretende Risse an der Außenseite des Stapels von der
Außenelektrode überbrückt werden können und sich nicht in die
Außenelektrode fortsetzen. Vorzugsweise liegt die Außen-
15 elektrode jedoch zumindest teilweise direkt an der Außenseite
des Stapels an und ist auch in elektrischem Kontakt mit der
Außenseite des Stapels. In diesem Fall ist es möglich, die
Elektrodenschichten direkt über die Außenelektrode zu kontak-
tieren. Eine Kontaktierung der Elektrodenschichten ist somit
20 auch bei einer gering oder nicht elektrisch leitfähigen
Haftschrift möglich.

Die Bereiche der Außenelektrode und des Stapels, die mit der
Haftschrift in direktem mechanischen Kontakt stehen, werden
25 im Wesentlichen durch das verwendete thermische Spritzver-
fahren bestimmt. Dabei wird zuerst ein Stapel aus piezoelek-
trischen Schichten und dazwischen angeordneten Elektroden-
schichten bereitgestellt und eine Außenelektrode auf eine
Außenseite des Stapels aufgelegt. Anschließend wird ein
30 Material auf das Bauteil thermisch aufgespritzt. Hier sind
vorzugsweise nur die Teilbereiche der Außenelektrode und des
Stapels von der Haftschrift bedeckt, die direkt von außen,

d. h. von der Einspritzrichtung aus, für die Spritzpartikel zugänglich sind.

In einer Ausführungsform ist an der Außenseite des Stapels
5 eine Kontaktschicht zur elektrischen Kontaktierung der
Elektrodenschichten angeordnet. Die Außenelektrode ist an
dieser Kontaktschicht befestigt. Vorzugsweise liegt die
Außenelektrode zumindest teilweise direkt auf der
Kontaktschicht auf.

10

Beispielsweise ist die Kontaktschicht eine Grundmetall-
sierung, die beim Sintern des Stapels mit eingebrannt wird.
Sie kann aus dem gleichen Material wie die Elektroden-
schichten bestehen, zum Beispiel aus einer Silber-Palladium-
15 Paste oder einer kupferhaltigen Paste. Die Kontaktschicht ist
dabei im Bereich einer sogenannten inaktiven Zone an der
Außenseite des Stapels befestigt, in der entlang der Stapel-
richtung jede zweite Elektrodenschicht auf die Außenseite des
Stapels herausgeführt ist und mit der Kontaktschicht in
20 elektrischem Kontakt steht. Beispielsweise sind auf zwei
gegenüberliegenden Seiten des Stapels Kontaktschichten im
Bereich von inaktiven Zonen angeordnet.

Vorzugsweise ist die Haftschicht elektrisch leitfähig.

25

Dies hat den Vorteil, dass die elektrische Kontaktierung der
Elektrodenschichten auch über die Haftschicht und nicht nur
über die Außenelektrode ermöglicht wird. Somit ist auch eine
elektrische Kontaktierung der Elektrodenschichten gewähr-
30 leistet, wenn die Haftschicht in den Bereich zwischen der
Außenelektrode und dem Stapel hineinreicht und mit der
Kontaktschicht oder den Elektrodenschichten in elektrischem
Kontakt steht. Zudem kann die Spannungsversorgung der

Elektrodenschichten auch durch eine an der Haftschrift befestigte Weiterkontaktierung erfolgen. Beispielsweise wird dazu eine Zuleitung in Form eines Drahtes, auf die Haftschrift aufgelötet.

5

Beispielsweise enthält die Haftschrift ein Metall.

Des Metall ist vorzugsweise so gewählt, dass die Haftschrift gut auf einer Grundmetallisierung und einer metallischen
10 Außenelektrode haftet und eine zuverlässige elektrische Anbindung herstellen kann. Beispielsweise enthält die Haftschrift das gleiche Metall wie die Grundmetallisierung oder wie die Außenelektrode. Das Metall der Haftschrift ist beispielsweise aus der Menge Kupfer, Silber, Aluminium und
15 Zinn gewählt.

In einer Ausführungsform ist die Außenelektrode ein Drahtgewebe, das Löcher aufweist.

20 Das Drahtgewebe ist beispielsweise ein Stahldrahtgewebe, ein Kupferdrahtgewebe oder ein Gewebe aus einer Eisen-Nickel-Legierung. Die Drähte können auch mit Kupfer beschichtet sein, wodurch die Lötbarkeit der Außenelektrode verbessert werden kann. Beispielsweise kann somit ein elektrischer
25 Anschluss zum Anlegen einer elektrischen Spannung besonders gut auf die Außenelektrode aufgelötet werden.

