

(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  
16. Januar 2003 (16.01.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/005490 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01R 4/00**,  
H01L 41/047

Wittelbacherplatz 2, 80333 München (DE). **EPCOS AG**  
[DE/DE]; St.-Martin-Strasse 53, 81541 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/04723

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:  
29. April 2002 (29.04.2002)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **CRAMER, Dieter**  
[DE/DE]; Hugo-Weiss-Strasse 17, 81827 München (DE).  
**HAHN, Iris** [DE/DE]; Hohenbrunnerstrasse 16C, 85579  
Neubiberg (DE). **SCHUH, Carsten** [DE/DE]; Brun-  
nenstrasse 73, 85598 Baldham (DE). **STEINKOPFF,**  
**Thorsten** [DE/DE]; Ilchinger Strasse 1, 85614 Eglharting  
(DE). **WOLFF, Andreas** [DE/DE]; Bajuwarenstrasse 28,  
81825 München (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
101 31 621.6 29. Juni 2001 (29.06.2001) DE

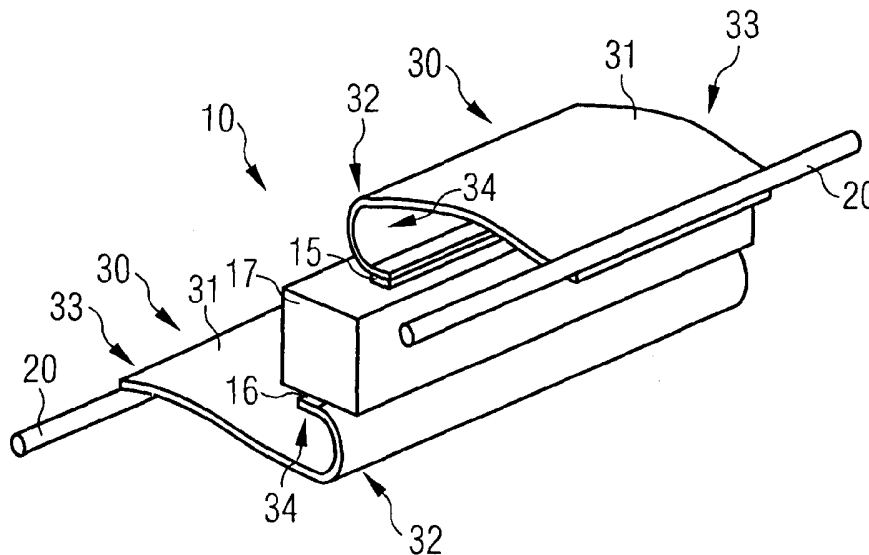
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ADDITIONAL CONTACT FOR AN ELECTRIC COMPONENT AND PIEZOELECTRIC COMPONENT IN THE FORM OF A MULTILAYER STRUCTURE

(54) Bezeichnung: WEITERKONTAKTIERUNG FÜR EIN ELEKTRISCHES BAUTEIL SOWIE PIEZOELEKTRISCHES BAUTEIL IN VIELSCHICHTBAUWEISE



(57) Abstract: The invention relates, inter alia, to an additional contact (30) for a piezoelectric component (10) in the form of a multilayer structure and to a corresponding component, wherein the piezoelectric component (10) is formed by a stack (17) of alternating piezoelectric ceramic layers and electrode layers. The additional contact (30) has a contact element (31) with a contact zone (33) for connection to an electrical connecting element (20) and with a fastening zone (34) for connection to a metallized part (15, 16). In order to minimize harmful tensile/pressure loads in the additional contact (30), the additional contact (30), especially the contact element (31), is shaped so as to allow for a load distribution of the critical tensile loads, for example by means of at least one bend (32) in the contact element (31).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 03/005490 A2



(81) **Bestimmungsstaaten** (*national*): CN, JP, US.

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten CN, JP, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR)*

*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.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Es wird unter anderem beschrieben eine Weiterkontaktierung (30) für ein piezoelektrisches Bauteil (10) in Vielschichtbauweise sowie ein solches Bauteil (10), wobei das piezoelektrische Bauteil (10) aus einem Stapel (17) alternierend angeordneter piezoelektrischer Keramikschichten und Elektrodenschichten ausgebildet ist. Die Weiterkontaktierung (30) weist ein Kontaktelement (31) mit einem Kontaktierbereich (33) zur Verbindung mit einem elektrischen Anschlußelement (20) sowie einem Befestigungsbereich (34) zur Verbindung mit einer Metallisierung (15, 16) auf. Um schädliche Zug-/Druckbelastungen in der Weiterkontaktierung (30) minimieren zu können, weist die Weiterkontaktierung (30), insbesondere das Kontaktelement (31), eine Form auf, mittels derer eine Spannungsumlagerung der kritischen Zugbelastungen erfolgen kann. Dies kann beispielsweise über wenigstens eine Umbiegung (32) im Kontaktelement (31) erfolgen.

