



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 013 125.6**

(22) Anmeldetag: **13.03.2009**

(43) Offenlegungstag: **23.09.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H02N 2/04** (2006.01)  
**H01L 41/047** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**EPCOS AG, 81669 München, DE**

(74) Vertreter:  
**Epping Hermann Fischer,  
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80339 München**

(72) Erfinder:  
**Rinner, Franz, Dr., Deutschlandsberg, AT;  
Weiglhofer, Markus, Graz, AT; Ottlinger, Marion,  
Dr., Deutschlandsberg, AT; Gabl, Reinhard, Dr., St.  
Peter, AT; Galler, Martin, Dr., Graz, AT; Auer,  
Christoph, Dr., Graz, AT; Kügerl, Georg, Dr.,  
Eibiswald, AT**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

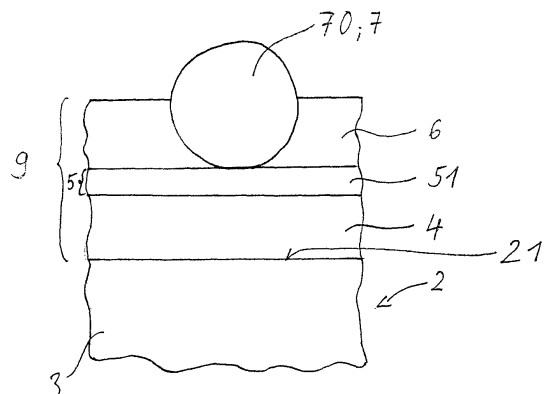
**DE 199 45 934 C1**  
**DE 34 35 807 A1**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Piezoaktor in Vielschichtbauweise und Verfahren zum Befestigen einer Außenelektrode bei einem Piezoaktor**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoaktor in Vielschichtbauweise angegeben, bei dem auf wenigstens einen Teilbereich der Außenseite (21, 21a, 21b) eine Grundmetallisierung (4) aufgebracht ist. Über der Grundmetallisierung (4) ist eine Beschichtung (5) aufgebracht, die wenigstens eine diffusionshemmende Schicht (51) aufweist. Die diffusionshemmende Schicht (51) hemmt die Diffusion eines Bestandteils eines Lotes durch die diffusionshemmende Schicht (51). Weiterhin wird ein Verfahren zum Befestigen einer Außenelektrode bei einem Piezoaktor angegeben, bei dem auf eine Grundmetallisierung (4) eine Beschichtung (5) aufgesputtert und eine Außenelektrode (7, 7a, 7b) mittels eines Lotes befestigt wird.



## Beschreibung

**[0001]** Es wird ein Piezoaktor in Vielschichtbauweise angegeben, der einen Stapel aus piezoelektrischen Schichten und dazwischen angeordneten Elektrodenschichten aufweist. Die Elektrodenschichten können mittels Außenelektroden elektrisch kontaktiert werden, die an den Außenseiten des Stapels befestigt sind. Beim Anlegen einer Spannung zwischen benachbarte Elektrodenschichten dehnt sich der Piezoaktor entlang des elektrischen Feldes aus. Derartige Piezoaktoren können beispielsweise zum Betätigen eines Einspritzventils in einem Kraftfahrzeug eingesetzt werden.

**[0002]** In der Druckschrift EP 9844678 B1 ist ein Piezoaktor mit einer am Stapel befestigten Außenelektrode angegeben.

**[0003]** Es ist eine zu lösende Aufgabe, eine Außenelektrode möglichst zuverlässig an der Außenseite des Stapels zu befestigen.

**[0004]** Es wird ein Piezoaktor in Vielschichtbauweise mit einem Stapel aus piezoelektrischen Schichten und dazwischen angeordneten Elektrodenschichten angegeben. Auf wenigstens einem Teilbereich der Außenseite des Stapels ist eine Grundmetallisierung aufgebracht. Über der Grundmetallisierung ist eine Beschichtung aufgebracht, die wenigstens eine diffusionshemmende Schicht aufweist. Die diffusionshemmende Schicht ist dazu geeignet, die Diffusion eines Bestandteils eines Lots durch die Schicht hindurch zu hemmen.