Das Drahtgewebe kann auch mehrlagig ausgeführt sein. In diesem Fall ist die Wahrscheinlichkeit für ein vollständiges
30 Durchreißen der Außenelektrode vermindert, so dass die elektrische Kontaktierung besonders zuverlässig ist.

In einer weiteren Ausführungsform ist die Außenelektrode als ein mit Löchern versehenes Blech ausgebildet.

Beispielsweise enthält das Blech Stahl, Kupfer oder eine
5 Eisen-Nickel-Legierung. Die Löcher können durch Ausstanzen in das Blech eingebracht werden.

Derartige, Löcher aufweisende Außenelektroden können besonders gut am Stapel befestigt werden. Beim thermischen
10 Spritzen wird die Haftschrift von außen auf die Oberseite der Außenelektrode und den Stapel aufgebracht. Die Außenelektrode ist dabei besonders zuverlässig am Stapel befestigt, wenn die Haftschrift gleichzeitig auf möglichst vielen Bereichen der Außenelektrode und des Stapels haftet. Vorzugsweise sind
15 möglichst viele Stellen, an denen die Haftschrift am Stapel haftet, eng benachbart zu Stellen, an denen die Haftschrift an der Außenelektrode haftet.

Vorzugsweise sind die Löcher gleichmäßig über die
20 Außenelektrode verteilt, so dass die Außenelektrode an möglichst vielen Stellen mit dem Stapel verbunden werden kann.

Vorzugsweise sind die Löcher mit der Haftschrift gefüllt.
25

Beispielsweise ist die Außenseite des Stapels im Bereich der Löcher von der Haftschrift bedeckt. Dabei muss die Haftschrift die Löcher nicht unbedingt vollständig füllen. Es reicht aus, wenn die Löcher teilweise von der Haftschrift
30 gefüllt sind.

Weiterhin wird ein Verfahren zur Befestigung einer Außenelektrode bei einem Piezoaktor angegeben. Dabei wird zuerst

ein Stapel aus piezoelektrischen Schichten und dazwischen angeordneten Elektrodenschichten bereitgestellt. Anschließend wird auf eine Außenseite des Stapels eine Außenelektrode aufgelegt. Danach wird ein Material auf Teile der Oberseite
5 der Außenelektrode und Teile der Außenseite des Stapels aufgetragen. Vorzugsweise wird das Material thermisch aufgespritzt und dabei in Partikelform gebracht.

Vorzugsweise ist der Stapel aus piezoelektrischen Schichten
10 und dazwischen angeordneten Elektrodenschichten gesintert, bevor die Außenelektrode auf die Außenseite aufgelegt wird. Beispielsweise ist eine Kontaktschicht auf der Außenseite des Stapels mit eingesintert, auf die die Außenelektrode aufgelegt wird.

15

Das Material wird so aufgespritzt, dass die Außenelektrode mit dem Stapel fest verbunden wird. Das thermisch aufgespritzte Material bildet eine Haftschrift, die zumindest teilweise auf der Oberseite der Außenelektrode und auf der
20 Außenseite des Stapels haftet.

Beispielsweise wird beim thermischen Aufspritzen ein Verfahren, ausgewählt aus der Menge Flammgespritzen, Plasmasgespritzen, Kaltgassgespritzen und Lichtbogensgespritzen
25 verwendet.

Bei diesen Verfahren wird das Material in Partikelform gebracht, beschleunigt, und auf die Oberfläche der Außenelektrode und des Piezostapels geschleudert. Beim
30 Auftreffen auf die Bauteiloberfläche können sich die Spritzpartikel mechanisch verformen und bleiben an der Oberfläche haften. Die Verfahren unterscheiden sich dabei vor allem in der Temperatur und der Geschwindigkeit der Partikel.

