

(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
23. Februar 2023 (23.02.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/020657 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02N 2/00 (2006.01) H01L 41/18 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2022/100599

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. August 2022 (15.08.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 121 352.5
17. August 2021 (17.08.2021) DE

(71) Anmelder: **PHYSIK INSTRUMENTE (PI) GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Auf der Römerstr. 1, 76228 Karlsruhe (DE).

(72) Erfinder: **KOC, Burhanettin**; Kiefernweg 74G, 76275 Ettlingen (DE). **DELIBAS, Bülent**; Winkelpfad 15, 76356 Weingarten (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: ACTUATOR

(54) Bezeichnung: AKTUATOR

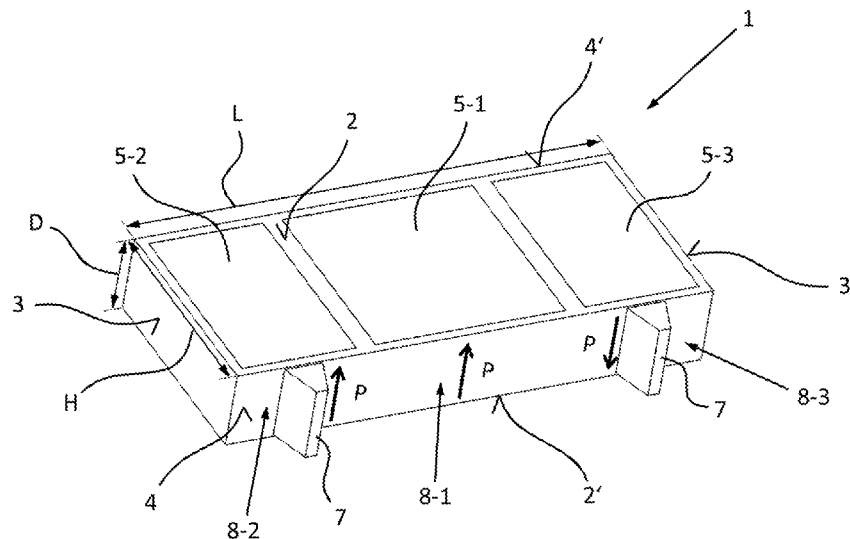


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention provides an actuator in the form of a rectangular plate of a monocrystalline piezoelectric material with two main faces (2, 2') of the largest surface area and at least four side faces joining the main faces to one another, two side faces of which are shorter than the other side faces and form short side faces (3, 3') and the others of which form long side faces (4, 4') of a length L, and three flat electrodes are arranged on one of the main faces (2, 2'), one electrode of which covers a greater surface area of this main face than the other two electrodes and forms a large electrode (5-1), and the other two form small electrodes (5-2, 5-3), and the large electrode (5-1) is arranged between the two small electrodes (5-2, 5-3), and at least one counterelectrode (6) is arranged on the other main face (2, 2'), and two friction elements (7) are arranged on at least one of the longer side faces (4, 4'), wherein the monocrystalline piezoelectric



WO 2023/020657 A1

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

material arranged in the respective region between one of the three electrodes (5-1, 5-2, 5-3) and the at least one counterelectrode (6) is polarized and has a respective, defined direction of polarization in the corresponding polarization region (8-1, 8-2, 8-3).

(57) Zusammenfassung: Vorgestellt wird ein Aktuator in Form einer rechteckigen Platte aus einem einkristallinen piezoelektrischen Material mit zwei flächenmäßig größten Hauptflächen (2, 2') und wenigstens vier die Hauptflächen miteinander verbindenden Seitenflächen, wovon zwei Seitenflächen kürzer sind als die anderen Seitenflächen und kurze Seitenflächen (3, 3') bilden und wovon die anderen lange Seitenflächen (4, 4') mit einer Länge L bilden, und an einer der Hauptflächen (2, 2') drei flächige Elektroden angeordnet sind, wovon eine Elektrode eine größere Fläche dieser Hauptfläche bedeckt als die beiden anderen Elektroden und eine große Elektrode (5-1) bildet, und die beiden anderen kleine Elektroden (5-2, 5-3) bilden, und die große Elektrode (5-1) zwischen den beiden kleinen Elektroden (5-2, 5-3) angeordnet ist, und an der anderen Hauptfläche (2, 2') wenigstens eine Gegenelektrode (6) angeordnet ist, und an wenigstens einer der längeren Seitenflächen (4, 4') zwei Friktionselemente (7) angeordnet sind, wobei das im jeweiligen Bereich zwischen einer der drei Elektroden (5-1, 5-2, 5-3) und der wenigstens einen Gegenelektrode (6) angeordnete einkristalline piezoelektrische Material polarisiert ist und im entsprechenden Polarisationsbereich (8-1, 8-2, 8-3) eine jeweilige und definierte Polarisationsrichtung aufweist.

