



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 48 836 B3** 2005.03.24

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 48 836.7**  
(22) Anmeldetag: **21.10.2003**  
(43) Offenlegungstag: –  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **24.03.2005**

(51) Int Cl.7: **H02N 2/02**  
**H01L 41/047**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(66) Innere Priorität:  
**103 28 613.6**      **25.06.2003**

(71) Patentinhaber:  
**Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, 76228  
Karlsruhe, DE**

(74) Vertreter:  
**Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538 München**

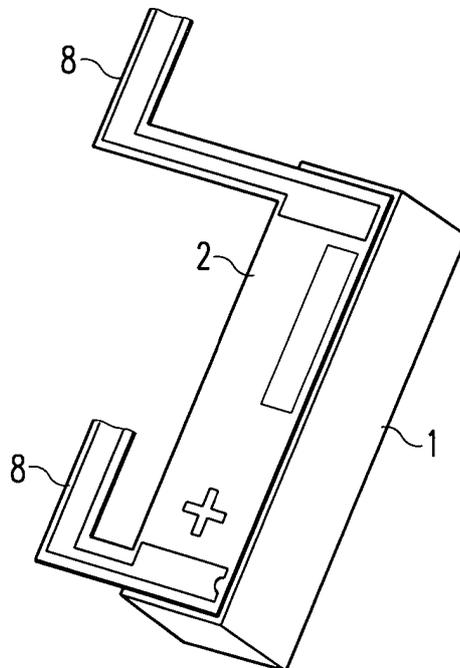
(72) Erfinder:  
**Pertsch, Patrick, 07629 Hermsdorf, DE; Krämer,  
Norbert, 07546 Gera, DE; Marth, Harry, Dr., 76337  
Waldbronn, DE**

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

**DE 102 34 787 C1**  
**DE 102 30 117 A1**  
**DE 101 26 656 A1**  
**DE 101 13 744 A1**  
**DE 100 28 319 A1**  
**DE 91 08 664 U1**  
**US 46 41 052 A**  
**EP 10 65 735 A2**

(54) Bezeichnung: **Vielschichtaktor**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Vielschichtaktor aus einem piezokeramischen oder elektrostriktiven Material, wobei der Aktor eine Stapelanordnung von Piezoplatten oder -schichten ist, welche über innere Elektroden und eine Außenkontaktierung verfügt, wobei die Außenkontaktierung mindestens eine elektrisch leitende oder leitfähige Abschnitte aufweisende Folie umfaßt, welche mit den inneren Elektroden oder speziellen Elektrodengruppen, die über eine gemeinsame Grundmetallisierung verbunden sind, elektrisch und mechanisch verbunden ist. Die Folie weist eine flächenhafte Ausdehnung auf, die einerseits im wesentlichen der Höhe des Aktorstapels entspricht und welche andererseits den Aktorstapel mindestens abschnittsweise ummantelt, wobei die Ummantelung der Außenkontur des Stapels im wesentlichen folgt und durch die sich ergebende Foliengesamtfläche einen Verdrahtungsträger bildet, der neben den leitfähigen Abschnitten Raum zur mechanischen Befestigung und elektrischen Kontaktierung von passiven und/oder aktiven elektrischen Bauelementen besitzt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Vielschichtaktor aus einem piezokeramischen oder elektrostriktiven Material, wobei der monolithisch ausgebildete Aktor eine Stapelanordnung von Piezoplaten oder -schichten ist, welche über innere Elektroden und eine Außenkontaktierung verfügt, wobei die Außenkontaktierung mindestens eine elektrisch leitende oder leitfähige Abschnitte aufweisende Folie umfaßt, gemäß Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

**[0002]** Piezokeramische Vielschichtaktoren stellen elektro-mechanische Wandler dar, bei denen der reziproke piezoelektrische Effekt ausgenutzt wird. Legt man an eine piezokeramische Platte mit Elektroden auf ihren Hauptflächen, die in Richtung der Plattendicke polarisiert ist, ein elektrisches Feld an, so ergibt sich eine Formänderung. Konkret vollzieht sich eine Ausdehnung in Richtung der Plattendicke, wenn das angelegte elektrische Feld parallel zum ursprünglichen Polungsfeld gerichtet ist. Gleichzeitig kommt es senkrecht zur Feldrichtung zu einer Kontraktion.

**[0003]** Durch Übereinanderstapeln einer Vielzahl solcher Platten im Sinne einer mechanischen Reihenschaltung sowie einer elektrischen Parallelschaltung der Platten, können so die Deformationen der einzelnen Platten addiert werden.