So wird beispielsweise beim Flammsspritzen das Material durch Erwärmung an- oder aufgeschmolzen, in Partikelform gebracht und auf die Oberfläche des Bauteils geschleudert. Beim Kaltgasspritzen wird pulverförmiges Material verwendet, das
5 nur leicht erwärmt wird, und mit hoher Geschwindigkeit auf die zu beschichtende Oberfläche geschleudert wird. Beim Auftreffen auf der Oberfläche verbinden sich die Partikel untereinander und mit der Oberfläche aufgrund der entstehenden Reibungswärme. Die thermischen Spritzverfahren haben
10 den Vorteil, dass der Stapel während des Aufspritzvorgangs nicht oder nur geringfügig erwärmt werden muss und somit keine oder nur geringe thermische Beschädigungen am Stapel verursacht werden.

15 Vorzugsweise liegt die Temperatur des Stapels während des thermischen Aufspritzens unter der Schmelztemperatur des Materials, das die Haftschrift bildet.

Beispielsweise beträgt die Temperatur des Stapels weniger als
20 200 °C.

Dabei ist auch mit eingeschlossen, dass an der Außenseite des Stapels kurzzeitig und lokal höhere Temperaturen herrschen. Diese Temperaturen betreffen jedoch nicht das gesamte
25 Volumen des Stapels und auch nicht die gesamte Außenseite des Stapels.

Im Folgenden werden der angegebene Piezoaktor und seine vorteilhaften Ausgestaltungen anhand von schematischen und
30 nicht maßstabsgetreuen Figuren erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Aufsicht auf einen Piezoaktor mit einer Außenelektrode und einer Haftschrift,

Figur 2 einen Querschnitt eines Piezoaktors mit einer Außenelektrode und einer Haftschrift gemäß Figur 1,

Figuren 3A bis 3D ein Verfahren zur Befestigung einer
5 Außenelektrode bei einem Piezoaktor.

Figur 1 zeigt einen Piezoaktor 1 mit einem Stapel 11 aus piezoelektrischen Schichten (hier nicht dargestellt) und Elektrodenschichten (hier nicht dargestellt), die entlang
10 einer Stapelrichtung S, die der Längsachse des Stapels 11 entspricht, übereinander angeordnet sind. Die piezoelektrischen Schichten und die dazwischen liegenden Elektrodenschichten sind gemeinsam gesintert und bilden einen monolithischen Sinterkörper. Zur Kontaktierung der
15 Elektrodenschichten sind auf zwei gegenüberliegenden Seitenflächen Außenelektroden 6 angebracht. In Figur 1 ist die Aufsicht auf eine Seitenfläche dargestellt, an der eine Außenelektrode 6 befestigt ist. Auf der Außenseite des Stapels 11 ist eine als Grundmetallisierung ausgeführte
20 Kontaktschicht aufgebracht (hier nicht zu sehen), um eine bessere elektrische Kontaktierung der Elektrodenschichten und eine zuverlässigere Anbindung der Außenelektrode 6 zu ermöglichen.

25 Die Außenelektrode 6 ist als Drahtgewebe ausgeführt und mittels einer durch thermisches Spritzen aufgetragenen Haftschrift 4 am Stapel 11 befestigt. Die Außenelektrode 6 ist von der Haftschrift 4 bedeckt. In Figur 1 ist der Umriss der Außenelektrode 6 unter der Haftschrift 4 deshalb nur
30 gestrichelt eingezeichnet. Die Haftschrift 4 haftet an der Oberseite der Außenelektrode 6, das heißt an der Seite der Außenelektrode 6, die vom Stapel 11 abgewandt ist. Dies umfasst auch seitliche Bereiche der Außenelektrode 6. Zudem

haftet die Haftschrift 4 auch an Bereichen der Kontakt-
schicht. In diesem Ausführungsbeispiel ist die Außenelektrode
6 über den Stapel 11 hinaus verlängert und mit einer Zulei-
tung 8 zur Spannungsversorgung verbunden. Die Zuleitung 8 ist
5 durch eine Lötung 81 an der Außenelektrode 6 befestigt. Die
Anbindung der Zuleitung 8 kann zum Beispiel auch durch
Schweißen erfolgen. Die Außenelektrode 6 muss nicht über den
Stapel 11 hinausreichen, sondern kann auch vollständig von
der Haftschrift 4 bedeckt sein. In diesem Fall kann eine
10 Zuleitung 8 auch direkt an der Haftschrift 4 befestigt sein.