**[0005]** Vorzugsweise sind die piezoelektrischen Schichten und die Elektrodenschichten des Stapels gemeinsam gesintert und bilden einen monolithischen Sinterkörper. Für die piezoelektrischen Schichten werden beispielsweise dünne Folien, die ein piezokeramisches Material wie Blei-Zirkonat-Titanat (PZT) enthalten, verwendet. Zur Bildung der Elektrodenschichten kann in einem Siebdruckverfahren eine Metallpaste, zum Beispiel eine Silber-Palladium-Paste oder eine kupferhaltige Paste auf die Folien aufgebracht werden. Die Folien werden anschließend gestapelt, verpresst und gemeinsam gesintert. Nach dem Sintern werden die piezoelektrischen Schichten polarisiert, so dass sie sich beim Anlegen einer Spannung zwischen benachbarte Elektrodenschichten entlang ihrer Polarisationsrichtung ausdehnen.

**[0006]** Zur elektrischen Kontaktierung der Elektrodenschichten kann auf wenigstens einen Teilbereich der Außenseite des Stapels eine Grundmetallisierung aufgebracht werden. Diese Grundmetallisierung wird vorzugsweise in Form einer Silber-Palladium-Paste oder einer kupferhaltigen Paste auf einen Teilbereich der Außenseite des Stapels aufgetragen

und beim Sintern des Stapels mit eingebrannt. Vorzugsweise enthält die Paste neben ihren Grundbestandteilen einen Glasflussanteil, beispielsweise in Form von Bleioxid oder Siliziumdioxid. Dadurch kann eine teilweise Diffusion der Grundmetallisierung in die Keramik und, damit verbunden, eine Erhöhung der Haftfestigkeit der Grundmetallisierung an der Außenseite des Stapels erreicht werden.

**[0007]** Beispielsweise sind auf zwei gegenüber liegenden Seitenflächen des Stapels Grundmetallisierungen aufgebracht. Vorzugsweise sind die Grundmetallisierungen im Bereich sogenannter inaktiver Zonen aufgebracht, in denen sich entlang der Stapelrichtung benachbarte Elektrodenschichten nicht überlappen. Die Elektrodenschichten reichen abwechselnd bis zu einer der Seitenflächen heran und sind in Bezug auf die gegenüber liegende Seitenfläche in den Stapel zurückversetzt. Eine Grundmetallisierung, die auf eine inaktive Zone aufgebracht wird, steht nur mit jeder zweiten Elektrodenschicht in elektrischem Kontakt. Die weitere Grundmetallisierung, die auf einer weiteren inaktiven Zone aufgebracht ist, kontaktiert dann die anderen Elektrodenschichten. Auf diese Weise sind die Elektrodenschichten entlang der Stapelrichtung abwechselnd mit einer der Grundmetallisierungen elektrisch verbunden. Beim Anlegen einer elektrischen Spannung an die Grundmetallisierungen wird somit eine elektrische Spannung zwischen benachbarten Elektrodenschichten angelegt.

**[0008]** In den inaktiven Zonen, in denen sich benachbarte Elektrodenschichten nicht überlappen, ist das elektrische Feld im Vergleich zu den angrenzenden aktiven Zonen, in denen sich benachbarte Elektrodenschichten überlappen, vermindert. Dadurch dehnen sich die piezoelektrischen Schichten in den inaktiven Zonen weniger aus als in den aktiven Zonen. Dies kann zu mechanischen Verspannungen und schließlich zu Rissen im Piezoaktor führen. Setzen sich derartige Risse in die Grundmetallisierung hinein fort, kann dies dazu führen, dass die Elektrodenschichten nicht mehr zuverlässig elektrisch kontaktiert werden können. Um einen Ausfall des Piezoaktors zu vermeiden, sollten die Grundmetallisierung und die Außenelektrode möglichst zuverlässig am Stapel befestigt werden.

**[0009]** Zur elektrischen Kontaktierung der Elektrodenschichten ist vorzugsweise eine Außenelektrode angelötet.

**[0010]** Zum Schutz der Grundmetallisierung befindet sich zwischen der Grundmetallisierung und einem aufgetragenen Lot eine Beschichtung, die wenigstens eine diffusionshemmende Schicht enthält. Vorzugsweise hemmt die diffusionshemmende Schicht die Diffusion desjenigen Bestandteils eines Lots, der zum Ablegieren der Grundmetallisierung

führen kann. Vorzugsweise ist die diffusionshemmende Schicht zur Hemmung der Diffusion von Zinn geeignet.