Beschreibung

Aktuator

- [0001] Die Erfindung betrifft einen Aktuator nach den Ansprüchen 1 bis 7 sowie ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Aktuators nach den Ansprüchen 8 bis 12.
- [0002] Aus der DE 10 2011 087 542 B3 ist ein Zweiphasen-Ultraschallmotor bekannt, dessen Ultraschallaktuator in Form einer piezoelektrischen oder elektrostriktiven rechteckigen Platte vorliegt und der aufgrund entsprechender Anordnung von Elektroden beispielsweise einen zentralen Hauptgenerator und zwei peripher bzw. seitlich dazu angeordnete Zusatzgeneratoren akustischer Stehwellen aufweist. Während der Hauptgenerator eine Stehwelle erregt, welche symmetrisch zu einer Symmetrieebene S, die den Aktuator entlang seiner Längsausdehnungsrichtung halbiert und parallel zu dessen Höhengausdehnungsrichtung verläuft, gelegen ist, generieren die beiden Zusatzgeneratoren eine Stehwelle, welche asymmetrisch in Bezug auf die Symmetrieebene S gelegen ist. Die Überlagerung dieser Stehwellen führt zu einer für den Antrieb eines anzutreibenden Elements, welches in Friktionskontakt mit dem Aktuator steht, nutzbaren Stehwelle.
- [0003] Von gewissem Nachteil bei dem aus der DE 10 2011 087 542 B3 bekannten Ultraschallmotor bzw. dessen Aktuator ist die Tatsache, dass die Betriebsfrequenzen für einen effektiven Antrieb in einem relativ schmalen Band liegen. Zudem sind die Betriebsmoden bei einem solchen Aktuator eingeschränkt, und die Effizienz eines entsprechenden Aktuators ist begrenzt.
- [0004] Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Aktuator bereitzustellen, der universeller einsetzbar bzw. betreibbar ist und gleichzeitig eine höhere Effizienz aufweist.
- [0005] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Aktuator gemäß Anspruch 1, wobei die sich daran anschließenden Unteransprüche wenigstens zweckmäßige Weiterbildungen darstellen.

- [0006] Der erfindungsgemäße Aktuator in Form einer rechteckigen Platte besteht hierbei aus einem einkristallinen piezoelektrischen Material. An einer seiner flächenmäßig größten Hauptflächen sind drei flächige Elektroden angeordnet, wovon eine Elektrode eine größere Fläche dieser Hauptfläche bedeckt als die beiden anderen Elektroden, und die sich daraus ergebende große Elektrode zwischen den beiden entsprechenden kleinen Elektroden angeordnet ist. An der anderen Hauptfläche ist wenigstens eine Gegenelektrode angeordnet, welche mit jeder der drei Elektroden der gegenüberliegenden Hauptfläche zumindest bereichsweise überlappt. An wenigstens einer der längeren Seitenflächen des Aktuators sind zwei zueinander beabstandete Friktionselemente angeordnet. Das im jeweiligen Bereich bzw. Überdeckungs- oder Überlappungsbereich zwischen einer der drei Elektroden und der wenigstens einen Gegenelektrode angeordnete einkristalline piezoelektrische Material ist in geeigneter und definierter Weise polarisiert. Aufgrund besagter Überdeckung bzw. Überlappung zugehöriger Elektroden und dem jeweils dazwischen angeordneten polarisierten Material resultieren daraus entsprechende Polarisationsbereiche, also im Wesentlichen durch die Elektroden bzw. deren jeweiligen Überlappungsbereich definierte Bereiche bzw. Abschnitte des Aktuators polarisierten einkristallinen piezoelektrischen Materials.
- [0007] Die Verwendung eines einkristallinen piezoelektrischen Materials führt zu einer vergleichsweise hohen elektromechanischen Kopplung sowie zu relativ hohen piezoelektrischen Ladungskoeffizienten. Somit kann der erfindungsgemäße Aktuator in einem sehr breiten Frequenzbereich bei niedrigen Spannungen betrieben werden. Im Zusammenspiel mit der spezifischen Geometrie der Elektroden und den daraus resultierenden Polarisationsbereichen, welche als Generatoren akustischer Wellen dienen, lassen sich untypische Schwingungsmoden in dem Aktuator generieren, die dem jeweiligen Anwendungsfall anpassbar sind. Durch die Verwendung von wenigstens zwei an dem Aktuator angeordneten Friktionselementen kann die Antriebskraft des Aktuators bzw. deren Effizienz erhöht werden.