Figur 2 zeigt einen Querschnitt des Piezoaktors 1 aus Figur
1. Es ist eine Aufsicht auf eine piezoelektrische Schicht 2
zu sehen. Der Stapel 11 aus piezoelektrischen Schichten und
15 Elektrodenschichten weist zwei gegenüber liegende inaktive
Zonen 31a, 31b auf. Innerhalb der inaktiven Zonen 31a, 31b
tritt in Stapelrichtung S keine Überlappung von benachbarten
gegenpoligen Elektrodenschichten auf, da die Elektroden-
schichten abwechselnd bis an die Außenseite des Piezoaktors
20 hingeführt und in Bezug auf die gegenüberliegende Außenseite
zurückversetzt sind. Auf die Außenseiten des Stapels sind
Kontaktschichten 5a, 5b aufgebracht und darauf Außenelektro-
den 6a, 6b befestigt. Die Außenelektroden 6a, 6b liegen
direkt auf den Kontaktschichten 5a, 5b auf. Die
25 Elektrodenschichten werden abwechselnd von einer der auf die
Außenseite des Piezoaktors 1 aufgebrachten Außenelektroden
6a, 6b elektrisch kontaktiert.

Die Außenelektroden 6a, 6b sind als Drahtgewebe ausgeführt,
30 bei denen metallische Drähte miteinander verwoben sind.
Zwischen den Drähten befinden sich Löcher 63 in der
Außenelektrode 6a, 6b. Die Haftschrift 4a, 4b haftet auf
Teilen der Oberseite der Außenelektrode 6a, 6b und Teilen der

Außenseite des Stapels 11 und reicht auch in die Löcher 63 der Außenelektrode 6a, 6b hinein. Somit haftet die Haftschrift 4a, 4b im Bereich der Löcher 63 und um die Außenelektrode 6a, 6b herum an der Kontaktschicht 5a, 5b auf der Außenseite des Stapels 11. Die Haftschrift 4a, 4b haftet zudem an der Oberseite der Außenelektrode 6a, 6b, insbesondere auch an seitlichen Bereichen der Drähte der Außenelektrode 6a, 6b. Diese seitlichen Bereiche sind z. B. die Bereiche, die die Löcher 63 der Außenelektrode 6 umgeben, sowie Randbereiche der Außenelektrode 6a, 6b. Hingegen reicht die Haftschrift 4a, 4b nicht unter die Außenelektrode 6a, 6b, d. h. es befindet sich keine Haftschrift 4a, 4b direkt zwischen der Außenseite des Stapels 11 und der Außenelektrode 6a, 6b.

15

In den Figuren 3A bis 3D ist in Schnittbildern schematisch das Verfahren zur Befestigung einer Außenelektrode 6a bei einem Piezoaktor 1 dargestellt. In Schritt A) wird ein Stapel 11 aus piezoelektrischen Schichten 2 und dazwischen angeordneten Elektrodenschichten 3 bereitgestellt. Die piezoelektrischen Schichten 2 sind beispielsweise piezokeramische Schichten. Es ist dabei nicht notwendig, dass zwischen allen piezoelektrischen Schichten 2 Elektrodenschichten 3 angeordnet sind. Die Elektrodenschichten 3 sind entlang der Stapelrichtung S abwechselnd bis auf eine Außenseite des Stapels 11 herausgeführt und gegenüber der anderen Außenseite zurückversetzt. Auf diese Weise werden inaktive Zonen 31a, 31b gebildet, in denen sich in Stapelrichtung S benachbarte Elektrodenschichten 3 unterschiedlicher Polarität nicht überlappen. Der dargestellte Stapel 11 ist gesintert und weist Kontaktschichten 5a, 5b auf, die ebenfalls durch Sintern mit dem Stapel 11 verbunden sind.

20

25

30

Im Schritt B) wird eine Außenelektrode 6a auf eine Kontaktschicht 5a an der Außenseite des Stapels 11 aufgelegt. Die Außenelektrode 6a ist ein mit Löchern 63 versehenes Drahtgewebe oder Metallblech.

5

In Schritt C) wird ein metallisches Material 41 auf Teile der Oberseite der Außenelektrode 6a und Teile der Außenseite der Kontaktschicht 5a aufgespritzt. Das Material 41 liegt dabei in Partikelform vor. Es trifft mit hoher Geschwindigkeit auf die Kontaktschicht 5a und die Außenelektrode 6a auf, so dass sich beim Aufprall die Partikel verbinden und eine Haftschrift 4a bilden. Das Material 41 dringt auch in die Löcher 63 der Außenelektrode 6a ein.