**[0011]** Bei einer Diffusion des Zinns zur Grundmetallisierung können sich Legierungen aus Zinn und einem Bestandteil der Grundmetallisierung bilden, was zu einer Schwächung der Grundmetallisierung führt.

**[0012]** Vorzugsweise enthält die diffusionshemmende Schicht Metalle aus der Menge Nickel, Titan und Wolfram.

**[0013]** Die diffusionshemmende Schicht kann auch als Metallschicht ausgebildet sein, d. h. ein oder mehrere Metalle als ihre Hauptbestandteile enthalten.

**[0014]** In einer Ausführungsform weist die Beschichtung eine weitere, untere Schicht auf, die direkt auf der Grundmetallisierung aufgebracht ist.

**[0015]** Vorzugsweise weist die untere Schicht eine besonders gute Haftfestigkeit auf der Grundmetallisierung auf.

**[0016]** Auf diese Weise kann eine besonders stabile Befestigung der Beschichtung mit der Grundmetallisierung erreicht werden. Beispielsweise enthält die untere Schicht Metalle aus der Menge Silber, Kupfer und Chrom.

**[0017]** In einer Ausführungsform weist die Beschichtung eine weitere, obere Schicht auf, die besonders gut lötbar ist.

**[0018]** Dadurch kann eine Außenelektrode mittels eines Lots zuverlässig an der Außenseite der Beschichtung befestigt werden. Die weitere, obere Schicht enthält beispielsweise Metalle aus der Menge Zinn, Silber, Kupfer und Gold.

**[0019]** Die verschiedenen Schichten der Beschichtung können dabei metallhaltige Schichten oder auch Metallschichten sein, d. h. ein oder mehrere Metalle als Hauptbestandteile enthalten. In einer Ausführungsform enthält die Beschichtung wenigstens eine Metallschicht.

**[0020]** Weiterhin wird ein Piezoaktor mit wenigstens einer Außenelektrode zur Kontaktierung der Elektroden-schichten angegeben, wobei die Außenelektrode mittels eines Lots an der Beschichtung befestigt ist.

**[0021]** Vorzugsweise ist die Außenelektrode als Drahtgewebe ausgebildet.

**[0022]** Das Drahtgewebe kann beispielsweise aus den Materialien Stahl, Kupfer oder Eisen-Nickel Legierung hergestellt sein. Um die Benetzbarkeit der Drähte mit Lot zu verbessern, können die Drähte mit

Kupfer beschichtet sein. Die Außenelektrode kann auch in einer anderen Form vorliegen, beispielsweise kann sie als Blech ausgebildet sein und mit Löchern versehen sein, wodurch die Dehnbarkeit der Außenelektrode erhöht wird.

**[0023]** In einer Ausführungsform ist das Lot in Form einer Lotschicht aufgebracht, die zwischen der Außenelektrode und der Außenseite des Stapels angeordnet ist.

**[0024]** Um die Dehnfähigkeit der Schicht zu erhöhen, kann die Schicht Unterbrechungen aufweisen. Auf diese Weise können mechanische Spannungen in der Schicht verringert und so das Auftreten von Rissen beim Betrieb des Aktors vermieden werden. Das Lot kann auch als eine Anordnung mehrerer Inseln aufgebracht sein.

**[0025]** Bei Verwendung einer Außenelektrode, die Löcher aufweist, z. B. bei einem Drahtgewebe, muss sich das Lot nicht zwischen der Außenelektrode und der Beschichtung befinden. Die Außenelektrode kann beispielsweise direkt auf der Beschichtung aufliegen und das Lot kann die Löcher der Außenelektrode füllen und somit eine feste Verbindung der Außenelektrode und der Beschichtung herstellen.

**[0026]** Vorzugsweise ist das Lot ein bleifreies Zinnlot. Das Lot kann weitere Zusätze aus der Menge Kupfer, Silber, Nickel und Antimon enthalten. Vorzugsweise enthält das verwendete Lotmaterial möglichst wenig umweltschädliche Bestandteile und genügt insbesondere der sogenannten RoHS-Richtlinie der Europäischen Union zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten.

**[0027]** Vorzugsweise ist an der Außenseite der Außenelektrode eine Weiterkontaktierung zur Spannungsversorgung befestigt. Die Weiterkontaktierung ist beispielsweise mittels Weichlöten oder Schweißen an der Außenelektrode befestigt.

