

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50656/2017
(22) Anmeldetag: 07.08.2017
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2019

(51) Int. Cl.: **G01L 1/16** (2006.01)
H01L 41/113 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:

JP 2008196874 A
US 4701660 A
US 2016320899 A1
DE 10023556 A1
DE 102012005555 B3

(73) Patentinhaber:
PIEZOCRYST ADVANCED SENSORICS
GMBH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Schricker Alexander Dr.
8046 Graz (AT)
Neubauer Christian Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)
Mayer Andreas Dipl.Ing.
8501 Lieboch (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) **PIEZOELEKTRISCHE VORRICHTUNG MIT ZUMINDEST EINEM PIEZOELEKTRISCHEN ELEMENT**

(57) Die Erfindung betrifft eine piezoelektrische Vorrichtung mit zumindest einem piezoelektrischen Element (2), welches eine zu einem Krafteinleitelement (3) ausgerichtete Auflageebene (4) aufweist, wobei bei einer thermischen Belastung der piezoelektrischen Vorrichtung in der Auflageebene (4) Ausdehnungsunterschiede zwischen dem piezoelektrischen Element (2) und dem Krafteinleitelement (3) auftreten. Erfindungsgemäß ist zur Kompensation von Scherbelastungen zwischen dem piezoelektrischen Element (2) und dem Krafteinleitelement (3) mindestens ein Übergangselement (5) angeordnet, dessen E-Modul kleiner ist als das E-Modul des piezoelektrischen Elements (2) in dessen Auflageebene (4).

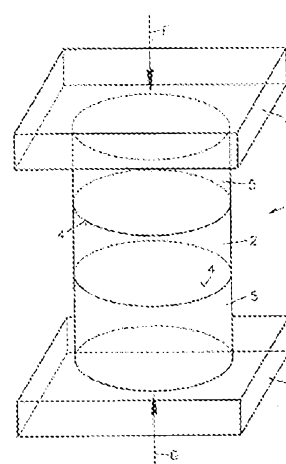


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine piezoelektrische Vorrichtung mit zumindest einem piezoelektrischen Element, welches eine zu einem Krafteinleitelement ausgerichtete Auflageebene aufweist, wobei bei einer thermischen Belastung der piezoelektrischen Vorrichtung in der Auflageebene Ausdehnungsunterschiede zwischen dem piezoelektrischen Element und dem Krafteinleitelement auftreten.

[0002] Bei Kraftmesselementen, Drucksensoren, Beschleunigungs- und Scherkraftsensoren die piezoelektrische Kristallelemente aufweisen, tritt eine Eigenschaft dieser Materialien negativ zutage, nämlich Ausdehnungsunterschiede zu angrenzenden Materialien bei thermischer Belastung, sowie die Anisotropie einiger Stoffwerte, wie Wärmedehnung oder Querdehnung unter mechanischer Spannung.

[0003] An das eigentliche piezoelektrische Messelement schließt praktisch immer ein Gehäuse, ein Auflager, ein Druckstempel bzw. ein krafteinleitendes Element an, wobei bei diesen Bauteilen ein Wärmedehnverhalten oder Anisotropien in vergleichbarer Größe, wie bei vielen der in Frage kommenden Piezokristallen kaum zu finden sind. Insbesondere im Übergangsbereich vom anisotropen Kristallelement zum isotropen Auflager treten daher schädliche Scherkräfte und Scherspannungen auf. Einerseits kann dadurch das Kristallelement beim Aufheizen aufgrund der größeren Dehnung des Auflagermaterials zerreißen, andererseits erfolgt ein Rutschen des Kristallelements über die Auflage entlang der Kristallrichtung mit größeren Dehnung und ein anschließendes Zerreißen des Kristallelements beim Abkühlen.

[0004] Bei der Erwärmung oder Abkühlung unter Druckbelastung bzw. Vorspannung kommt es zum reibungsbehafteten Gleiten der Bauteile aufeinander oder zu starken Verspannungen sowohl des Auflagers als auch des Messelementes, da isotropes und anisotropes Material bestenfalls in einer Richtung dehnungsangepasst sein können. Meist wurde bisher das Material eines Druckstückes oder Auflagers so gewählt, dass sein Wärmedehnungskoeffizient ebenso wie sein Querdehnungskoeffizient zwischen den jeweiligen Extremwerten des Kristallelements - gemessen in der Ebene der Kontaktfläche - liegt, sodass auf diese Weise eine gewisse Beschränkung der Verspannungen bzw. der Gleitvorgänge erreicht werden konnte.