- [0008] Es kann von Vorteil sein, dass das einkristalline piezoelektrische Material eine orthorhombische $mm2$ -Symmetrie aufweist. Ein Aktuator aus solch einem Material kann besonders effektiv betrieben werden.
- [0009] Das für herkömmliche Aktuatoren verwendete polykristalline Blei-Zirkonium-Titanat- bzw. PZT-Material hat anisotrope Eigenschaften und fällt unter die hexagonale $6mm$ -Symmetrieklasse. Daraus folgt, dass die elektromechanische Kopplung und die piezoelektrischen Ladungskonstanten von der Polarisierung und den elektrischen Feldrichtungen abhängt. Hierbei sind die Werte der piezoelektrischen Ladungskonstanten d_{31} und d_{32} identisch, und besitzen ein negatives Vorzeichen verglichen mit der piezoelektrischen Ladungskonstante d_{33} (Longitudinalmode).
- [0010] Einkristalline piezoelektrische Materialien mit einer orthorhombischen $mm2$ -Symmetrie (d.h. mit einer $[001]$ -Orientierung) haben dagegen nicht nur eine wesentlich größere elektromechanische Kopplung und deutlich höhere piezoelektrische Ladungskonstanten; ihre piezoelektrischen Koeffizienten in zwei senkrecht zueinander angeordneten Richtungen sind darüber hinaus unterschiedlich im Vorzeichen, als auch im Wert bzw. Betrag, wodurch ungewöhnliche bzw. untypische Moden in entsprechenden Aktuatoren angeregt werden können, die so mit polykristallinen PZT-Materialien nicht erzielbar sind.
- [0011] Zudem kann es von Vorteil sein, dass die Friktionselemente vom jeweiligen, zu der entsprechenden kurzen Seitenfläche benachbarten Ende der langen Seitenfläche zwischen $L/100$ und $L/4$ beabstandet sind. Unter solchen Bedingungen können die in dem Aktuator generierbaren Schwingungen besonders effektiv auf ein durch den Aktuator anzutreibendes Element übertragen werden, und es resultiert eine hohe Antriebskraft bzw. -effektivität.
- [0012] Ebenso kann es von Vorteil sein, dass an jeder der langen Seitenflächen zwei Friktionselemente angeordnet sind. Auch dieser Umstand führt zu einer erhöhten Antriebskraft bzw. -effektivität des Aktuators. Zudem ist es dadurch möglich, zwei separat vorliegende anzutreibende Elemente anzutreiben.