**[0028]** Weiterhin wird ein Verfahren zum Befestigen einer Außenelektrode bei einem Piezoaktor angegeben. Dabei wird ein Stapel aus piezoelektrischen Schichten und dazwischen angeordneten Elektroden-schichten bereitgestellt. Auf wenigstens einen Teilbereich einer Außenseite des Stapels wird eine Grundmetallisierung aufgebracht und vorzugsweise eingebrannt. Auf die Grundmetallisierung wird eine Beschichtung aufgesputtert. An der Beschichtung wird eine Außenelektrode mittels eines Lots befestigt.

**[0029]** Beispielsweise wird als Außenelektrode ein Drahtgewebe verwendet, das mit dem Lotmaterial beschichtet ist. Nach dem Auflegen dieser Außenelektrode auf die aufgesputterte Beschichtung wird

das Lotmaterial erhitzt, so dass es erweicht und eine stoffschlüssige Verbindung mit der Beschichtung eingeht.

**[0030]** In einer Ausführungsform werden bei der Bildung der Beschichtung nacheinander mehrere Schichten auf die Grundmetallisierung aufgesputtert.

**[0031]** Im Folgenden werden der angegebene Piezoaktor und seine vorteilhaften Ausgestaltungen anhand von schematischen und nicht maßstabgetreuen Figuren erläutert. Es zeigen:

**[0032]** [Fig. 1](#) einen Querschnitt eines Piezoaktors mit einer Außenelektrode in Form eines Drahtgewebes,

**[0033]** [Fig. 2](#) einen Querschnitt eines Piezoaktors mit einer Außenelektrode in Form einer Drahtharfe,

**[0034]** [Fig. 3A](#) im Querschnitt ein Ausführungsbeispiel für eine Beschichtung, an der eine Außenelektrode befestigt ist,

**[0035]** [Fig. 3B](#) im Querschnitt ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine Beschichtung, an der eine Außenelektrode befestigt ist.

**[0036]** [Fig. 1](#) zeigt einen Querschnitt eines Piezoaktors **1**, der einen Stapel **2** aus piezoelektrischen Schichten **3** und dazwischen liegenden Elektroden-schichten (hier nicht gezeigt) aufweist. Die Schichten sind entlang einer Stapelrichtung **S** übereinander gestapelt und gemeinsam gesintert. Der so gebildete Grundkörper des Piezoaktors **1** ist quaderförmig und weist eine Längsachse auf, die der Stapelrichtung **S** entspricht.

**[0037]** Die Elektroden-schichten reichen entlang der Stapelrichtung **S** abwechselnd bis zu einer Außenseite **21a**, **21b** des Stapels **2** und sind von der jeweils gegenüberliegenden Außenseite **21b**, **21a** beabstandet. Dadurch entstehen sogenannte inaktive Zonen **31a**, **31b** in denen sich in Stapelrichtung **S** benachbarte Elektroden-schichten nicht überlappen. Die inaktiven Zonen **31a**, **31b** erstrecken sich jeweils über eine gesamte Außenseite **21a**, **21b** des Stapels. Auf den gegenüberliegenden Außenseiten **21a**, **21b**, die an die inaktiven Zonen **31a**, **31b** angrenzen, sind Außenelektroden **7a**, **7b** mittels einer Befestigung **9a**, **9b** aufgebracht. Die hier gezeigten Außenelektroden **7a**, **7b** sind in Form von Drahtgeweben **71a**, **71b** ausgeführt. Die Befestigung **9a**, **9b** der jeweiligen Außenelektrode **7a**, **7b** umfasst eine Beschichtung (hier nicht gezeigt), die wenigstens eine diffusionshemmende Schicht (hier nicht gezeigt) enthält. Die Außenelektroden **7a**, **7b** sind mittels eines Lots (hier nicht gezeigt) an der Beschichtung befestigt.