## Stand der Technik

**[0004]** Aus der europäischen Patentanmeldung EP 1 065 735 A2 ist ein Piezoaktor mit einer elektrisch leitenden Mehrschichtfolie sowie mit einem starren elektrischen Anschlußelement vorbekannt.

**[0005]** Über die Mehrschichtfolie erfolgt die Ansteuerung der Anordnung zum Erhalt der gewünschten Expansion und Kontraktion des Aktorkörpers. Für das Sicherstellen der elektrischen Kontaktierung jeder einzelnen Elektrodenschicht wird gemäß dem bekannten Stand der Technik eine Spannungszuführung an einen Metallisierungstreifen realisiert, wobei gemäß der EP 1 065 735 A2 eine streifenförmige, elektrisch leitfähige Mehrschichtfolie in Form einer mit Kupfer kaschierten Kunststoff-Folie vorgesehen ist. Die Mehrschichtfolie ist hierbei über eine Kante an einem Metallisierungstreifen angelötet. Die Folie soll sich über die gesamte Höhe der elektrisch aktiven Schichten des Aktorkörpers erstrecken. Eine vom Aktorkörper weg weisende Außenkante der Mehrschichtfolie ist mit dem vorerwähnten starren elektrischen Anschlußelement verbunden. Mit Hilfe der Mehrschichtfolie soll ein eventuell auftretender Riß in einem der Metallisierungstreifen elektrisch überbrückt werden, wodurch der Piezoaktor eine hohe Zyklenzahl aufweist und damit über eine hohe Lebensdauer verfügen soll. In einer Ausführungsform ist weiterhin vorgeschlagen, die Mehrschichtfolie di-

rekt an den Innenelektroden anzuordnen, beispielsweise durch das Ausführen einer Lötverbindung.

**[0006]** Zusammenfassend liegt die Grundidee der EP 1 065 735 A2 darin, die mechanischen Spannungen an einer elektrisch leitfähigen Mehrschichtfolie während des Betriebs des Piezoaktors zu minimieren, und zwar dadurch, daß in dem Bereich, in dem das starre elektrische Anschlußelement mit der Leitungsschicht verbunden ist, diese Leitungsschicht Löcher bzw. Ausnehmungen zur mechanischen Spannungsminimierung aufweist.

**[0007]** Bei derartigen Stapelaktoren hat es sich gezeigt, daß kurzschlußbedingte Ausfälle einzelner Abschnitte bei Aktoren bei bestimmten Anwendungsfällen zu einer problematischen Qualitätseinschränkung führen. Zu diesem Zweck wurde bereits vorgeschlagen, Gruppen von Schichten innerhalb eines Aktors elektrisch abzusichern. Hierfür wird in der Nähe der Außenkontaktierung eine Platte, die einen Verdrahtungsträger bildet, angebracht, wobei der Verdrahtungsträger dann die Sicherungen für den jeweiligen Treiberstromkreis umfaßt. Eine solche starre Anordnung aus einem Verdrahtungsträger mit Sicherungselementen wirkt jedoch der gewünschten Bewegung des Aktors entgegen und ist deshalb nicht unerheblichen mechanischen Belastungen ausgesetzt, was es vom Grundsatz hier zu vermeiden gilt.

**[0008]** Bezüglich des Standes der Technik zum Einsatz von Sicherungselementen bei Piezostapelaktoren sei beispielsweise auf die US-PS 4,641,052 verwiesen. Bei der dortigen Anordnung wird davon ausgegangen, Sicherungselemente vorzusehen, die mit jedem Einzelelement des Piezoaktors korrespondieren. Die Sicherungselemente unterbrechen dann die Stromzuführung, wenn bestimmte Stromwerte überschritten werden, so daß der Betrieb des Aktors in seiner Gesamtheit weitestgehend mit den gewünschten Eigenschaften erhalten bleibt.

**[0009]** In einer Ausführungsform nach der US-PS 4,641,052 werden als Sicherungselemente Dünnschichten aus einem Polysiliziummaterial verwendet. Die einzelnen Dünnschichtelemente sind auf einem isolierenden Träger entlang der Achse des Aktors angeordnet, wobei der isolierende Träger ein starres, glasartiges Material ist. Die vorbeschriebene Lösung schafft zwar Vorteile dann, wenn ein elektrischer Durchschlag im Sinne eines Kurzschlusses gegeben ist, jedoch birgt der starre Verdrahtungsträger die oben erwähnten Nachteile in sich.