[0005] Die durch die Anisotropie und das unterschiedliche Wärmedehnverhalten hervorgerufenen Spannungen können zur Zerstörung des Auflagers oder des piezoelektrischen Kristallelements führen, letzteres vor allem bei scheibenförmigen Messelementen, angeordnet in Stapeln mit mehreren Messelementen, wie sie bei der Nutzung des sogenannten longitudinalen Piezoeffektes (Ladungsabnahme erfolgt in der Druckfläche) verwendet werden. Die über die Auflage- bzw. Kontaktflächen anliegenden Reibungskräfte wirken hier auf einen normal zu diesen Kräften verhältnismäßig geringen Querschnitt der Kristallelemente, was zum Bruch der Messelemente bei thermischer Wechselbelastung führen kann.

[0006] Weiters wird durch Verspannungen des Kristalls auch dessen Ladungsabgabe, d. h. das Messsignal beeinflusst. Beispielsweise kann es in Teilen der Druckfläche zwischen Kristallelement und Auflager zu reibungsbehaftetem Gleiten und damit zu Hystereseerscheinungen im Messsignal kommen, die natürlich vermieden werden müssen.

[0007] Im Zusammenhang mit dieser Problematik wird in der DE 196 51 227 A1 vorgeschlagen, das piezoelektrische Messelement oder die dem piezoelektrischen Messelement zugekehrten Endbereiche beider Auflager in mehrere stab-, rollen oder stegförmige Elemente zu unterteilen, wobei die beiden Auflager und das piezoelektrische Messelement in Längsrichtung der stab-, rollen- oder stegförmigen Elemente normal auf die Richtung der Krafteinleitung im Wesentlichen dieselbe Wärmedehnung oder Querdehnung aufweisen. Beseitigt bzw. minimiert werden die genannten Probleme somit durch eine "anisotrope Bauform" des Messelementes bzw. des Auflagers.

[0008] Beispielsweise weisen die dem piezoelektrischen Messelement zugekehrten Endbereiche beider Auflager aus einem isotropen Material stegförmige Elemente oder Rollen auf, deren

Wärme- und Querdehnung in Längsrichtung an jene des piezoelektrischen Messelementes angepasst ist. Die Fertigung derartiger Endbereiche ist allerdings aufwändig und die Anpassung der Wärme- und Querdehnung in Längsrichtung für viele Materialkombinationen nicht möglich.

[0009] Ein anderer Lösungsansatz wird in der DE 102 17 164 B4 beschrieben. Zur besseren Anpassung der thermischen Ausdehnung im Bereich der Kontaktflächen ist hier zu beiden Seiten des piezoelektrischen Elementes (z.B. aus GaPO_4) in Zwischenlage zum jeweiligen Auflageelement ein Anpassungselement angeordnet.

[0010] Jedes der Anpassungselemente (z.B. ebenfalls aus GaPO_4) weist zumindest in der Ebene seiner beiden Kontaktflächen eine anisotrope thermische Ausdehnung auf, welche in der Richtung der maximalen Ausdehnungsunterschiede (beispielsweise in Richtung der z-Achse des piezoelektrischen Elementes) zwischen jener des piezoelektrischen Elementes und des isotropen Auflageelementes liegt.

[0011] Der Ausgleich der unterschiedlichen thermischen Ausdehnung wird beispielsweise mit Hilfe von Anpassungselementen erreicht, deren optische z-Achse in Bezug auf die Kontaktflächen um einen bestimmten Winkel gekippt bzw. um die y-Achse gedreht ist. Die thermische Ausdehnung in Richtung der Projektion (Projektion der z-Achse auf die Kontaktfläche) liegt zwischen jener des piezoelektrischen Elementes in Richtung z-Achse und jener der isotropen Auflage. Weiters ist die Projektion der optischen z-Achse des Anpassungselementes parallel oder antiparallel zur optischen z-Achse des piezoelektrischen Elementes ausgerichtet.

[0012] Dieser Lösungsansatz ist jedoch aufwändig und lässt sich nicht immer erfolgreich umsetzen, zumal bisher die Meinung vorherrschte, dass das Auflager möglichst hart ausgeführt sein muss. Typische Materialien für das Auflager waren bisher Nickel-Basiswerkstoffe oder isolierende Keramiken (z.B. Al_2O_3) oder Saphir.