**[0038]** [Fig. 2](#) zeigt im Querschnitt eine weitere Aus-

führungsform für einen Piezoaktor **1**, bei dem Außenelektroden **7a**, **7b** in Form von Drahtharfen **72a**, **72b** an zwei gegenüberliegenden Außenseiten **21a**, **21b** des Stapels **2** befestigt sind. Eine Drahtharfe **72a**, **72b** weist eine Vielzahl von parallel angeordneten Drähten **70a**, **70b** auf, die vorzugsweise senkrecht zur Stapelrichtung **S** angeordnet sind. Die Drähte **70a**, **70b** sind mittels einer Befestigung **9a**, **9b** im Bereich von inaktiven Zonen **31a**, **31b** mit dem Stapel **1** verbunden. Die inaktiven Zonen **31a**, **31b** erstrecken sich in dieser Ausführungsform nicht über eine gesamte Seitenfläche **21a**, **21b** des Piezoaktors **1**, sondern nur über einen an die Kante **22a**, **22b** angrenzenden Teilbereich der jeweiligen Seitenfläche **21a**, **21b**. Die Drahtharfen **72a**, **72b** sind über diese Kante **22a**, **22b** geführt und an ihrem freien Ende mit Weiterkontaktingen in Form von Kontaktpins **8a**, **8b** verbunden. Die Kontaktpins **8a**, **8b** sind beispielsweise durch Löten oder Schweißen mit der Drahtharfe **72a**, **72b** mechanisch und elektrisch verbunden.

**[0039]** [Fig. 3A](#) zeigt im Querschnitt ein Ausführungsbeispiel für eine Befestigung **9** einer Außenelektrode **7** an einem Stapel **2** aus Elektroden-schichten (hier nicht gezeigt) und Keramikschichten **3**. Die in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gezeigten Befestigungen **9a**, **9b** sind beispielsweise wie die hier gezeigte Befestigung **9** ausgeführt.

**[0040]** In [Fig. 3A](#) ist ein Draht **70** eines Drahtgewebes **71a**, **71b** oder einer Drahtharfe **72a**, **72b** gezeigt, der mittels eines Lots **6** an einer Außenseite **21** des Stapels befestigt ist. Als unterster Bestandteil der Befestigung **9** ist direkt auf die Außenseite **21** des Stapels **2** eine Grundmetallisierung **4** aufgebracht.

**[0041]** Die Grundmetallisierung **4** ist eine eingebrannte 20 bis 50 µm dicke Kupferpaste, die einen Glasflussanteil enthält und direkt mit piezokeramischen Schichten **3** und Elektroden-schichten (hier nicht gezeigt) verbunden ist. Auf die Grundmetallisierung **4** ist eine Beschichtung **5** aufgebracht, die aus einer diffusionshemmenden Schicht **51** besteht. Beispielsweise ist die Beschichtung eine 0,3 µm dicke Nickelschicht, die mittels eines Sputterverfahrens auf die Grundmetallisierung aufgebracht ist. An der diffusionshemmenden Schicht **51** sind die Drähte **70** der Außenelektrode **7** mittels eines Lots **6** befestigt. Das Lot **6** ist ein bleifreies Zinnlot mit weiteren Bestandteilen, zum Beispiel ein Sn99Cu1-Lot. Die diffusionshemmende Schicht **51** hemmt die Diffusion des Bestandteils Zinns in Richtung der Grundmetallisierung **4**. Dadurch kann eine Reaktion des Zinns mit dem Kupfer der Grundmetallisierung verhindert oder verzögert werden. Beispielsweise würden sich bei einer derartigen Reaktion Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>- oder Cu<sub>3</sub>Sn-Legierungen bilden, wodurch die Grundmetallisierung **4** geschwächt werden könnte.

**[0042]** [Fig. 3B](#) zeigt eine weitere Ausführungsform

für eine Befestigung **9** einer Außenelektrode **7** bei einem Piezoaktor **1**. Die Befestigung **9** umfasst eine Grundmetallisierung **4**, eine Beschichtung **5** und ein Lot **6**, die jeweils als Schichten ausgeführt sind und übereinander angeordnet sind.