**[0010]** Aus der DE 101 13 744 A1 ist eine elektrische Anschlussanordnung für einen monolithischen Vielschicht-Piezoaktor mit elektrischen Anschlussfahnen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 vorbekannt, wobei die Anschlussfahnen quer zur Höhe des den Piezoaktor bildenden Piezoe-

lementenstapels zur Bildung einzelner Finger vielfach geschlitz sind und mit den Fingern jeweils an der betreffenden Stapelseite anliegend mit den Innenelektroden des Piezoaktors verbunden werden. Mit einer derartigen Anschlussanordnung soll auch eine bei hochfrequenten Dehnungsschwingungen des Piezoaktors rißbildungsfeste Kontaktierung gewährleistet sein und gleichzeitig eine optimale Wärmeabfuhr möglich werden, wobei die Anschlussfahnen in Sachen Wärmeableitung zweckmäßigerweise aus einer Kupferfolie bestehen.

#### Aufgabenstellung

**[0011]** Aus dem Vorgenannten ist es daher Aufgabe der Erfindung, einen weiterentwickelten Vielschichtaktor mit einem stabilen Langzeitverhalten aus einem piezokeramischen oder elektrostriktiven Material anzugeben, wobei der Aktor eine Stapelanordnung von Piezoplaten oder -schichten ist, welche über innere Elektroden und eine Außenkontaktierung verfügt, wobei die Außenkontaktierung mindestens eine elektrisch leitende oder leitfähige Abschnitte aufweisende Folie umfaßt, welche mit Abschnitten der Grundmetallisierung elektrisch und mechanisch verbunden ist und weiterhin der Vielschichtaktor geeignet ist, passive und/oder aktive elektrische Bauelemente zu tragen, so daß diese insgesamt eine kompakte Baugruppe bilden, die über eine ausreichende Langzeitstabilität verfügt und auch bei kritischen Einsatzfällen mit schwerer Zugänglichkeit der jeweiligen Aktoren bezogen auf einen möglichen Austausch Anwendung finden kann.

**[0012]** Die Lösung der Aufgabe der Erfindung erfolgt mit einem Vielschichtaktor gemäß der Lehre nach Patentanspruch 1, wobei die Unteransprüche zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen umfassen.

**[0013]** Die als Verdrahtungsträger verwendete flexible Folie weist eine flächenhafte Ausdehnung auf, die einerseits im wesentlichen der Höhe des Aktorstapels entspricht und welche andererseits den Aktorstapel mindestens abschnittsweise ummantelt.

**[0014]** Diese Ummantelung folgt bevorzugt der Außenkontur des Stapels. Der von der Gesamtfolienfläche gebildete Verdrahtungsträger weist neben den leitfähigen Abschnitten Raum zur mechanischen Befestigung und elektrischen Kontaktierung von passiven und/oder aktiven elektrischen Bauelementen auf. So kann dieser Raum beispielsweise zur Aufnahme von SMD-Dünnsfilm-Sicherungen genutzt werden. Hierbei ergibt sich der Vorteil, daß, ohne die Außenabmessungen des Vielschichtaktors insgesamt wesentlich zu erhöhen, jede Elektrode oder Elektrodengruppe, respektive deren Stromzuführung einzeln absicherbar ist. Die zur Verfügung stehende Mantelfläche und damit die Folienfläche für den Verdrahtungsträger ist dabei genügend groß, um unter Beachtung der elektrischen Gegebenheiten die Dünnsfilm-Sicherungen anzuordnen, aber auch andererseits externe Anschlüsselemente, z.B. Anschlußdrähte über vorgesehene Anschlußpads zu fixieren.

**[0015]** Der erfindungsgemäße monolithische Vielschichtaktor mit folienartigem, flexiblem Verdrahtungsträger weist zur weiteren Verbesserung der Langzeitstabilität und des Einsatzverhaltens entlang der Aktorachse und im wesentlichen parallel zu den Innenelektroden im Bereich der mindestens zwei gegenüberliegenden Außenflächen, zu denen die inneren Elektroden wechselseitig herausgeführt werden, Mikrostörungen im Aktorgefüge auf, welche als quasi am vorbekannten Ort entstehende Rißquelle wirken, wobei das Rißwachstum kontrollierbar ist.