- [0013] Ferner kann es von Vorteil sein, dass wenigstens zwei der Polarisationsbereiche eine identische Polarisationsrichtung aufweisen. Dadurch lassen sich spezifische und vorteilhafte Schwingungsmoden in dem Aktuator generieren.
- [0014] Außerdem kann es von Vorteil sein, dass an einer der Hauptflächen drei Gegenelektroden angeordnet sind, die in Form und Ausprägung identisch zu den drei an der anderen Hauptfläche angeordneten Elektroden ausgebildet sind, so dass in analoger Weise eine der Gegenelektroden flächenmäßig größer ist als die beiden anderen und eine große Gegenelektrode bildet und die beiden anderen kleine Gegenelektroden bilden, wobei jeweils eine kleine Elektrode und eine kleine Gegenelektrode in gegenseitiger Überlappung zu- bzw. miteinander angeordnet sind, und ebenso die große Elektrode und die große Gegenelektrode in gegenseitiger Überlappung zu- bzw. miteinander angeordnet sind. Elektroden und Gegenelektroden gleicher Form und Ausprägung sind also jeweils in zueinander überlappender bzw. überdeckender Weise an den beiden Hauptflächen angeordnet. Dadurch lassen sich andere und für den jeweiligen Anwendungsfall geeignetere bzw. effektivere Ansteuerungsverfahren realisieren. Es kann hierbei besonders vorteilhaft sein, wenn die Polarisationsrichtungen aller Polarisationsbereiche, d.h. aller Überlappungs- oder Überdeckungsbereiche der zugehörigen und auf unterschiedlichen Hauptflächen angeordneten Elektroden und Gegenelektroden, übereinstimmen.
- [0015] Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Verfahren zum Betreiben eines vorstehend beschriebenen Aktuators, der lediglich eine einzige Gegenelektrode aufweist, wobei eine erste sinusförmige Wechselspannung an bzw. zwischen den kleinen Elektroden und der einen Gegenelektrode, und eine zweite sinusförmige Wechselspannung an bzw. zwischen der großen Elektrode und der einen Gegenelektrode angelegt wird.
- [0016] Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein Verfahren zum Betreiben eines vorstehend beschriebenen Aktuators, dessen Anzahl und geometrische

Ausprägung von Elektroden auf einer der beiden Hauptflächen mit der Anzahl und geometrischen Ausprägung von Gegenelektroden auf der anderen Hauptfläche übereinstimmt, so dass also zwei kleine Elektroden und eine große Elektrode sowie zwei kleine Gegenelektroden und eine große Gegenelektrode vorhanden sind, wobei jeweils die kleinen Elektroden und die kleinen Gegenelektroden sowie die große Elektrode und die große Gegenelektrode in zueinander überlappender bzw. überdeckender Anordnung gelegen sind, und eine erste sinusförmige Wechselspannung an bzw. zwischen den jeweiligen kleinen Elektroden und den kleinen Gegenelektroden, und eine zweite sinusförmige Wechselspannung an bzw. zwischen der großen Elektrode und der großen Gegenelektrode angelegt wird.

- [0017] Hinsichtlich der beiden vorstehend beschriebenen Verfahren kann es vorteilhaft sein, wenn die sinusförmigen Wechselspannungen einen Phasenunterschied zueinander aufweisen. Zudem kann es hierbei von Vorteil sein, dass sich die Frequenz und/oder die Amplitude der ersten sinusförmigen Wechselspannung von der Frequenz und/oder der Amplitude der zweiten sinusförmigen Wechselspannung unterscheidet.
- [0018] Im Falle, dass der Aktuator auf beiden Hauptflächen eine identische Anzahl von insbesondere paarweise gleichartig ausgeführten Elektroden und Gegenelektroden aufweist, kann ein Ansteuerverfahren günstig sein, bei dem eine erste pulsformige Spannung zwischen einer der kleinen Elektroden und der entsprechenden kleinen Gegenelektrode angelegt wird, und eine zweite pulsformige Spannung zwischen der großen Elektrode und der entsprechenden großen Gegenelektrode angelegt wird, und eine dritte pulsformige Spannung zwischen der anderen kleinen Elektrode und der entsprechenden anderen kleinen Gegenelektrode angelegt wird, wobei zwischen der ersten pulsformigen Spannung und der zweiten pulsformigen Spannung sowie zwischen der zweiten pulsformigen Spannung und der dritten pulsformigen Spannung ein Phasenunterschied besteht. Auf diese Weise kann durch einen einzelnen Aktuator ein sogenanntes Inchworm-Antriebsprinzip realisiert werden, bei welchem die beiden an einer der langen Seitenflächen angeordneten Friktionselemente

zu unterschiedlichen Zeitpunkten in Friktionskontakt mit einem anzutreibenden Element gelangen und somit in einer Antriebsphase zwei Antriebsschritte realisierbar sind.

[0019] Unter der Bezeichnung „im Wesentlichen“ in Bezug auf ein Merkmal oder einen Wert wird hierin insbesondere verstanden, dass das Merkmal eine Abweichung von 20 % und speziell von 10 % von dem Merkmal oder dessen geometrischen Eigenschaft bzw. des Werts enthält.