15 Während des Aufspritzvorgangs kann die Temperatur des Materials 41 oberhalb der Schmelztemperatur des Materials 41 liegen. Es ist jedoch auch möglich, dass die Temperatur des Materials 41 unterhalb der Schmelztemperatur liegt und dass sich die Partikel des Materials 41 beim Aufprall auf das Bauteil aufgrund der entstehenden Reibungswärme untereinander und mit dem Bauteil verbinden.

In Figur 3D) ist der Zustand am Ende des Aufspritzvorgangs dargestellt. Die Außenelektrode 6a ist von einer Haftschrift 4a bedeckt, wobei diese Haftschrift 4a auch in die Löcher 63 der Außenelektrode hineinreicht. Innerhalb dieser Löcher 63 und um die Außenelektrode 6a herum ist die Haftschrift in direktem mechanischen Kontakt mit der Kontaktschicht 5a. Ansonsten ist die Haftschrift 4a in direktem Kontakt mit der Oberseite der Außenelektrode 6a.

Um auf die gegenüberliegende Außenseite des Stapels 11 ebenfalls eine Außenelektrode 6b aufzubringen, wird der

Stapel 11 umgedreht und es werden die Schritte A) bis C) des Verfahrens erneut durchgeführt.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung an Hand der
5 Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt, sondern umfasst
jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen. Dies
beinhaltet insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den
Patentansprüchen, auch wenn dieses Merkmal oder diese
Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen
10 oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Bezugszeichenliste

- 1 Piezoaktor
- 11 Stapel
- 5 2 piezoelektrische Schicht
- 3 Elektrodenschicht
- 31a, 31b inaktive Zone
- 4, 4a, 4b Haftschicht
- 41 Material
- 10 5a, 5b Kontaktschicht
- 6, 6a, 6b Außenelektrode
- 63 Löcher
- 8 Zuleitung
- 81 Lötung

Patentansprüche

1. Piezoaktor in Vielschichtbauweise
 - mit einem Stapel (11) aus piezoelektrischen Schichten (2) und dazwischen angeordneten Elektrodenschichten (3)
 - und mit mindestens einer Außenelektrode (6, 6a, 6b), die mittels einer durch thermisches Spritzen aufgebracht Haftschrift (4, 4a, 4b) an einer Außenseite des Stapels (11) befestigt ist.
2. Piezoaktor nach Anspruch 1,
 - bei dem die Haftschrift (4, 4a, 4b) zumindest teilweise an der Oberseite der Außenelektrode (6, 6a, 6b) und der Außenseite des Stapels (11) haftet.
3. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
 - bei dem an der Außenseite des Stapels (11) eine Kontaktschicht (5a, 5b) zur elektrischen Kontaktierung der Elektrodenschichten (3) angeordnet ist und
 - bei dem die Außenelektrode (6, 6a, 6b) an der Kontaktschicht (5a, 5b) befestigt ist.
4. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
 - bei dem die Haftschrift (4, 4a, 4b) elektrisch leitfähig ist.
5. Piezoaktor nach Anspruch 4,
 - bei dem die Haftschrift (4, 4a, 4b) ein Metall enthält.
6. Piezoaktor nach Anspruch 5,
 - bei dem das Metall aus der Menge Kupfer, Silber, Aluminium und Zinn gewählt ist.

7. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
- bei dem die Außenelektrode (6, 6a, 6b) als ein LÖcher
(63) aufweisendes Drahtgewebe (61) ausgebildet ist.
- 5 8. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
- bei dem die Außenelektrode (6, 6a, 6b) als ein mit
Löchern (63) versehenes Blech ausgebildet ist.
9. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 7 oder 8,
10 - bei dem die Löcher (63) mit der Haftschrift (4, 4a, 4b)
gefüllt sind.
10. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
- bei dem die Außenelektrode (6, 6a, 6b) wenigstens ein
15 Material aus der Menge Kupfer, Stahl und Eisen-Nickel-
Legierung enthält.
11. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
- der durch gemeinsame Sinterung aller Schichten (2, 3)
20 des Stapels (11) hergestellt ist.
12. Verfahren zur Befestigung einer Außenelektrode bei einem
Piezoaktor, umfassend die Schritte:
A) Bereitstellen eines Stapels (11) aus piezoelektrischen
25 Schichten (2) und dazwischen angeordneten
Elektrodenschichten (3),
B) Auflegen einer Außenelektrode (6, 6a, 6b) auf eine
Außenseite des Stapels (11),
C) Thermisches Aufspritzen eines Materials (41) auf Teile
30 der Oberseite der Außenelektrode (6, 6a, 6b) und der
Außenseite des Stapels (11).