**[0016]** Bei derartigen Aktoren ist von wesentlicher Bedeutung, daß die gezielt eingebrachten Mikrostörungen im Aktorgefüge selbst noch keinen Riß im eigentlichen Sinn darstellen. Der gezielt gesteuerte Riß entsteht erst nach der Polarisation des Aktors, und zwar nur in dem Umfang, wie beim Polarisieren remanente Dehnungen gegeben sind. Die Grundmetallisierung kann so aufgebracht werden, daß Isolationsbereiche zwischen benachbarten Elektrodengruppen entstehen, wobei in diesen Bereichen die vorbeschriebenen Risse sich ausbilden. Die erwähnten Mikrostörungen verhindern örtlich begrenzt das Zusammensintern der Grünfolien mit dem Ergebnis einer dezidierten Delaminierung. Zum Erreichen dieses Delaminierens besteht die Möglichkeit, im Bereich der gewünschten Mikrostörungen beim Stapelaufbau einer Schicht Mengen eines organischen Binders aufzubringen, welcher einen Volumenanteil von bis zu 50% organischer Partikel mit einem Durchmesser  $\leq 200$  nm enthält, die beim Sinterprozeß nahezu vollständig ausbrennen. Diese Schicht kann durch Siebdruck aufgebracht werden und wird vor dem Sintern derart verdichtet, daß die in den Grünfolien eingebetteten Keramikpartikel sich nur teilweise oder nicht berühren, um gezielt ein Zusammensintern ganz oder teilweise zu unterbinden. Alternativ besteht auch die Möglichkeit, die Mikrostörungen durch eine Menge anorganischer Füllpartikel mit einem Durchmesser von  $\leq 1 \mu\text{m}$  auszubilden, wobei diese Füllpartikel nicht mit dem piezoelektrischen Werkstoff des Stapels reagieren.

**[0017]** In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Folienfläche symmetrisch zu der von den Kontaktierungsstellen für die inneren Elektroden gebildeten Achse des Aktorstapels ausgebildet.

**[0018]** Bevorzugt sind die aktiven und/oder passiven elektrischen Bauelemente auf der vom Aktorstapel wegweisenden Außenseite der Folie befestigt. Diese Befestigung kann z.B. nach der bekannten Technologie zum Fixieren oberflächen-montierbarer

Bauelemente (SMD) erfolgen.

**[0019]** Die Folie kann eine Multilayer-Anordnung darstellen, wobei Durchkontaktierungen zum Anschluß der inneren Elektroden vorgesehen sind.

**[0020]** Die gedruckte Schaltung auf der Folie kann ein Schaltungslayout aufweisen, wobei dieses Layout Angaben zum Hersteller, zur Seriennummer und/oder zur Polarität oder weiteren Angaben zur Produktverwendung aufweist.

**[0021]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Folie Laschen auf. Diese Laschen sind ebenfalls mit Leiterbahnen versehen, wobei die Laschen zwei in einem im wesentlichen rechten Winkel zueinander stehende Schenkel aufweisen, welche durch einfache Knick- oder Biegebewegungen zur elektrischen Kontaktierung weiterer, darüber und/oder darunter liegender Stapelanordnungen dienen.

**[0022]** Mindestens eine der Laschen kann eine T-Form mit Doppelschenkel aufweisen, um eine quasi drahtlose Außenkontaktierung zu ermöglichen.

**[0023]** Ergänzend besteht die Möglichkeit, daß die Folie an ihren Seitenenden Fortsätze aufweist, welche eine Aufnahme zum Zweck der Schaffung einer Positionierungshilfe beim Verguß der Gesamtanordnung besitzen. Konkret kann die Aufnahme als Ausstanzung ausgebildet sein. Mittels der Ausstanzungen kann der Stapel über ein Werkzeug gehalten werden, um das gewünschte Positionieren beim Vergießen ohne ein ansonsten übliches aufwendiges Fixieren an den Stirnseiten des Aktors zu erreichen. Die diesbezüglichen Laschen sind abtrennbar ausgebildet.

**[0024]** Wie bereits dargelegt, weist die Folie auch Anschlußpads auf. Diesen Anschlußpads unmittelbar benachbart oder in selbige integriert kann eine Knick- oder Zugentlastung, z.B. in Form einer Ausstanzung respektive eines Loches vorgesehen sein. Der Anschlußdraht wird dann durch diese Ausstanzung bzw. das Loch geführt und mit dem Anschlußpad elektrisch, z.B. durch Löten verbunden, so daß eine die Anschlußverbindung sichernde Ausführungsform erhalten wird. Diese bietet Vorteile bei der Handhabung und dem Einsatz des derart ausgebildeten Aktors.