**Weiterkontaktierung für ein elektrisches Bauteil sowie piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise**

Die vorliegende Erfindung betrifft zunächst eine Weiterkontaktierung für ein elektrisches Bauteil, insbesondere für ein piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1. Weiterhin betrifft die Erfindung ein piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 8.

Piezoelektrische Bauteile können als Vielschichtbauelemente mit einer Anzahl von jeweils alternierend angeordneten piezoelektrischen Keramiksichten und Elektrodenschichten ausgebildet sein und gewinnen in der modernen Elektrotechnik immer mehr an Bedeutung. Beispielsweise werden piezoelektrische Bauteile in Form von Piezoaktoren als Stellantriebe, in Verbindung mit Ventilen und dergleichen eingesetzt.

Ein bekannter Piezoaktor ist beispielsweise in der DE 196 46 676 C1 beschrieben. Bei derartigen Piezokeramiken wird der Effekt ausgenutzt, daß diese sich unter einem mechanischen Druck, beziehungsweise Zug, aufladen und andererseits bei Anlegen einer elektrischen Spannung entlang der Hauptachse der Keramiksicht ausdehnen. Zur Vervielfachung der nutzbaren Längenausdehnung werden beispielsweise monolithische Vielschichtaktoren verwendet, die aus einem gesinterten Stapel dünner Folien aus Piezokeramik (beispielsweise Bleizirkonattitanat) mit eingelagerten metallischen Elektrodenschichten bestehen. Die Elektrodenschichten sind wechselseitig aus dem Stapel herausgeführt und über Außenmetallisierungen elektrisch parallel geschaltet. Auf den beiden Kontaktseiten des Stapels ist hierzu jeweils eine streifen- oder bandförmige,

durchgängige Metallisierung aufgebracht, die mit allen Elektrodenschichten gleicher Polarität verbunden ist. Zwischen der Metallisierung und weiteren elektrischen Anschlußelementen des piezoelektrischen Bauteils ist häufig  
5 noch eine in vielen Formen ausführbare Weiterkontaktierung vorgesehen. Legt man eine elektrische Spannung an die elektrischen Anschlußelemente an, so dehnen sich die Piezofolien in Feldrichtung aus. Durch die mechanische Serienschaltung der einzelnen Piezofolien wird die  
10 Nenndehnung des gesamten Stapels schon bei relativ niedrigen elektrischen Spannungen erreicht.

Derartige Aktoren sind durch den mechanischen Hub einer erheblichen Belastung ausgesetzt. Von entscheidender  
15 Bedeutung für die Lebensdauer der Aktoren im dynamischen Betrieb ist, zur Erzielung hoher Zyklenzahlen und hoher Zuverlässigkeit, die elektrische Außenkontaktierung. Diese kann beispielsweise derart realisiert werden, daß an die Metallisierungen jeweils eine Weiterkontaktierung angebracht  
20 wird, die beispielsweise als mit Kupfer kaschierte Kaptonfolie ausgebildet sein kann. Eine solche Weiterkontaktierung wird auch als Kontaktfahne bezeichnet. Diese Weiterkontaktierung kann in ihrer gesamten Länge über ein geeignetes Verbindungsmittel, beispielsweise über  
25 Laserlötung oder dergleichen, mit der jeweils ihr zugeordneten Metallisierung verbunden werden. Auf diese Weise wird die elektrische Kontaktierung des piezoelektrischen Bauteils auch bei die Metallisierungen durchtrennenden Rissen, beispielsweise Polungsrissen und dergleichen, in der  
30 Aktorkeramik sichergestellt. Derartige Risse treten jedoch nicht nur in den Keramiksichten beziehungsweise den Metallisierungen auf.

Ebenso können während des Betriebs des piezoelektrischen  
35 Bauteils Risse auch in der Weiterkontaktierung auftreten. Die unvermeidliche Ausbreitung von Rissen in der Weiterkontaktierung, beziehungsweise in der Kontaktfahne,

während des Betriebs des piezoelektrischen Bauteils wird durch eine Vielzahl von Parametern bestimmt. Die Breite der Weiterkontaktierung sowie die designtechnische Auslegung muß sich dabei vor allem an den bevorzugten