[0013] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die eingangs beschriebenen piezoelektrischen Vorrichtungen derart zu verbessern, dass Scherspannungen und Scherkräfte in den Bereichen zwischen den krafteinleitenden Elementen und dem piezoelektrischen Messelement mit möglichst einfachen Maßnahmen minimiert bzw. weitgehend vermieden werden. Weiters soll die Qualität des Messsignals verbessert werden, wobei insbesondere spontan auftretende Fehlsignale, hervorgerufen durch reibungsbehaftetes Gleiten und Rutschen der piezoelektrischen Elemente an deren Auflagen, vermieden werden soll.

[0014] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass zwischen dem piezoelektrischen Element und dem Krafteinleitelement mindestens ein Übergangselement angeordnet ist, dessen E-Modul kleiner ist als der E-Modul des piezoelektrischen Elements in dessen Auflageebene. Dadurch "dehnt" oder "staucht" das piezoelektrische Element das Übergangselement. Es reduzieren sich daher im piezoelektrischen Element die Spannungswerte, die das piezoelektrische Element schädigen oder zerreißen könnten.

[0015] Erfindungsgemäß ist bei einer piezoelektrischen Vorrichtung, bei welcher das zumindest eine piezoelektrische Element eine anisotrope thermische Ausdehnung und einen durch einen Elastizitätstensor E^K beschreibbaren, anisotropen E-Modul aufweist, der E-Modul des Übergangselements kleiner ist als die der Auflageebene zugeordneten Komponenten c_{22} und c_{33} des Elastizitätstensors E^K .

[0016] Falls auch das Übergangsmaterial, beispielsweise ein Sinterkörper, einen anisotropen E-Modul aufweist, der durch einen Elastizitätstensor $E^{\ddot{U}}$ beschreibbar ist, mit

$$E^K = \begin{bmatrix} c_{11} & & \\ & c_{22} & \\ & & c_{33} \end{bmatrix} \quad E^{\ddot{U}} = \begin{bmatrix} c_{11} & & \\ & c_{22} & \\ & & c_{33} \end{bmatrix}$$

so gilt $c_{22}(E^K) > c_{22}(E^{\ddot{U}})$ und $c_{33}(E^K) > c_{33}(E^{\ddot{U}})$. Die Komponente c_{11} des Elastizitätstensors betrifft eine Richtung (x-Richtung) normal auf die Auflageebene (y-z-Ebene) und hat keinen Einfluss auf die Ausdehnungsunterschiede in der Auflageebene.

[0017] Zur möglichst verlustfreien Übertragung der Druckkräfte in das piezoelektrische Element weist das Übergangselement in Richtung einer auf das piezoelektrische Element einwirkenden Kraft eine Druckfestigkeit von zumindest 30%, vorzugsweise von über 90%, der Druckfestigkeit des piezoelektrischen Elements auf.

[0018] Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass die geforderten Materialeigenschaften für das Übergangselement (kleiner E-Modul bei gleichzeitig hoher Druckfestigkeit) von einem Sintermaterial erfüllt werden, das großteils (ca. 50% bis 70%) aus gesintertem, hexagonalem Bornitrid besteht (Bezugsquelle: z.B.: HENZE Boron Nitride Products, siehe: www.henze-bnp.de).

[0019] Das Übergangselement aus Bornitrid kann in der piezoelektrischen Vorrichtung mit seinem spezifischen elektrischen Widerstand $> 10^{12}$ Ohm cm gleichzeitig als elektrisches Isolierelement eingesetzt werden.

[0020] Beispielsweise gilt für GaPO_4 und einen BN Sinterwerkstoff für den anisotropen E-Modul [GPa]

$$E^{\text{GaPO}_4} = \begin{bmatrix} 67 & & \\ & 67 & \\ & & 102 \end{bmatrix} \quad E^{\text{BN}} = \begin{bmatrix} 45 & & \\ & 45 & \\ & & 30 \end{bmatrix}$$

[0021] Der E-Modul eines Übergangselementes aus gesintertem hexagonalem Bornitrid, Siliciumcarbid und Zirkonium(IV)oxid liegt zwischen 30 und 45 GPa bei einer Druckfestigkeit von über 100 MPa. Der E-Modul von GaPO_4 liegt in der Auflageebene bei viel größeren Werten, nämlich in der y-Achse bei 67 GPa und in der z-Achse bei über 100 GPa, sodass der GaPO_4 -Kristall das Übergangselement stauchen oder dehnen kann, ohne zu brechen. Die Einsatztemperatur des Sintermaterials reicht bis 900°C in oxidierenden Atmosphären und bis 1800°C in inerten Atmosphären. Es ist daher für piezoelektrischen Vorrichtungen (z.B. für Drucksensoren) im Hochtemperaturbereich über 600°C, sowie in speziellen Anwendungen bis über 800°C, bestens geeignet.