**[0025]** Zum Zweck der Absicherung der Stromkreise für den Betrieb des Aktors besteht bei einer Ausgestaltung der Erfindung die Möglichkeit, elektrische Zuleitungsabschnitte der Folien-Leiterbahnen so auszuführen, daß diese eine reduzierte Querschnittsfläche besitzen, wobei die Abschnitte mit der reduzierten Querschnittsfläche eine integrierte Sicherung bilden. Eine solche Ausgestaltung läßt sich über bekannte Siebdruck- oder Lithografiertechniken in Ver-

bindung mit nachfolgenden Ätzschritten der Kupferkaschierung realisieren.

**[0026]** Die Folie bzw. der Verdrahtungsträger kann weiterhin zur Kontaktierung beider Gruppen der inneren Elektroden eine Flächenausdehnung besitzen, die größer oder gleich der halben Umfangsfläche der Stapelanordnung ist. Bei einer solchen Ausgestaltung ist nur ein einziges, eng anliegendes Verdrahtungselement notwendig. Hieraus ergeben sich Vorteile bei der Führung von Zuleitungen durch einen geringeren, konturenfolgenden Raumbedarf.

#### Ausführungsbeispiel

**[0027]** Die Erfindung soll nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels sowie unter Zuhilfenahme von Figuren näher erläutert werden.

**[0028]** Hierbei zeigen:

**[0029]** Fig. 1 eine Prinzipdarstellung des Verdrahtungsträgers mit L-förmigen Laschen zur elektrischen Durchverbindung mit darüber und/oder darunter liegenden Stapeln;

**[0030]** Fig. 2 eine Darstellung ähnlich derjenigen nach Fig. 1, jedoch mit einer T-förmigen elektrischen Anschlußlasche sowie Fortsätzen, die als Positionierungshilfe beim Vergießen dienen;

**[0031]** Fig. 3 eine prinzipielle Darstellung des Verdrahtungsträgers mit passiven Bauelementen in Form von Abgleichwiderständen für eine Dehnungsmeßstreifen-Halbbrückenordnung (nicht gezeigt) und

**[0032]** Fig. 4 eine U-förmig gebogene Verdrahtungsträger-Folie mit Lasche zum platzsparenden elektrischen Anschluß bzw. zur elektrischen Durchverbindung.

**[0033]** Gemäß der Fig. 1 weist der folienartige Verdrahtungsträger **2** eine sehr große Flächenausdehnung auf, die im wesentlichen der Form des Aktorstapels **1** folgt.

**[0034]** Als passive Bauelemente sind auf dem folienartigen Verdrahtungsträger **2** nicht gezeigte Sicherungselemente vorgesehen, die einen Überlastschutz bilden. Durch das enge Anliegen des folienartigen Verdrahtungsträgers **2** am Außenumfang des Aktorstapels **1** und die zur Verfügung stehende große Fläche ist genügend Bauraum zur Aufnahme der Sicherungselemente geschaffen, ohne daß die Gesamtabmessungen des einsatzfähigen Aktors sich wesentlich erhöhen.

**[0035]** Gleichfalls ist durch die Zugänglichkeit der Sicherungselemente ein möglicherweise notwendi-

ger Austausch im Reparaturfall leicht durchführbar.

**[0036]** Der Verdrahtungsträger **2** kann für z.B. die Ausführung einer Masseelektrode eine mäanderförmige Leiterbahn mit Lötunkten besitzen. Diese Lötunkte, die durchkontaktiert sind, stehen mit den (nicht gezeigten) Elektroden des Stapels in Verbindung.

**[0037]** Mit Hilfe der Prinzipdarstellungen gemäß der **Fig. 1** bis **4** sollen Ausführungsvarianten des speziellen Verdrahtungsträgers, bestehend aus einem folienartigen Material mit elektrisch leitfähigen Abschnitten, näher erläutert werden.

**[0038]** **Fig. 1** geht von dem folienartigen Verdrahtungsträger **2** aus, der sich bei diesen Darstellungen bereits entsprechend fixiert auf einem monolithischen Vielschicht-Aktorstapel **1** befindet.

**[0039]** Der folienartige Verdrahtungsträger **2** nach **Fig. 1** besitzt zwei Laschen **8**, beim gezeigten Beispiel in L-Form, wobei die Laschen in einem im wesentlichen rechten Winkel zueinander stehende Schenkel aufweisen.