5 Rißausbreitungsrichtungen und den maximal entstehenden Rißlängen orientieren.

In der von der Anmelderin ebenfalls eingereichten, älteren Patentanmeldung DE 197 15 487 A1 ist ein piezoelektrische  
10 Aktor beschrieben, bei dem ein wie eingangs beschriebener Aktorstapel aus Keramiksichten und dazwischen liegenden Elektrodenschichten in einem vorgefertigten Hohlprofil eingebettet ist. Das Hohlprofil weist dazu zunächst eine zentrale Ausnehmung auf, die in etwa der Form des  
15 Piezoaktorstapels entspricht. An den Seitenwänden dieser Ausnehmung sind weiterhin zwei Schlitze vorgesehen, die zu weiteren Ausnehmungen für elektrische Anschlußelemente führen. Dabei ist nach dieser Lösung vorgesehen, daß die Schlitze einen gekrümmten Verlauf haben. Wenn nun das  
20 piezoelektrische Bauteil in das Hohlprofil eingesetzt wird, befindet sich der Aktorstapel in der zentralen Ausnehmung, während sich die elektrischen Anschlußelemente in den für sie vorgesehenen Ausnehmungen befinden. Die Verbindung zwischen den elektrischen Anschlußelementen und dem Aktorstapel  
25 erfolgt über als Folien ausgebildete Weiterkontaktierungen. Diese befinden sich innerhalb der Schlitze, so daß auch die als flexible Folien ausgebildeten Weiterkontaktierungen im eingebauten Zustand ebenfalls einen leicht gekrümmten Verlauf aufweisen.

30

Durch eine derartige Ausgestaltung des piezoelektrischen Aktors läßt sich jedoch die Ausbreitung von über die gesamte Fläche der Weiterkontaktierung wachsenden Rissen noch nicht vollständig unterbinden, so daß im schlimmsten Fall einzelne  
35 Aktorbereiche von der elektrischen Zuleitung abgetrennt werden könnten.

Ausgehend vom genannten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, eine Weiterkontaktierung sowie ein piezoelektrisches Bauteil der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß die im Zusammenhang mit dem Stand der Technik aufgezeigten Nachteile vermieden werden können. Insbesondere soll eine fehlertolerante und im dynamischen Betrieb ermüdungsarme Weiterkontaktierung eines elektrischen Bauteils, insbesondere eines piezoelektrischen Bauteils in Vielschichtbauweise, bereitgestellt werden.

10

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Weiterkontaktierung gemäß Patentanspruch 1 sowie das piezoelektrische Bauteil in Vielschichtbauweise gemäß Patentanspruch 8. Weitere Vorteile, Merkmale, Details, Aspekte und Effekte der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung sowie den Zeichnungen. Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Weiterkontaktierung beschrieben sind, gelten dabei selbstverständlich auch für das piezoelektrische Bauteil, und umgekehrt.

20

Gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung wird eine Weiterkontaktierung für ein elektrisches Bauteil, insbesondere für ein piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise, bereitgestellt, mit einem elektrisch leitenden Kontaktelement zur Verbindung des elektrischen Bauteils mit wenigstens einem elektrischen Anschlußelement. Die Weiterkontaktierung ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß das Kontaktelement eine Form aufweist, mittels derer eine Spannungsumlagerung der kritischen Zugbelastungen erfolgt oder erfolgen kann.

30

Als Spannungsumlagerung wird dabei im Allgemeinen verstanden, daß zumindest ein Teil der kritischen Zugbelastungen (beispielsweise in Längsrichtung des elektrischen Bauteils) in bestimmten Bereichen des Kontaktelements in andere Richtungen umgelenkt wird.

35

Dies soll anhand eines nicht ausschließlichen Beispiels  
erläutert werden. Beispielsweise ist es denkbar, daß das  
Kontaktelement eine Form aufweist, bei der auf derjenigen  
5 Seite des Kontaktelements, wo dieses mit dem elektrischen  
Bauteil verbunden ist, volle Zugbelastung herrscht, während  
im Kontaktelement in demjenigen Bereich, in dem es  
beispielsweise mit einem elektrischen Anschlußelement  
verbunden wird (freier Bereich), Spannungen anderer  
10 Richtungen vorherrschen.

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der  
Weiterkontaktierung kann eine fehlertolerante und im  
dynamischen Betrieb ermüdungsarme elektrische Verbindung des  
15 elektrischen Bauteils mit wenigstens einem elektrischen  
Anschlußelement sichergestellt werden.

Dazu weist die Weiterkontaktierung, und hier insbesondere  
deren elektrisch leitendes Kontaktelement nunmehr eine ganz  
20 spezielle Form auf. Dadurch wird eine zuverlässige  
Kontaktierung des elektrischen Bauteils bei gleichzeitig  
reduzierter mechanischer Spannungsbelastung ermöglicht. Ein  
Grundgedanke der Erfindung ist daher eine besondere Auslegung  
der Weiterkontaktierung, bei der es sich um ein  
25 entscheidendes Bindeglied zwischen dem elektrischen Bauteil  
und wenigstens einem weiteren elektrischen Anschlußelement,  
beispielsweise einem Stecker, einem Kontaktstift oder  
dergleichen, handelt.

30 Erfindungsgemäß ist nunmehr vorgesehen, daß das  
Kontaktelement der Weiterkontaktierung eine solche Form  
aufweist, mittels derer kritische Belastungen, beispielsweise  
kritische Zug-/Druckbelastungen, bei denen es sich im Falle  
eines piezoelektrischen Bauteils in Vielschichtbauweise,  
35 beispielsweise eines Aktors, um Wechselbelastungen handelt,  
derart reduziert werden können, daß die im Kontaktelement  
auftretenden Risse nicht mehr zu den im Stand der Technik

beschriebenen Nachteilen führen. Dazu ist die Weiterkontaktierung erfindungsgemäß derart ausgestaltet, daß nunmehr eine Spannungsumlagerung der kritischen Belastungen, insbesondere der kritischen Zugbelastungen erfolgt oder  
5 erfolgen kann, wodurch die Ermüdungsrißausbreitung verlangsamt wird und innerhalb des Kontaktelements gestoppt werden kann. Dadurch kann die Lebensdauer des mit der erfindungsgemäßen Weiterkontaktierung versehenen elektrischen Bauteils erhöht werden.