**72, 72a, 72b** Drahttarfe  
**8a, 8b** Kontaktpin  
**9, 9a, 9b** Befestigung  
**S** Stapelrichtung

**[0043]** Die Beschichtung **5** enthält eine diffusionshemmende Schicht **51**, sowie eine weitere, untere Schicht **52** und eine weitere, obere Schicht **53**. Alle Schichten **51**, **52** und **53** sind mittels Sputterns auf die Grundmetallisierung **4** aufgebracht. Die weitere, untere Schicht **52** weist eine besonders hohe Haftfestigkeit auf der Grundmetallisierung **4** auf. Die weitere, untere Schicht **52** ist beispielsweise eine 0,3 µm dicke Chromschicht. Auf die weitere, untere Schicht **52** ist die diffusionshemmende Schicht **51** aufgesputtert. Die diffusionshemmende Schicht besteht aus einer 0,3 µm dicken Nickelschicht. Auf die diffusionshemmende Schicht **51** ist eine weitere, obere Schicht **53** aufgebracht, zum Beispiel in Form einer 0,3 µm dicken Silberschicht. Die weitere, obere Schicht **53** weist eine besonders gute Lötbarkeit auf, so dass die Außenelektrode **7** besonders stabil mittels eines Lots **6** an der Beschichtung **5** befestigt werden kann.

**[0044]** In weiteren Ausführungsformen kann die Beschichtung **5** beispielsweise nur eine diffusionshemmende Schicht **51** und weitere, untere Schicht **52** oder eine diffusionshemmende Schicht **51** und eine weitere, obere Schicht **53** enthalten. Weiterhin ist es auch möglich mehrere weitere, untere Schichten **52** oder weitere, obere Schichten **53** aufzubringen.

**[0045]** Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung an Hand der 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 oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Piezoaktor
<b>2</b>	Stapel
<b>21, 21a, 21b</b>	Außenseite
<b>22a, 22b</b>	Kante
<b>3</b>	piezoelektrische Schicht
<b>31a, 31b</b>	inaktive Zone
<b>4</b>	Grundmetallisierung
<b>5</b>	Beschichtung
<b>51</b>	diffusionshemmende Schicht
<b>52</b>	untere Schicht
<b>53</b>	obere Schicht
<b>6</b>	Lot
<b>7, 7a, 7b</b>	Außenelektrode
<b>70, 70a, 70b</b>	Draht
<b>71, 71a, 71b</b>	Drahtgewebe

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- EP 9844678 B1 [[0002](#)]

**Patentansprüche**

1. Piezoaktor in Vielschichtbauweise
  - mit einem Stapel (2) aus piezoelektrischen Schichten (3) und dazwischen angeordneten Elektrodenschichten,
  - bei dem auf wenigstens einen Teilbereich der Außenseite (21, 21a, 21b) des Stapels (2) eine Grundmetallisierung (4) aufgebracht ist und
  - bei dem über der Grundmetallisierung (4) eine Beschichtung (5) aufgebracht ist, die wenigstens eine diffusionshemmende Schicht (51) aufweist, die die Diffusion eines Bestandteil eines Lots durch die diffusionshemmende Schicht (51) hindurch hemmt.
2. Piezoaktor nach Anspruch 1,
  - bei dem die diffusionshemmende Schicht (51) zur Hemmung der Diffusion von Zinn geeignet ist.
3. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
  - bei dem die diffusionshemmende Schicht (52) Metalle aus der Menge Nickel, Titan und Wolfram enthält.
4. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
  - bei dem die Beschichtung (5) eine weitere, untere Schicht (52) aufweist, die direkt auf der Grundmetallisierung (4) aufgebracht ist.
5. Piezoaktor nach Anspruch 4,
  - bei dem die weitere, untere Schicht (52) Metalle aus der Menge Silber, Kupfer und Chrom enthält.
6. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
  - bei dem die Beschichtung (5) eine weitere, obere Schicht (53) aufweist, die besonders gut lötlbar ist.
7. Piezoaktor nach Anspruch 6,
  - bei dem die weitere, obere Schicht (53) Metalle aus der Menge Zinn, Silber, Kupfer und Gold enthält.
8. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
  - bei dem die Grundmetallisierung (4) eine eingebrannte Paste aus der Menge Kupferpaste und Silber-Palladium-Paste ist.
9. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
  - mit wenigstens einer Außenelektrode (7, 7a, 7b) zur Kontaktierung der Elektrodenschichten,
  - bei dem die Außenelektrode (7, 7a, 7b) mittels eines Lots (6) an der Beschichtung (5) befestigt ist.
10. Piezoaktor nach Anspruch 9,
  - bei dem das Lot (6) ein bleifreies Zinnlot ist.
11. Piezoaktor nach Anspruch 10,
  - bei dem das Lot (6) weitere Zusätze aus der Menge Kupfer, Silber, Nickel und Antimon enthält.
12. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
  - bei dem die Außenelektrode (7, 7a, 7b) als Drahtgewebe (71, 71a, 71b) ausgebildet ist.
13. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
  - bei dem die Außenelektrode (7, 7a, 7b) als Drahtharfe (72, 72a, 72b) ausgebildet ist.
14. Verfahren zum Befestigen einer Außenelektrode bei einem Piezoaktor, umfassend die Schritte:
  - A) Bereitstellen eines Stapels (2) aus piezoelektrischen Schichten (3) und dazwischen angeordneten Elektrodenschichten,
  - B) Aufbringen einer Grundmetallisierung (4) auf wenigstens einen Teilbereich einer Außenseite (21, 21a, 21b) des Stapels (2),
  - C) Aufspüttern einer Beschichtung (5) auf die Grundmetallisierung (4),
  - D) Befestigen einer Außenelektrode (7, 7a, 7b) an der Beschichtung (42) mittels eines Lots.
15. Verfahren nach Anspruch 14,
  - bei dem in Schritt C) zur Bildung der Beschichtung (5) nacheinander mehrere Schichten auf die Grundmetallisierung (4) aufgesputtert werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