**[0040]** Diese Schenkel der jeweiligen Lasche **8** können durch einfaches Knicken oder Biegen verformt werden und auf diese Weise zur Kontaktierung weiterer, darüber und/oder darunter liegender Stapelanordnungen dienen.

**[0041]** Die obere Lasche **8** dient z.B. der elektrischen Durchkontaktierung bezogen auf einen darüber liegenden Stapel, indem der innere Schenkel um  $90^\circ$  und anschließend der obere Schenkel der betreffenden Lasche **8** ebenfalls um nahezu  $90^\circ$  gebogen wird.

**[0042]** Die Kontaktierung zu einem darunter liegenden Stapel erfolgt durch zwei, im wesentlichen  $180^\circ$ -Bewegungen erfordern Verbiegungen der Schenkel der unteren Lasche **8**.

**[0043]** Bei der Ausführungsform des folienartigen Verdrahtungsträgers **2** nach **Fig. 2** ist eine T-förmige Lasche **8** vorhanden, die einer elektrischen Außenkontaktierung dient, und zwar ohne daß eine separate Anschlußdrahtführung notwendig wird.

**[0044]** Ergänzend weist hier die Folie an ihren Seitenenden Fortsätze **9** auf, welche eine Aufnahme als Positionierungshilfe beim Verguß der Gesamtanordnung besitzen. Diese Aufnahme ist als lochförmige Ausstanzung **10** ausgeführt. Diese Ausstanzung bzw. Löcher **10** können zur Positionierung in der Vergußform genutzt werden, was einen erheblichen Vorteil gegenüber der Ausrichtung über die Stapelkanten darstellt. Nach dem Verguß können überstehende Abschnitte leicht abgetrennt werden. Die gezeigte

mögliche Außenkontaktierung durch die T-förmige Lasche gemäß **Fig. 2** ist verguß-technisch im Vergleich zu einer Drahtkontaktierung wesentlich günstiger.

**[0045]** Das Anbringen von aktiven Bauelementen z.B. in Form von SMD-Abgleichwiderständen für eine DMS-Halbbrücke sei anhand der **Fig. 3** dargestellt.

**[0046]** Die SMD-Abgleichwiderstände **11** werden elektrisch und mechanisch durch Löten auf entsprechenden Kontaktflächen, die sich auf dem folienartigen Verdrahtungsträger **2** befinden, gehalten.

**[0047]** Weiterhin sind bei der **Fig. 3** Löt pads **12** gezeigt, die dem Anschluß von Dehnmeßstreifen dienen. Eine ähnliche Kontaktierung zu den Dehnmeßstreifen ist im oberen Bereich des folienartigen Verdrahtungsträgers **2** durch dortige Abschnitte vorgesehen. Zur Knick- oder Zugentlastung der DMS-Anschlußdrähte dienen wiederum Ausstanzungen **10**. Durch diese Ausstanzungen **10** wird ein Ende des nicht gezeigten Anschlußdrahts geführt, dessen elektrisch abisolierter Bereich mit dem jeweiligen Löt pad **12** verbunden wird.

**[0048]** Die **Fig. 4** stellt eine U-förmig gebogene Ausführungsform des folienartigen Verdrahtungsträgers **2** dar und umfaßt wiederum Löt pads **12** für Anschlußdrähte.

**[0049]** Der gezeigte folienartige Verdrahtungsträger **2** besitzt eine gestreckte Lasche **13**, die entweder für den externen Anschluß oder für eine Durchverbindung geeignet ist. Bei einem Drahtanschluß über die dortigen Anschluß pads **12** kann die gestreckte Lasche **13** entfernt werden.

**[0050]** Der Vorteil bei dieser Ausführungsvariante des Verdrahtungsträgers **2** liegt darin, daß die dortige gestreckte Lasche **13** entweder als platzsparende Zuleitung, zur Durchverbindung mehrerer Stapel oder zum Knickschutz im Falle bei der Ausführung mit Drahtanschluß verwendet werden kann.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Aktorstapel
<b>2</b>	folienartiger Verdrahtungsträger
<b>8</b>	Lasche
<b>9</b>	Fortsatz
<b>10</b>	Ausstanzung
<b>11</b>	SMD-Abgleichwiderstand
<b>12</b>	Löt pad
<b>13</b>	gestreckte Lasche