10

Die Erfindung ist nicht auf bestimmte Ausgestaltungsformen für die Weiterkontaktierung beschränkt. Einige nicht ausschließliche Beispiele werden im weiteren Verlauf der Beschreibung näher erläutert.

15

Vorteilhaft kann die Ausgestaltung des Kontaktelements derart gewählt werden, daß gleichzeitig eine Spannungsverringernug in den vom elektrischen Bauteil entfernten Bereichen des Kontaktelements, beispielsweise der Kontaktfahne, erreicht  
20 wird.

Vorteilhaft kann das Kontaktelement als elektrisch leitende Folie ausgebildet sein. Eine solche Folie ist besonders einfach und kostengünstig herstellbar.

25

Vorzugsweise kann das Kontaktelement wenigstens eine Vorverformung, insbesondere eine Umbiegung, aufweisen. Dadurch können insbesondere die für das Ermüdungsverhalten des Kontaktelements schädlichen mechanischen Zug-  
30 /Druckbelastungen besonders vorteilhaft umgelagert werden, insbesondere bei gleichzeitiger Spannungsverringernug im Kontaktelement.

35

Als „Vorverformung“ wird dabei jede Art von Verformung verstanden, die zu einer - insbesondere bleibenden - Formänderung des Kontaktelements führt, bevor dieses am elektrischen Bauteil angeordnet wird.



Im Unterschied dazu weist das in der DE 197 15 487 A1 beschriebene piezoelektrische Bauteil eine Weiterkontaktierung auf, die lediglich einen gekrümmten Verlauf hat. Diese bekannte Weiterkontaktierung, die aus einer dünnen Folie hergestellt ist, weist jedoch keine Vorverformung (Umbiegung) auf. Wenn die Folie in die gekrümmten Schlitze eingelegt wird, nimmt sie lediglich einen gekrümmten Verlauf an. Allerdings bleibt die Folie dabei nachwievor unverformt. Wenn die in der bekannten Lösung offenbarte Weiterkontaktierung aus den entsprechenden Schlitzen herausgenommen wird, wird sie auf Grund ihrer Elastizität ihre Ausgangsform wieder einnehmen. Bei dieser Ausgangsform handelt es sich um eine ebene Fläche ohne jegliche Verformung.

Gerade die Vorverformung (Umbiegung) des Kontaktelements führt jedoch dazu, daß die erfindungsgemäße Spannungsumlagerung der kritischen Zugbelastungen erfolgen kann.

Vorteilhaft kann das Kontaktelement wenigstens eine Umbiegung mit einem Winkel von  $\leq 270^\circ$  aufweisen. Die Einstellung des jeweils günstigsten Winkels ergibt sich je nach Bedarf und Anwendungsfall für das elektrische Bauteil und die Weiterkontaktierung. Dabei ist die Erfindung nicht auf bestimmte Winkel innerhalb des angegebenen Bereichs beschränkt. Wichtig ist lediglich, daß die ausgewählten Winkel in definierten Radian liegen. Vorteilhaft kann das Kontaktelement wenigstens eine Umbiegung mit einem Winkel von  $\leq 180^\circ$  aufweisen.

In weiterer Ausgestaltung kann das Kontaktelement einen Kontaktierbereich zur Verbindung mit wenigstens einem elektrischen Anschlußelement und einen Befestigungsbereich zur Verbindung mit einem elektrischen Bauteil aufweisen. Vorteilhaft kann das Kontaktelement im Befestigungsbereich

wenigstens eine Vorverformung, insbesondere eine Umbiegung, aufweisen. Auf diese Weise wird es möglich, daß bei der Umlagerung der für das Ermüdungsverhalten des Kontaktelements schädlichen mechanischen Zug-/Druckbelastungen gleichzeitig auch die Spannung in den vom elektrischen Bauteil entfernten Bereichen des Kontaktelements verringert werden kann. Dadurch kann die Ermüdungsrißausbreitung im Kontaktelement verlangsamt und in der ersten Hälfte des Kontaktelements gestoppt werden. Dadurch wird die Lebensdauer des gesamten elektrischen Bauteils deutlich erhöht, da es auf Grund der Risse im Kontaktelement nicht mehr zur Abtrennung einzelner Bereiche des elektrischen Bauteils von der elektrischen Zuleitung kommen kann, wie dies im Rahmen der Beschreibungseinleitung bei den bisher bekannten Lösungen dargelegt wurde.