[0022] Das Übergangselement besteht großteils (ca. 50% bis 70%) aus gesintertem, hexagonalem Bornitrid (hBN) und kann Anteile an Siliciumcarbid (SiC), Zirkonium(IV)oxid (ZrO_2) und/oder Siliciumoxid (SiO_2) enthalten. Weiters kann als Bindemittel Boroxid enthalten sein, sowie Spuren von Silicium und Borsäure.

[0023] Beispielhafte Angaben zu geeigneten Materialien für das Übergangselement:

[0024] 1) Sinterkörper aus ca. 70% hBN, ca. 20% ZrO_2 , ca. 10% SiC samt Spuren von Si und Borsäure.

[0025] 2) Sinterkörper aus ca. 50% hBN, ca. 43% ZrO_2 , ca. 7% SiC samt Spuren von Si und Borsäure.

[0026] 3) Sinterkörper aus ca. 60% hBN, ca. 40% SiO_2 samt Spuren von Borsäure.

[0027] Es ist auch möglich ein Übergangselement mit einem anisotropen E-Modul (beispielsweise hexagonales Bornitrid mit anisotropem E-Modul), derart zu orientieren, dass die anisotrope thermische Ausdehnung des piezoelektrischen Elementes in dessen Auflageebene optimal kompensiert wird.

[0028] Das piezoelektrische Element kann beispielsweise aus GaPO_4 , Langasit, Langat oder Turmalin bestehen oder aus einer Piezokeramik, beispielsweise aus Bismuth titanat.

[0029] Die Erfindung wird im Folgenden an Hand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0030] Fig. 1 eine erfindungsgemäße piezoelektrische Vorrichtung in einer schematischen, dreidimensionalen Darstellung;

[0031] Fig. 2 eine erste Ausführungsvariante der Erfindung anhand eines Drucksensors (longitudinaler Piezoeffekt) in einer teilweisen Schnittdarstellung;

[0032] Fig. 3 eine zweite Ausführungsvariante der Erfindung anhand eines Kraft- oder Beschleunigungssensor in einer seitlichen Ansicht; sowie

[0033] Fig. 4 eine dritte Ausführungsvariante der Erfindung anhand eines Drucksensors (transversaler Piezoeffekt) in einer teilweisen Schnittdarstellung.

[0034] Funktionsgleiche Teile sind in den Ausführungsvarianten mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0035] Die in Fig. 1 schematisch dargestellte piezoelektrische Vorrichtung 1 weist zumindest ein piezoelektrisches Element 2, beispielsweise ein Kristallelement aus GaPO_4 , auf, welches in seinen parallelen, zu den beiden Krafteinleitelementen 3 ausgerichteten Auflageebenen 4 eine anisotrope thermische Ausdehnung aufweist, derart, dass bei einer thermischen Belastung der piezoelektrischen Vorrichtung 1 in den Auflageebenen 4 Ausdehnungsunterschiede zwischen dem piezoelektrischen Element 2 und den Krafteinleitelementen 3 auftreten. Zur Minimierung bzw. Kompensation von Scherkräften und Scherspannungen, die beim Erhitzen oder Abkühlen der Vorrichtung 1 auftreten, ist zwischen dem piezoelektrischen Element 2 und den Krafteinleitelementen 3 jeweils ein Übergangselement 5 angeordnet, dessen E-Modul kleiner ist als der E-Modul des piezoelektrischen Elements 2 in dessen Auflageebene 4. Scherspannungen im piezoelektrischen Element 2 werden somit durch Dehnung oder Stauchung des Übergangselements 5 abgebaut und erreichen keine Werte, die zu einer Beschädigung des piezoelektrischen Elements 2 führen können. Mit F wird die auf das obere Krafteinleitelement 3 wirkende Kraft und mit G die vom unteren Krafteinleitelement 3 (beispielsweise ein Auflager oder Gehäuseteil) resultierende Gegenkraft bezeichnet.