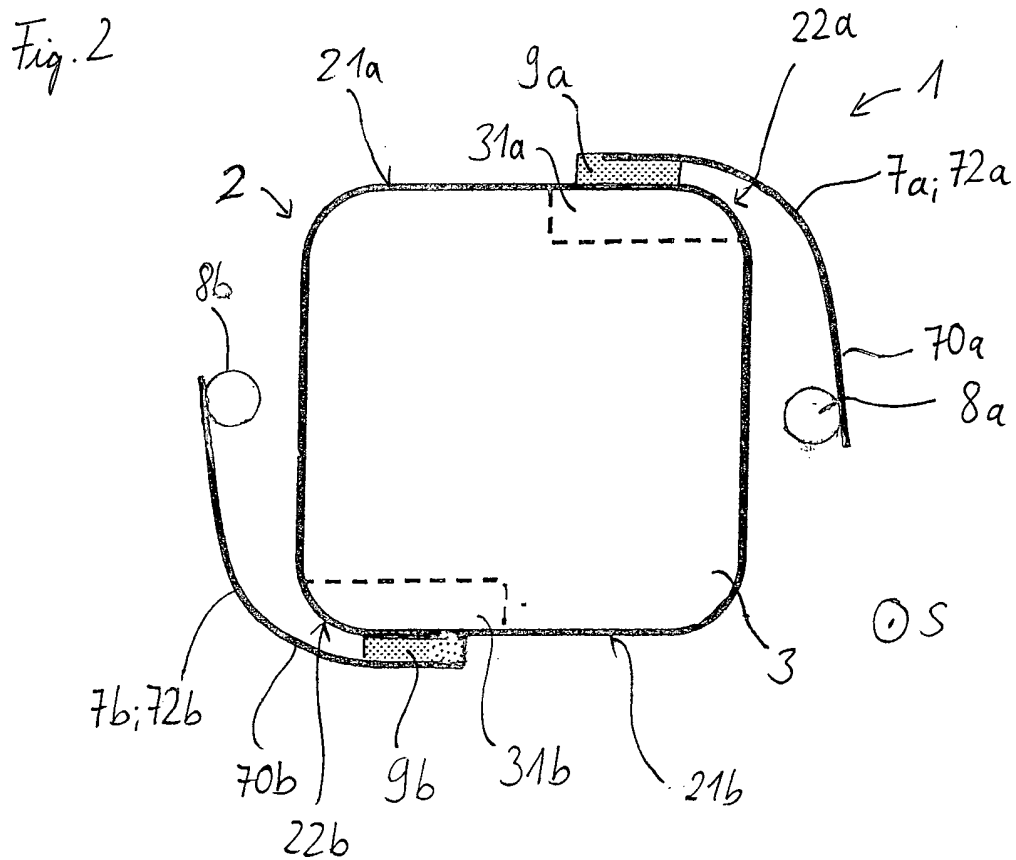
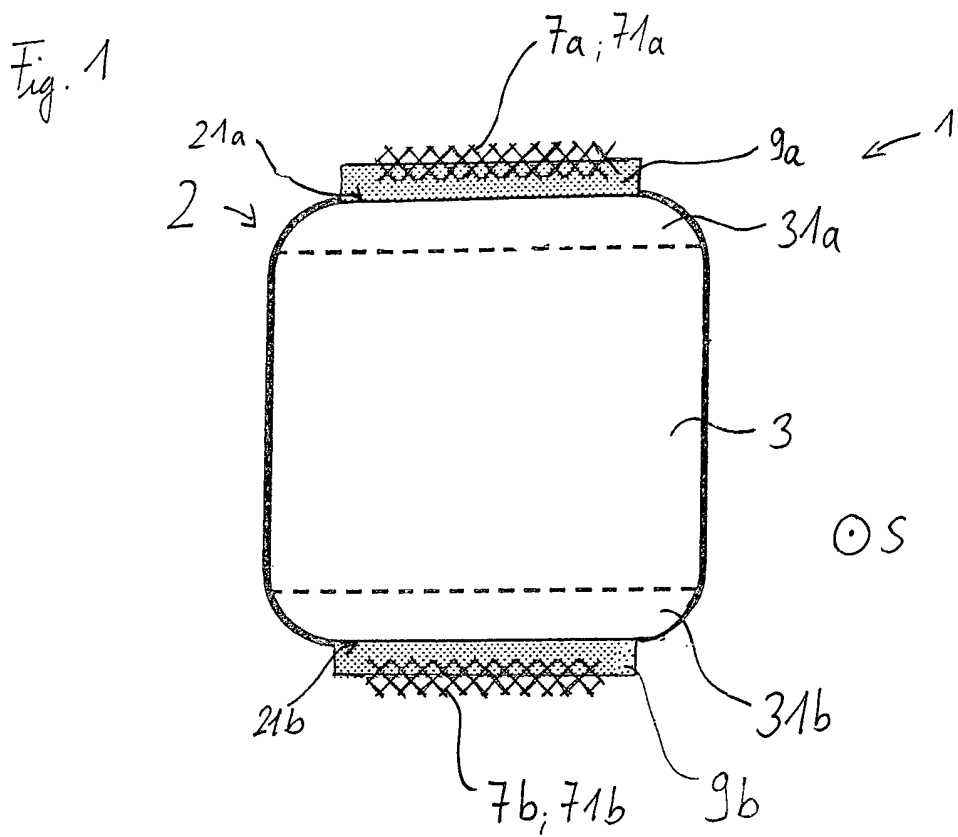