Ebenso ist denkbar, daß im Befestigungsbereich oder aber in beiden Bereichen wenigstens eine Vorverformung, insbesondere eine Umbiegung, vorgesehen ist.

Vorteilhaft kann das Kontaktelement zumindest bereichsweise eine Strukturierung aufweisen. Durch eine solche Strukturierung des Kontaktelements kann die Rißausbreitung in diesem weiter verlangsamt beziehungsweise gestoppt werden. Durch die zumindest bereichsweise Strukturierung des Kontaktelements können die mechanischen Spannungen im Kontaktelement während des Betriebs des elektrischen Bauteils minimiert werden.

Wenn es sich bei dem elektrischen Bauteil, beispielsweise um ein piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise handelt, sind solche mechanischen Spannungen dann besonders groß, wenn im piezoelektrisch inaktiven Bereich des Bauteils ein Riß, beispielsweise durch eine Polarisierung des piezoelektrischen Bauteils (Polungsriß) entstanden ist. Bei der Elongation und der Kontraktion findet bei einem solchen Riß eine relativ große Änderung des Ausmaßes des piezoelektrischen Bauteils

statt. Durch diese große Änderung treten große mechanische Spannungen im Kontaktelement auf, insbesondere dann, wenn das Kontaktelement mit einem starren Anschlußelement, beispielsweise einem Kontaktstift oder dergleichen, fest  
5 verbunden ist.

Durch die zumindest bereichsweise Strukturierung des Kontaktelements kann nunmehr eine Erhöhung der Flexibilität des Kontaktelements erreicht werden. Dies kann beispielsweise  
10 durch Einbringen wenigstens einer Aussparung und/oder wenigstens einer Ausdünnung in dem Kontaktelement erfolgen. Form, Größe, Platzierung und Anzahl der Aussparungen beziehungsweise Ausdünnungen sind vorteilhaft so gestaltet, daß das Kontaktelement insbesondere in Richtung der  
15 Elongation und Kontraktion des piezoelektrischen Bauteils flexibel ist. Eine Lösung, wie ein Kontaktelement vorteilhaft strukturiert werden kann, ist beispielsweise in der von der Anmelderin ebenfalls eingereichten, älteren Patentanmeldung EP 1 065 735 A2 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt  
20 insoweit in die Beschreibung der vorliegenden Erfindung miteinbezogen wird.

Vorteilhaft kann die Weiterkontaktierung zumindest bereichsweise aus einem Metall, insbesondere einem Metall aus  
25 der Gruppe Cu, Fe, Stahl, Nickel, Kobalt, Aluminium, Beryllium, gebildet sein. Besonders vorteilhaft kann die Weiterkontaktierung aus einer Kupfer-Nickel- und/oder Aluminiumbasislegierung hergestellt sein. Von besonderem Vorteil ist eine Kupfer-Beryllium- und/oder eine Nickel-  
30 Berylliumlegierung. Diese Legierungen zeichnen sich durch eine hohe Ermüdungsfestigkeit und damit durch eine hohe mechanische Langzeitstabilität aus.

Als Material der Weiterkontaktierung sind neben Metallen  
35 nicht-metallische Leiter wie beispielsweise organische Leitermaterialien und dergleichen denkbar.

Gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise bereitgestellt, bei dem alternierend immer eine piezoelektrische Keramikschiicht und eine Elektrodenschicht zur Bildung eines Stapels übereinander angeordnet ist und bei dem jeweils wenigstens eine erste Elektrodenschicht und wenigstens eine im Stapel darauffolgende, zur ersten Elektrodenschicht benachbarte zweite Elektrodenschicht zur elektrischen Kontaktierung in alternierender Polarität jeweils mit zumindest einer Weiterkontaktierung verbunden ist. Das piezoelektrische Bauteil ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß die Weiterkontaktierung in der wie vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Weise ausgebildet ist.

15

Auf diese Weise kann ein piezoelektrisches Bauteil mit einer zuverlässigen Weiterkontaktierung geschaffen werden, wobei ein fehlertoleranter und im dynamischen Betrieb ermüdungsarmer elektrischer Anschluß des Stapels aus Keramikschiichten und Elektrodenschichten, beispielsweise an wenigstens ein elektrisches Anschlußelement, sichergestellt ist.

20

Vorteilhaft kann die wenigstens eine erste Elektrodenschicht und die wenigstens eine zweite Elektrodenschicht zur elektrischen Kontaktierung in alternierender Polarität jeweils mit zumindest einer seitlich am Stapel angeordneten Metallisierung verbunden sein, wobei jede Metallisierung elektrisch mit einer Weiterkontaktierung verbunden ist. Die Verbindung der Metallisierung mit der Weiterkontaktierung kann dabei über geeignete Verbindungsmittel, wie beispielsweise eine Lötverbindung, eine Schweißverbindung oder dergleichen, erfolgen. Die Erfindung ist nicht auf bestimmte Verbindungsarten zwischen Metallisierung und Weiterkontaktierung beschränkt.