[0036] Die in Fig. 2 dargestellte Ausführungsvariante der Erfindung zeigt einen Drucksensor 10 mit einer Sensormembran 11, wobei das untere Krafteinleitelement 3 als Auflager 12 des Sensors 10 ausgeführt ist. Das obere Krafteinleitelement 3 ist als von der Sensormembran 11 beaufschlagtes Druckstück 14 ausgebildet, wobei zwischen dem Auflager 12 und dem unteren piezoelektrischen Element 2 eines Stapels von z.B. vier Piezoelementen 2 ein erstes, scheibenförmiges Übergangselement 5 und zwischen dem oberen, membranseitigen piezoelektrischen Element 2 und dem Druckstück 14 ein zweites, scheibenförmiges Übergangselement 5 angeordnet ist, sodass die in den kritischen Auflageebenen 4 der randseitigen Piezoelemente 2 auftretenden Scherspannungen und Scherkräfte wirksam kompensiert werden können. Der zentrale Bereich der Membran 11 kann auch direkt am membranseitigen Übergangselement 5 anliegen.

[0037] Der Durchmesser des Übergangselements entspricht im Wesentlichen dem Durchmesser der piezoelektrischen Elemente, die in der Variante gemäß Fig. 2 unter Nutzung des longitudinalen Piezoeffektes in einem Stapel angeordnet sind.

[0038] Die Dicke des Übergangselements 5 kann je nach Anwendungsfall zwischen 20% und 500%, vorzugsweise zwischen 50% und 300%, der Dicke des piezoelektrischen Elements 2 betragen. Eine dünne Beschichtung der piezoelektrischen Elemente 2, beispielsweise aus Bornitrid, ist jedenfalls nicht geeignet, die eingangs beschriebenen Scherkräfte zu kompensieren.

[0039] Das Gehäuse des Drucksensors 10 ist mit dem Randbereich der Sensormembran 11 verschweißt und an einem Zentrierflansch 15 des Auflagers 14 befestigt.

[0040] Die Übergangselemente 5 dienen gleichzeitig als elektrische Isolierelemente.

[0041] Gleichnamige Ladungen an den piezoelektrischen Elementen werden über dünne, duktile Elektrodenbleche 16 aus einem Folienmaterial gesammelt und mittels Signalleitungen 17 abgeleitet.

[0042] Die in Fig. 3 dargestellte Ausführungsvariante der Erfindung zeigt einen Kraft- oder Beschleunigungssensor 20 wobei das untere Krafteinleitelement 3 als Auflager 12 des Sensors 20 ausgeführt ist. Das obere Krafteinleitelement 3 ist als seismische Masse 21 ausgebildet, wobei zwischen dem Auflager 12 und dem unteren piezoelektrischen Element 2 eines Stapels

von z.B. vier Piezoelementen 2 ein erstes Übergangselement 5 und zwischen dem oberen piezoelektrischen Element 2 und der seismischen Masse 21 ein zweites Übergangselement 5 angeordnet ist, sodass auch hier die in den kritischen Auflageebenen 4 der randseitigen Piezoelemente 2 auftretenden Scherspannungen und Scherkräfte wirksam kompensiert werden können. Die beiden Übergangselemente 5 und die dazwischen angeordneten piezoelektrischen Elemente 2 sind ringförmig ausgebildet, um ein am Auflager 12 und an der seismischen Masse 21 angreifendes Vorspannelement (nicht dargestellt) aufzunehmen.

[0043] Die in Fig. 4 dargestellte Ausführungsvariante eines Drucksensors 30 entspricht im Wesentlichen der Variante gemäß Fig. 2, wobei hier die piezoelektrischen Elemente 2 quaderförmig ausgebildet und unter Nutzung des transversalen Piezoeffektes stehend angeordnet sind. Das Sensorgehäuse sowie die Sensormembran wurden zur besseren Übersicht weggelassen. Die Dicke des Übergangselements 5 beträgt zwischen 5% und 200%, vorzugsweise zwischen 10% und 50%, der Höhe des piezoelektrischen Elements 2.

[0044] Die elektrische Kontaktierung erfolgt über dünne, duktile Elektrodenbleche 16 aus einem Folienmaterial, die der Scherbewegung zwischen den piezoelektrischen Elementen 2 und dem Übergangselement 5 keinen Widerstand entgegen setzen.