#### Patentansprüche

1. Vielschichtaktor aus einem piezokeramischen oder elektrostriktiven Material, wobei der monoli-

thisch ausgeführte Aktor eine Stapelanordnung von Piezoplaten oder -schichten ist, welche über innere Elektroden und eine Außenkontaktierung verfügt, wobei die Außenkontaktierung mindestens eine elektrisch leitende oder leitfähige Abschnitte aufweisende Folie umfaßt, welche mittelbar oder unmittelbar in elektrischer und mechanischer Verbindung mit den inneren Elektroden steht, wobei die Folie eine flächenhafte Ausdehnung aufweist, die einerseits im wesentlichen der Höhe des Aktorstapels entspricht und welche andererseits den Aktorstapel mindestens abschnittsweise ummantelt, wobei die Ummantelung der Außenkontur des Stapels im wesentlichen folgt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die sich ergebende Foliengesamtfläche einen Verdrahtungsträger bildet, der neben den leitfähigen Abschnitten Raum zur mechanischen Befestigung und elektrischen Kontaktierung von passiven und/oder aktiven elektrischen Bauelementen aufweist, wobei entlang der Stapellängsachse des Aktors im wesentlichen parallel zu den Innenelektroden, von diesen beabstandet, im Bereich der gegenüberliegenden Außenflächen, zu denen die Innenelektroden herausgeführt sind, gezielt Mikrostörungen im Aktorgefüge eingebaut sind, welche frühestens beim Polarisieren des Aktors einem vorgegebenen, begrenzten, spannungsabbauenden Wachstum in das Innere des Aktors unterliegen.

2. Vielschichtaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die passiven elektrischen Bauelemente Sicherungen für Gruppen oder für jede Einzelschicht des Aktors sind, wobei die Sicherungen als bevorzugte Dünnschichtelemente in SMD-Technik auf der Folie angeordnet werden.

3. Vielschichtaktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die aktiven und/oder passiven Bauelemente bevorzugt auf der vom Aktorstapel weg weisenden Außenseite der Folie befestigt sind.

4. Vielschichtaktor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Folie eine Multilayer-Anordnung ist, wobei Lötunkte mit Durchkontaktierungen in der Folie zum Anschluß der inneren Elektroden vorgesehen sind.

5. Vielschichtaktor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Folie eine gedruckte Schaltung aufweist, wobei das Schaltungslayout Angaben zum Hersteller, zur Seriennummer, zur Polarität und/oder dergleichen umfaßt.

6. Vielschichtaktor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Folie Laschen umfaßt, die mit Leiterbahnen versehen sind, wobei die Laschen zwei in einem im wesentli-

chen rechten Winkel zueinander stehende Schenkel aufweisen, welche durch Knick- oder Biegeverformungen zur elektrischen Kontaktierung weiterer, darüber und/oder darunter liegender Stapelanordnungen dienen.

7. Vielschichtaktor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Lasche eine T-Form mit Doppelschenkel aufweist.

8. Vielschichtaktor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Folie an ihren Seitenenden Fortsätze umfaßt, welche eine Aufnahme als Positionierungshilfe beim Verguß der Gesamtanordnung besitzen.

9. Vielschichtaktor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahme als Ausstanzung ausgebildet ist.

10. Vielschichtaktor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Folie Anschlußpads aufweist.

11. Vielschichtaktor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß den Anschlußpads unmittelbar benachbart oder in diese integriert eine Knick- und Zugentlastung vorgesehen ist.

12. Vielschichtaktor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Entlastung als lochförmige Ausnehmung ausgebildet ist, um ein Ende eines zu arretierenden Anschlußdrahts aufzunehmen, welcher elektrisch mit dem jeweiligen Anschlußpad verbunden ist.

13. Vielschichtaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß entlang der von den Kontaktierungsstellen für die inneren Elektroden gebildeten Achse des Aktorstapels die Folienfläche symmetrisch ausgebildet ist.

14. Vielschichtaktor nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 3 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß elektrische Zuleitungsabschnitte der Folien-Leiterbahnen eine reduzierte Querschnittsfläche besitzen, um integrierte Sicherungselemente zu bilden.