30

35

Vorzugsweise kann die Weiterkontaktierung ein Kontaktelement mit einem Kontaktierbereich und einem Befestigungsbereich aufweisen, wobei das Kontaktelement über den Kontaktierbereich mit wenigstens einem elektrischen Anschlußelement verbunden ist und wobei das Kontaktelement über den Befestigungsbereich mit dem Stapel (mit den im Stapel befindlichen Elektrodenschichten gleicher Polarität), insbesondere mit der wenigstens einen Metallisierung, verbunden ist.

10

Vorzugsweise kann die Weiterkontaktierung zumindest bereichsweise von einem Passivierungsmaterial umgeben sein. Bei einem Passivierungsmaterial handelt es sich um eine Art Schutzmaterial und/oder Isolationsmaterial, welches beispielsweise aus einem Kunststoff gebildet sein kann. Eine elektrische Passivierung freiliegender elektrischer Bauelemente, wie beispielsweise dem Kontaktelement der Weiterkontaktierung, den in einem piezoelektrischen Bauteil befindlichen Elektrodenschichten und dergleichen, ist erforderlich, um elektrische Überschläge und Kurzschlüsse zwischen benachbarten, freiliegenden elektrischen Bauteilen zu vermeiden.

20

In weiterer Ausgestaltung kann der Stapel und die Weiterkontaktierung in einem einzigen Hüllkörper, vorzugsweise aus Passivierungsmaterial, angeordnet sein. Dabei wird das Kontaktelement der Weiterkontaktierung bevorzugt in der Nähe, das heißt in unmittelbarer Umgebung des Stapels liegend, mit dem Passivierungsmaterial, beispielsweise einem geeigneten Kunststoff, vergossen. Damit wird auch das Kontaktelement im dynamischen Betrieb homogen mit dem Stapel des piezoelektrischen Vielschichtbauelements mitgedehnt, wodurch mechanische Belastungen auf die Verbindungsstellen zwischen dem Kontaktelement und dem piezoelektrischen Bauteil sowie auf das Kontaktelement selbst deutlich reduziert werden. Dieser Mitführeffekt im dynamischen Betrieb wird insbesondere dadurch gewährleistet,

35

daß der Abstand des Kontaktelements zum Stapel bewußt möglichst gering gehalten wird.

Vorteilhaft kann ein wie vorstehend beschriebenes  
5 erfindungsgemäßes piezoelektrisches Bauteil als  
piezoelektrischer Aktor oder als piezoelektrischer Wandler  
ausgebildet sein. Beispielhafte Ausführungsformen hierfür  
sind etwa Stapelaktoren, Transversalaktoren, Biegeaktoren,  
Wandler für medizinischen Ultraschall und dergleichen.  
10 Insbesondere kann das piezoelektrische Bauteil als Piezoaktor  
in Automobilsystemen, beispielsweise als Antrieb für Benzin-  
und Dieseleinspritzsysteme eingesetzt werden.

Die Erfindung wird nun an Hand von Ausführungsbeispielen  
15 unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher  
erläutert. Es zeigen:

Figur 1 in perspektivischer Ansicht einen Teilausschnitt aus  
einem erfindungsgemäßen piezoelektrischen Bauteil in  
20 Vielschichtbauweise; und

Figur 2 in perspektivischer Ansicht eine erfindungsgemäße  
Ausführungsform einer Weiterkontaktierung für ein  
elektrisches Bauteil.

25 In Figur 1 ist ein als Piezoaktor ausgebildetes  
piezoelektrisches Bauteil 10 in Vielschichtbauweise  
dargestellt. Der Piezoaktor 10 bildet einen aus zahlreichen  
piezoelektrischen Keramiksichten 11 und Elektrodenschichten  
12, 13 aufgebauten Stapel 17. Die Elektrodenschichten 12 und  
30 13 haben dabei jeweils unterschiedliche Polarität, wobei  
Elektrodenschichten gleicher Polarität jeweils als erste  
Elektrodenschichten 12, beziehungsweise zweite  
Elektrodenschichten 13, bezeichnet sind. Die  
Elektrodenschichten 12, beziehungsweise 13, gleicher  
35 Polarität sind jeweils mit einer gemeinsamen Metallisierung  
15, beziehungsweise 16, verbunden.

Erkennbar sind weiterhin inaktive Isolationszonen 14, die abwechselnd in gegenüber liegenden Ecken der aufeinander folgenden, sich in diesem Fall nicht über den gesamten Stapelquerschnitt erstreckenden Elektrodenschichten 12, 13 angeordnet sind. Dieser Aufbau ermöglicht den gemeinsamen Anschluß aller ersten Elektrodenschichten 12, beziehungsweise aller zweiten Elektrodenschichten 13, mit jeweils gleicher Polarität durch eine gemeinsame, vertikale Außenmetallisierung 15, beziehungsweise 16. Bei den Außenmetallisierungen 15, 16 kann es sich beispielsweise um ein entsprechendes Metallisierungsband handeln.