Patentansprüche

1. Piezoelektrische Vorrichtung mit zumindest einem piezoelektrischen Element (2), welches eine zu einem Krafteinleitelement (3) ausgerichtete Auflageebene (4) aufweist, wobei bei einer thermischen Belastung der piezoelektrischen Vorrichtung in der Auflageebene (4) Ausdehnungsunterschiede zwischen dem piezoelektrischen Element (2) und dem Krafteinleitelement (3) auftreten, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem piezoelektrischen Element (2) und dem Krafteinleitelement (3) mindestens ein Übergangselement (5) angeordnet ist, dessen E-Modul kleiner ist als der E-Modul des piezoelektrischen Elements (2) in dessen Auflageebene (4).
2. Piezoelektrische Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zumindest eine piezoelektrische Element (2) eine anisotrope thermische Ausdehnung und einen durch einen Elastizitätstensor beschreibbaren anisotropen E-Modul aufweist, wobei der E-Modul des Übergangselements (5) kleiner ist als die der Auflageebene (4) zugeordneten Komponenten des Elastizitätstensors.
3. Piezoelektrische Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Übergangselement (5) in Richtung einer auf das piezoelektrische Element (2) einwirkenden Kraft eine Druckfestigkeit von zumindest 30%, vorzugsweise von über 90%, der Druckfestigkeit des piezoelektrischen Elements (2) aufweist.
4. Piezoelektrische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Übergangselement (5) großteils, aus gesintertem, hexagonalem Bornitrid besteht.
5. Piezoelektrische Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Übergangselement (5) Anteile an Siliciumcarbid (SiC), Zirconium(IV)oxid (ZrO₂) und/oder Siliciumoxid (SiO₂) enthält.
6. Piezoelektrische Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Übergangselement (5) als Bindemittel Boroxid enthält.
7. Piezoelektrische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Übergangselement (5) ein anisotropes E-Modul aufweist, und dahingehend orientiert ist, dass die anisotrope thermische Ausdehnung des piezoelektrischen Elementes (2) in dessen Auflageebene (4) optimal kompensiert ist.
8. Piezoelektrische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass piezoelektrischen Element (2) aus GaPO₄, Langasit, Langatit oder Turmalin besteht.
9. Piezoelektrische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass piezoelektrischen Element (2) aus einer Piezokeramik, beispielsweise aus Bismutthitanat besteht.
10. Piezoelektrische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dicke des Übergangselements (5) in einer Messanordnung zur Nutzung des longitudinalen Piezoeffektes zwischen 20% und 500%, vorzugsweise zwischen 50% und 300%, der Dicke des piezoelektrischen Elements (2) beträgt.
11. Piezoelektrische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dicke des Übergangselements (5) in einer Messanordnung zur Nutzung des transversalen Piezoeffektes zwischen 5% und 200%, vorzugsweise zwischen 10% und 50%, der Höhe des piezoelektrischen Elements (2) beträgt.
12. Piezoelektrische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Realisierung eines Drucksensors (10) mit einer Sensormembran (11) ein Krafteinleitelement (3) als Auflager (12) des Drucksensors und ein Krafteinleitelement (3) als von der Sensormembran (11) beaufschlagtes Druckstück (14) ausgebildet ist, wobei zwischen dem Auflager (12) und dem piezoelektrischen Element (2) ein erstes Über-

gangselement (5) und zwischen dem piezoelektrischen Element (2) und dem Druckstück (14) ein zweites Übergangselement (5) angeordnet ist.

13. Piezoelektrische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Realisierung eines Kraft- oder Beschleunigungssensors (20) ein Krafteinleitelement (3) als Auflager (12) des Kraft- oder Beschleunigungssensors und ein Krafteinleitelement (3) als seismische Masse (21) ausgebildet ist, wobei zwischen dem Auflager (12) und dem piezoelektrischen Element (2) ein erstes Übergangselement (5) und zwischen dem piezoelektrischen Element (2) und der seismischen Masse (21) ein zweites Übergangselement (5) angeordnet ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