15. Vielschichtaktor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Folie zur Kontaktierung beider Gruppen der inneren Elektroden eine Flächenausdehnung aufweist, die größer oder gleich der halben Umfangsfläche der Stapelanordnung ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

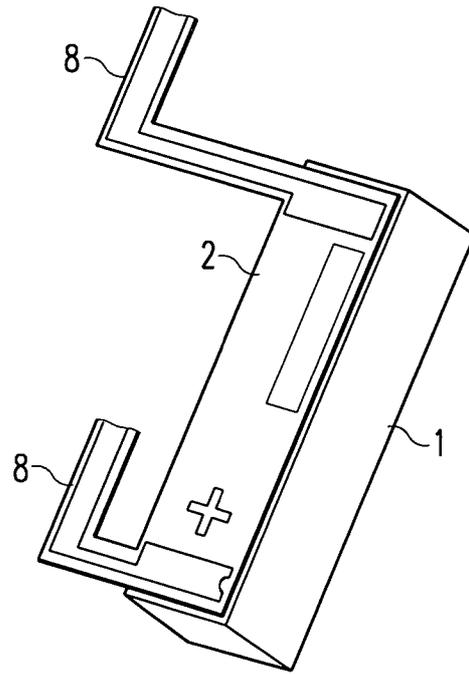


Fig. 1

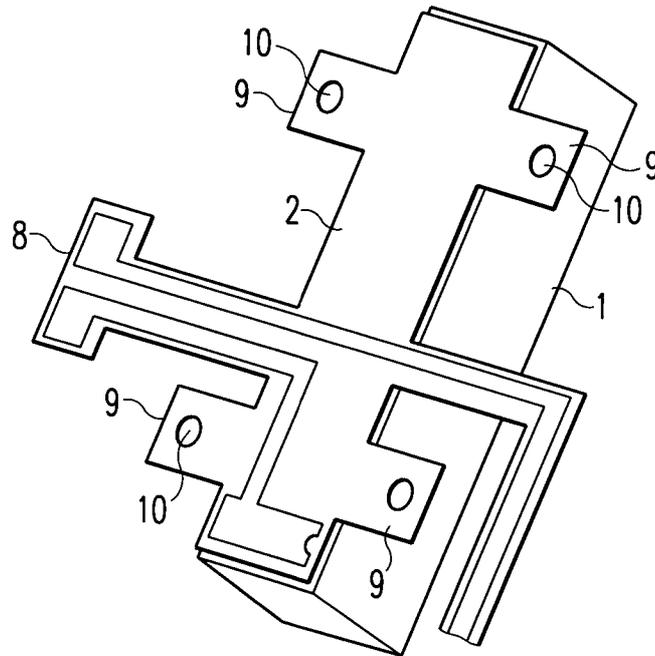


Fig. 2

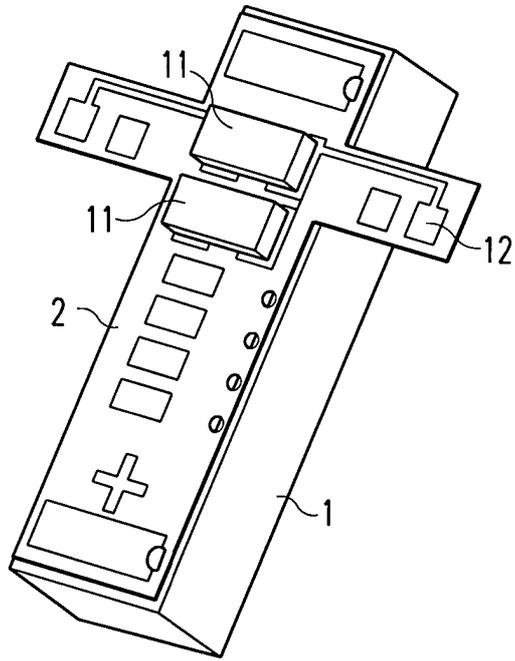


Fig. 3

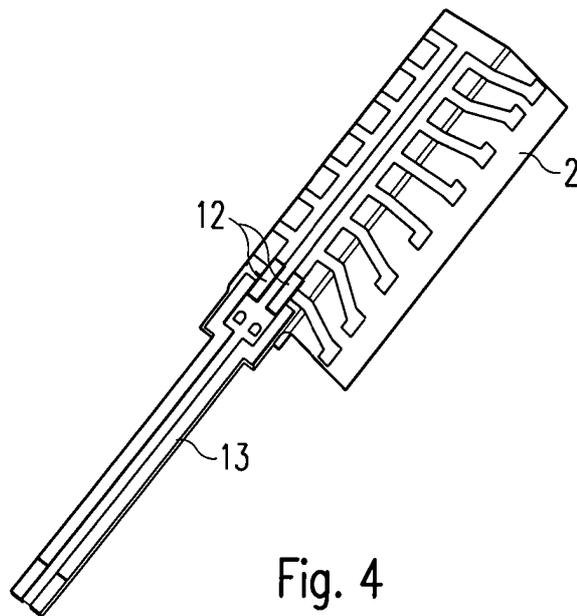


Fig. 4