Wie im Zusammenhang mit der Metallisierung 16 dargestellt ist, ist diese über ein geeignetes Verbindungsmittel 18, bei dem es sich beispielsweise um eine Lötverbindung, eine Schweißverbindung oder dergleichen handeln kann, mit einer Weiterkontaktierung 30 verbunden. Auf ähnliche Weise kann auch die Metallisierung 15 mit einer Weiterkontaktierung (nicht dargestellt) verbunden sein.

Der Aufbau und die Ausgestaltung der Weiterkontaktierung 30 ergibt sich aus Figur 2.

In Figur 2 ist zunächst in stark vereinfachter Form der Stapel 17 des Piezoaktors 10 als "Stack" dargestellt. Der Stapel 17 verfügt an zwei sich gegenüber liegenden Seiten über die Metallisierungen 15, 16, über die der Stapel 17 mittels Weiterkontaktierungen 30 mit elektrischen Anschlußelementen 20 verbunden ist. Bei den Anschlußelementen 20 handelt es sich beispielsweise um entsprechende Kontaktstifte.

Wie aus Figur 2 zu ersehen ist, besteht die Weiterkontaktierung 30 aus einem Kontaktelement 31, bei dem es sich beispielsweise um eine Folie handeln kann. Das Kontaktelement 31 weist einen Kontaktierbereich 33 auf, über das die Verbindung mit dem elektrischen Anschlußelement 20

realisiert wird. Weiterhin verfügt das Kontaktelement 31 über einen Befestigungsbereich 34, mittels dessen es mit der Metallisierung 15, 16 verbunden wird.

- 5 Um während des Betriebs des Piezoaktors 10 auftretende, schädliche mechanische Zug-/Druck-Wechselbelastungen, die zu Rissen in den Kontaktelementen 31 führen können, zu minimieren, weist das Kontaktelement 31 wenigstens eine Vorverformung, insbesondere eine Umbiegung 32, auf. Im  
10 vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die wenigstens eine Umbiegung 32 im Befestigungsbereich 34 ausgebildet. Ebenso ist es denkbar, daß die wenigstens eine Umbiegung 32 auch im Kontaktierbereich 33 oder aber in beiden Bereichen ausgebildet sein könnte. Bei der Umbiegung 32 handelt es sich  
15 um eine Vorverformung des Kontaktelements 31 entlang einer Biegelinie, die durch Aufbringen eines Biegemoments, beziehungsweise einer Biegebeanspruchung, bewirkt wird. Auf Grund der Umbiegung 32 erfolgt eine Spannungsumlagerung der kritischen Zug-/Druck-Wechselbelastungen bei gleichzeitiger  
20 Spannungsverringern in vom Stapel 17 entfernten Bereichen des Kontaktelements 31, hier im Kontaktierbereich 33. Dadurch wird die Ermüdungsrißausbreitung im Kontaktelement 31 verlangsamt und in der ersten Hälfte des Kontaktelements 31, hier im Befestigungsbereich 34, sogar gestoppt. Auf diese  
25 Weise kann die elektrische Kontaktierung des Stapels 17 auch bei die Metallisierungen 15, 16 durchtrennenden Rissen in der Aktorkeramik sowie bei auftretenden Rissen in den Weiterkontaktierungen 30 jederzeit sichergestellt werden.
- 30 Die Auswahl des für die Umbiegung 32 geeigneten Winkels ergibt sich je nach Bedarf und Anwendungsfall. Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 ist für die Umbiegung 32 ein Biegewinkel von  $180^\circ$  gewählt.
- 35 Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Weiterkontaktierung 30 wird ein fehlertoleranter und im dynamischen Betriebs des Piezoaktors 10 ermüdungsarmer



15

elektrischer Anschluß des Stapels 17 an die Anschlußelemente  
20 sichergestellt, was unter anderem eine der zentralen  
Voraussetzungen zur Gewährleistung einer für die  
Automobilindustrie ausreichend hohen Lebensdauer des  
5 Piezoaktors 10 ist.

## Patentansprüche

1. Weiterkontaktierung für ein elektrisches Bauteil,  
insbesondere für ein piezoelektrisches Bauteil in  
5 Vielschichtbauweise, mit einem elektrisch leitenden  
Kontaktelement (31) zur Verbindung des elektrischen  
Bauteils (10) mit wenigstens einem elektrischen  
Anschlußelement (20), dadurch gekennzeichnet,  
daß das Kontaktelement (31) eine Form aufweist, mittels  
10 derer eine Spannungsumlagerung der kritischen  
Zugbelastungen erfolgt oder erfolgen kann.
2. Weiterkontaktierung nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, daß das Kontaktelement (31) als  
15 elektrisch leitende Folie ausgebildet ist.
3. Weiterkontaktierung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch  
gekennzeichnet, daß das Kontaktelement (31)  
wenigstens eine Vorverformung, insbesondere eine Umbiegung  
20 (32), aufweist.
4. Weiterkontaktierung nach Anspruch 3, dadurch  
gekennzeichnet, daß das Kontaktelement wenigstens  
eine Umbiegung (32) mit einem Winkel von  $\leq 270^\circ$ ,  
25 vorzugsweise von  $\leq 180^\circ$  aufweist.
5. Weiterkontaktierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß das Kontaktelement  
(31) einen Kontaktierbereich (33) zur Verbindung mit  
30 wenigstens einem elektrischen Anschlußelement (20) und  
einen Befestigungsbereich (34) zur Verbindung mit einem  
elektrischen Bauteil (10) aufweist, und daß das  
Kontaktelement (31) im Befestigungsbereich (34) wenigstens  
eine Vorverformung, insbesondere eine Umbiegung (32),  
35 aufweist.