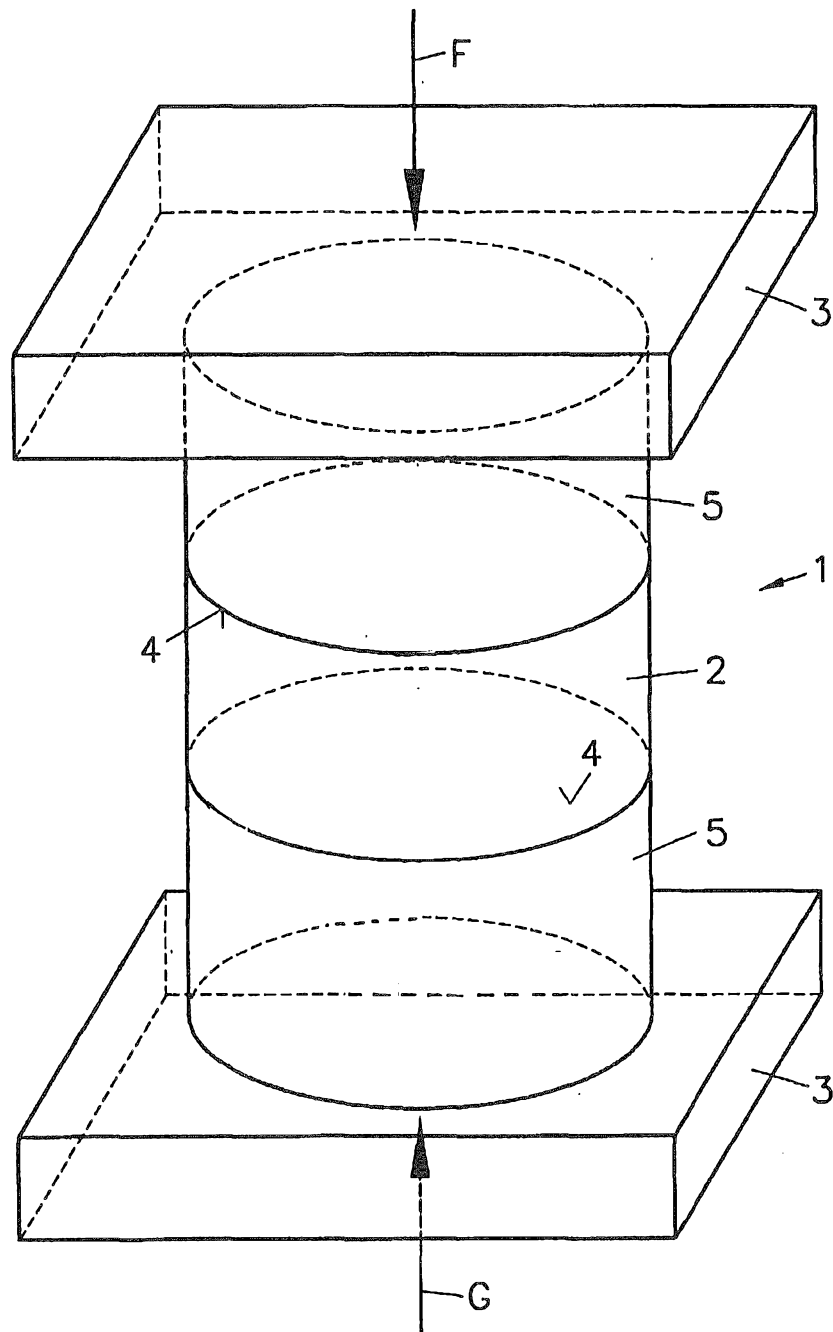


Fig. 1

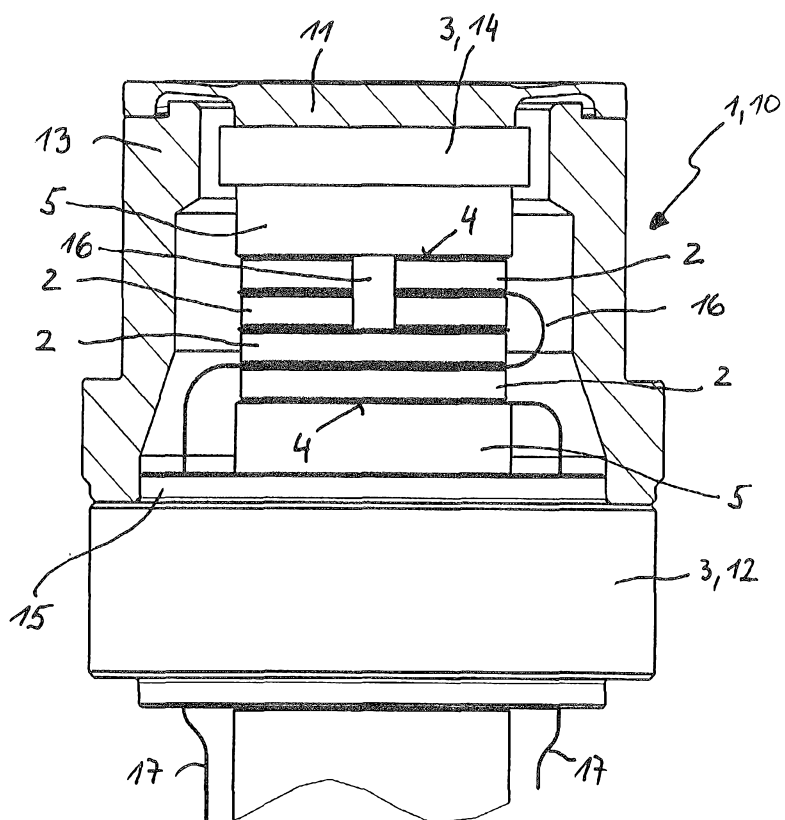


Fig. 2