Fig. 3A

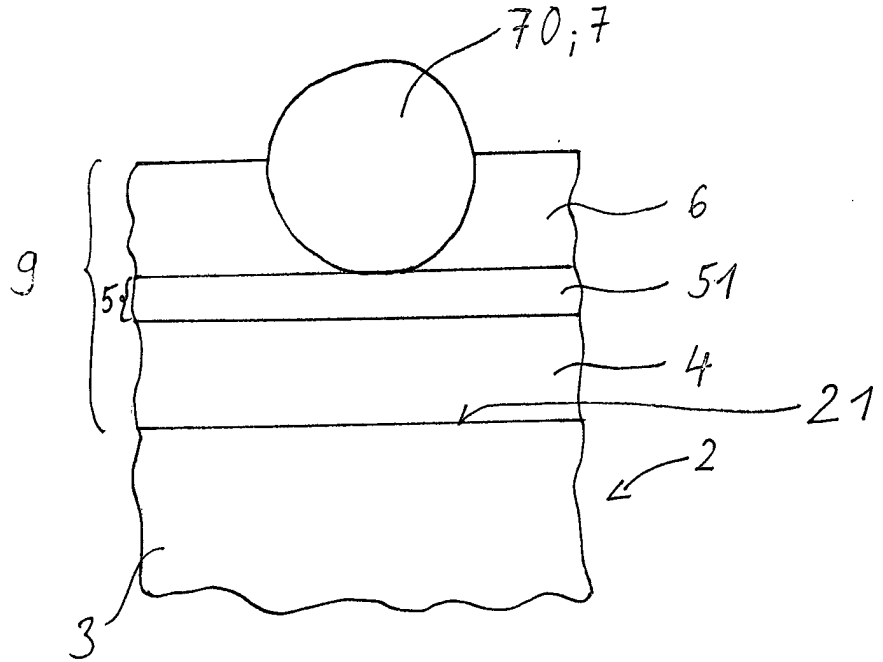


Fig. 3B