6. Weiterkontaktierung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Kontaktelement (31) zumindest bereichsweise eine Strukturierung aufweist.
- 5 7. Weiterkontaktierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß diese zumindest bereichsweise aus einem Metall, insbesondere einem Metall aus der Gruppe Cu, Fe, Stahl, Nickel, Kobalt, Aluminium, Beryllium, gebildet ist.
- 10
8. Piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise, bei dem alternierend immer eine piezoelektrische Keramikschi-  
15 chicht (11) und eine Elektrodenschicht (12, 13) zur Bildung eines Stapels (17) übereinander angeordnet ist und bei dem jeweils wenigstens eine erste Elektrodenschicht (12) und wenigstens eine im Stapel (17) darauffolgende, zur ersten  
20 Elektrodenschicht benachbarte zweite Elektrodenschicht (13) zur elektrischen Kontaktierung in alternierender Polarität jeweils mit zumindest einer Weiterkontaktierung (30) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Weiterkontaktierung (30) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildet ist.
- 25
9. Piezoelektrisches Bauteil nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine erste Elektrodenschicht (12) und die wenigstens eine zweite Elektrodenschicht (13) zur elektrischen Kontaktierung in  
30 alternierender Polarität jeweils mit zumindest einer seitlich am Stapel (17) angeordneten Metallisierung (15, 16) verbunden ist, wobei jede Metallisierung (15, 16) elektrisch mit einer Weiterkontaktierung (30) verbunden ist.
- 35
10. Piezoelektrisches Bauteil nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Weiterkontaktierung (30) ein Kontaktelement (31) mit einem Kontaktierbereich (33) und einem Befestigungsbereich (34)

aufweist, daß das Kontaktelement (31) über den Kontaktierbereich (33) mit wenigstens einem elektrischen Anschlußelement (20) verbunden ist und daß das Kontaktelement (31) über den Befestigungsbereich (34) mit dem Stapel (17), insbesondere mit der wenigstens einen Metallisierung (15, 16) verbunden ist.

11. Piezoelektrisches Bauteil nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Weiterkontaktierung (30) zumindest bereichsweise von einem Passivierungsmaterial umgeben ist.

12. Piezoelektrisches Bauteil nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Stapel (17) und die Weiterkontaktierung (30) in einem einzigen Hüllkörper, vorzugsweise aus Passivierungsmaterial, angeordnet sind.

13. Piezoelektrisches Bauteil nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß dieses als piezoelektrischer Aktor oder als piezoelektrischer Wandler ausgebildet ist.

FIG 1

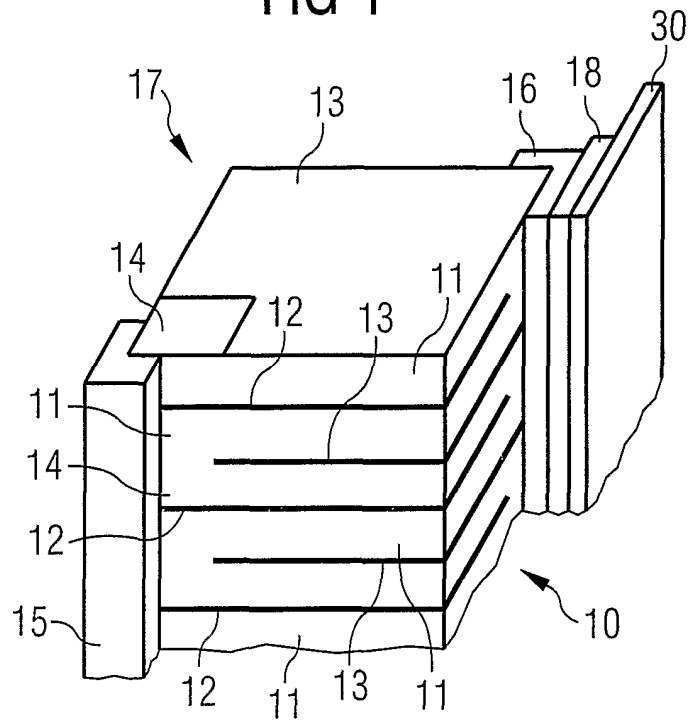


FIG 2