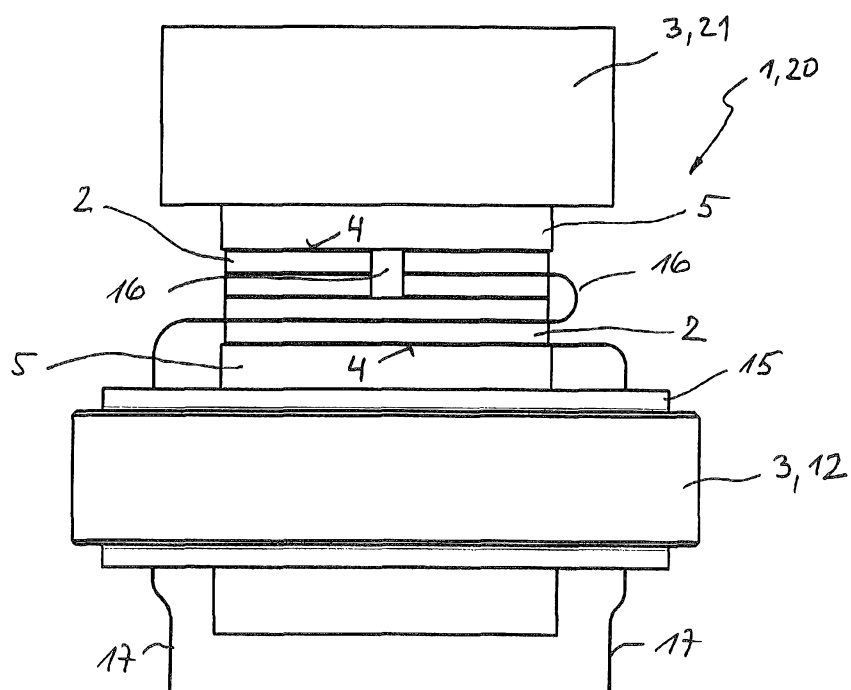


Fig. 3

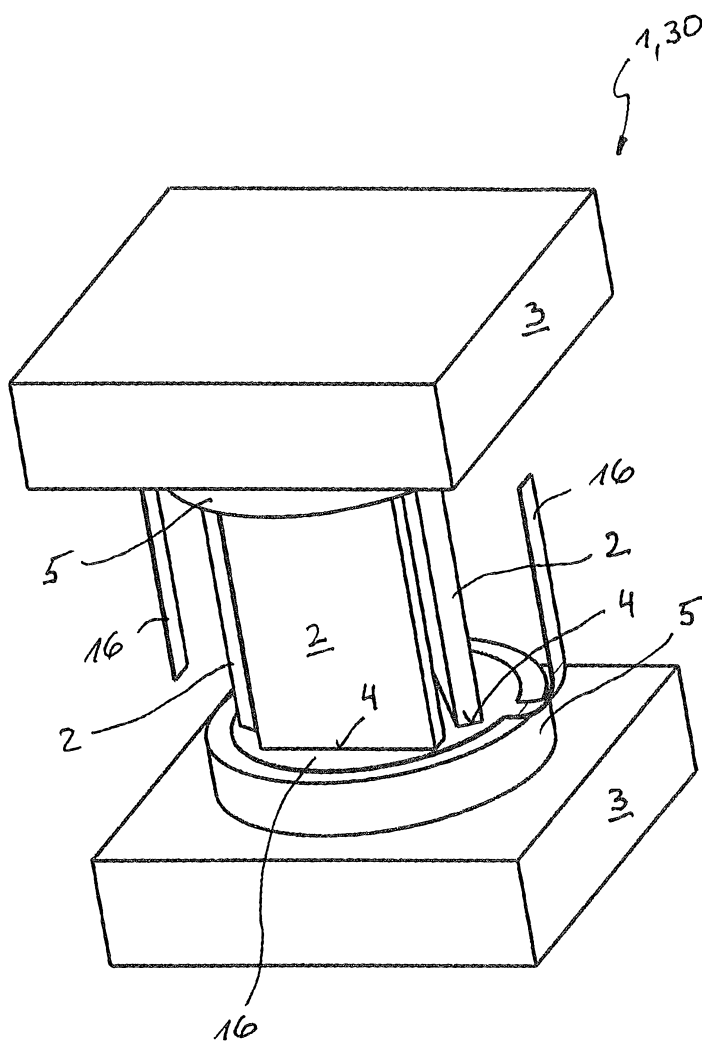


Fig. 4