13. Verfahren nach Anspruch 12,

- wobei beim thermischen Aufspritzen in Schritt C) ein Verfahren ausgewählt aus der Menge Flamm-spritzen, Plasmaspritzen, Kaltgasspritzen und Lichtbogenspritzen verwendet wird.

5

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 13,

- wobei die Temperatur des Stapels (11) während des thermischen Aufspritzens in Schritt C) unter der Schmelztemperatur des Materials (41) liegt.

10

15. Verfahren nach Anspruch 14,

- wobei die Temperatur des Stapels (11) weniger als 200 °C beträgt.

FIG 1

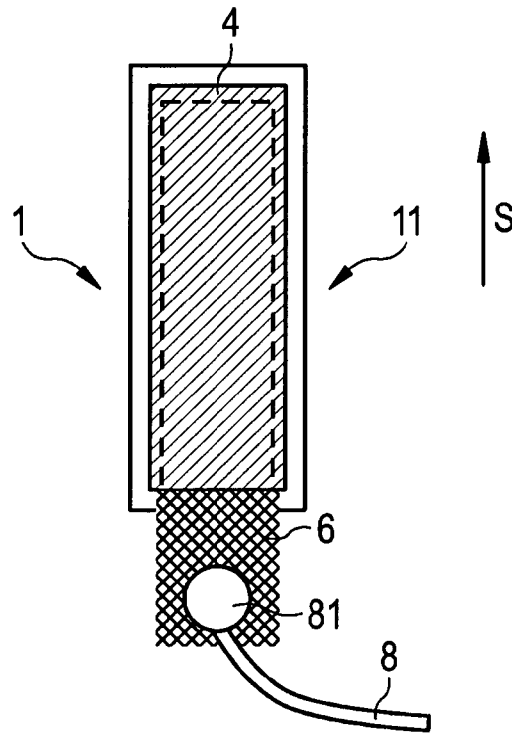


FIG 2

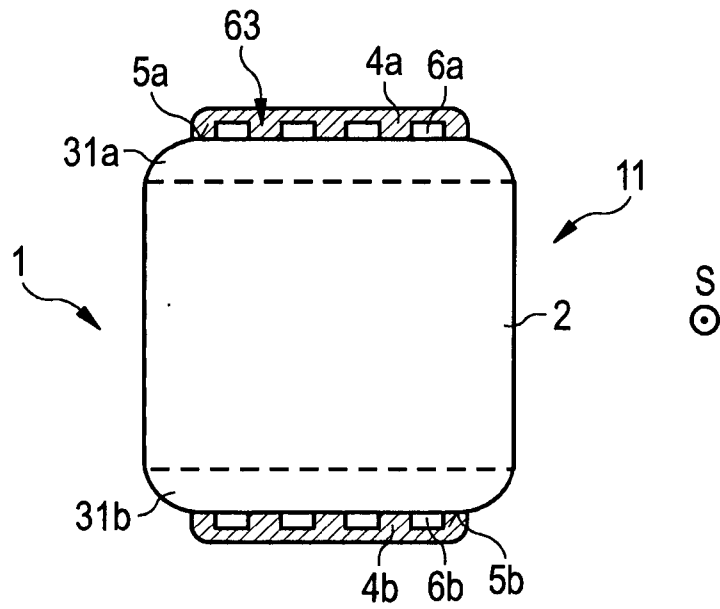
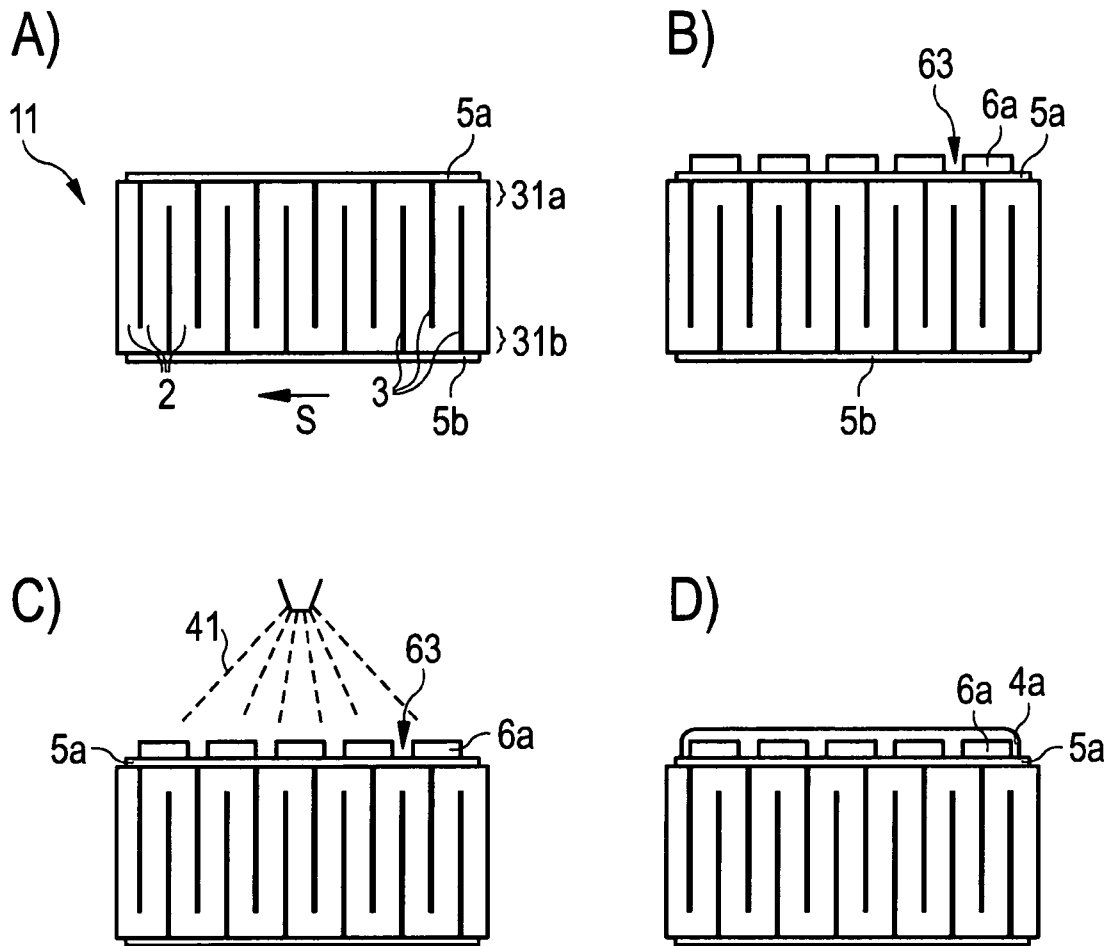


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/065009

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L41/047 H01L41/22

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.
A, P	EP 2 043 170 A (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 1 April 2009 (2009-04-01) paragraph [0024]	1-15
A	US 2002/084350 A1 (KAWAZOE NAUYUKI [JP] ET AL) 4 July 2002 (2002-07-04) the whole document	1-15
A	EP 1 780 813 A (KYOCERA CORP [JP]) 2 May 2007 (2007-05-02) the whole document	1-15

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

12 Januar 2010

Date of mailing of the international search report

19/01/2010

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

Authorized officer

Koskinen, Timo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/065009

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2043170	A	01-04-2009	DE 102007046315 A1	02-04-2009
US 2002084350	A1	04-07-2002	DE 10164246 A1	08-08-2002
			JP 4248777 B2	02-04-2009
			JP 2002256999 A	11-09-2002
EP 1780813	A	02-05-2007	WO 2006001334 A1	05-01-2006

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/065009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01L41/047 H01L41/22

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.
A,P	EP 2 043 170 A (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 1. April 2009 (2009-04-01) Absatz [0024]	1-15
A	US 2002/084350 A1 (KAWAZOE NAUYUKI [JP] ET AL) 4. Juli 2002 (2002-07-04) das ganze Dokument	1-15
A	EP 1 780 813 A (KYOCERA CORP [JP]) 2. Mai 2007 (2007-05-02) das ganze Dokument	1-15

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Januar 2010

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/01/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Koskinen, Timo

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/065009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2043170	A	01-04-2009	DE 102007046315 A1	02-04-2009
US 2002084350	A1	04-07-2002	DE 10164246 A1	08-08-2002
			JP 4248777 B2	02-04-2009
			JP 2002256999 A	11-09-2002
EP 1780813	A	02-05-2007	WO 2006001334 A1	05-01-2006