[0020] Hierin wird unter der logischen Verknüpfung „oder“ in Bezug auf zwei Alternativen ausschließlich die eine oder die andere der Alternativen verstanden, sofern nichts anderes angegeben ist.

[0021] Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung und den Zeichnungen, auf die bezüglich aller nicht im Text beschriebenen Einzelheiten ausdrücklich verwiesen wird. Es zeigen

[0022] Fig. 1: perspektivische Ansicht einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Aktuators mit Blick auf eine der Hauptflächen

[0023] Fig. 2: andere perspektivische Ansicht des Aktuators gemäß Fig. 1 mit Blick auf die andere Hauptfläche

[0024] Fig. 3: perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Aktuators mit lediglich einer Gegenelektrode

[0025] Fig. 4: perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Aktuators mit an jeder der langen Seitenflächen angeordneten Friktionselementen

[0026] Fig. 5: Blockschaltbild zur Veranschaulichung einer möglichen elektrischen Ansteuerung eines Aktuators gemäß Fig. 3

[0027] Fig. 6: Blockschaltbild zur Veranschaulichung einer möglichen elektrischen Ansteuerung eines Aktuators gemäß Fig. 1 bzw. Fig. 2

[0028] Fig. 7b): Diagramm zur Veranschaulichung möglicher Trajektorien der Friktionselemente bei einem gemäß Fig. 5 oder Fig. 6 angesteuerten erfindungsgemäßen Aktuator nach Fig. 7a) bzw. nach den Figuren 1-3

[0029] Fig. 8: Blockschaltbild zur Veranschaulichung einer weiteren möglichen elektrischen Ansteuerung eines Aktuators gemäß Fig. 1 bzw. Fig. 2

- [0030] Fig. 9: Diagramm zur Verdeutlichung des Phasenversatzes der durch einzelne Spannungspulse hervorgerufenen E-Felder in den unterschiedlichen Polarisationsbereichen bei einem gemäß Fig. 8 angesteuerten erfindungsgemäßen Aktuator
- [0031] Fig. 1 zeigt in perspektivischer Darstellung eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Aktuators 1 in Form einer rechteckigen Platte aus einem einkristallinen piezoelektrischen Material. Bei dem einkristallinen piezoelektrischen Material handelt es sich um PMN-PZT, also Blei-Magnesium-Niobat/Blei-Zirkonat-Titanat. Die rechteckige Platte des Aktuators 1 hat eine Länge L, eine Höhe H sowie eine Dicke D. An der in Fig. 1 sichtbaren Hauptfläche 2 sind insgesamt drei flächige Elektroden angeordnet, wobei die mittlere Elektrode 5-1 flächenmäßig am größten ist und eine große Elektrode bildet, und die sich beidseitig, d.h. seitlich, entlang der Längserstreckungsrichtung daran anschließenden Elektroden 5-2 und 5-3 von der Fläche her kleiner sind als die große Elektrode 5-1 und entsprechend kleine Elektroden bilden. Obwohl die beiden kleinen Elektroden 5-2 und 5-3 hier eine identische Geometrie aufweisen ist denkbar, dass diese voneinander abweichende Geometrien besitzen, wobei stets gewährleistet ist, dass die jeweils durch die kleinen Elektroden 5-2, 5-3 abgedeckte bzw. bedeckte Fläche kleiner ist als die durch die große Elektrode 5-1 abgedeckte bzw. bedeckte Fläche der Hauptfläche 2.
- [0032] An einer der beiden langen, die beiden Hauptflächen 2, 2' miteinander verbindenden Seitenflächen 4 sind zwei zueinander beabstandete Friktionselemente 7 mit einer im Wesentlichen keilförmigen Geometrie bzw. Keilform angeordnet. Dabei ist das jeweilige Friktionselement 7 nahe der jeweiligen an die längere Seitenfläche 4 anstoßenden kurzen Seitenfläche 3, 3' und dabei im Wesentlichen mittig in Bezug auf die jeweils benachbarte kleine Elektrode 5-2, 5-3 angeordnet. An der gegenüberliegenden langen Seitenfläche 4' sind hingegen keine Friktionselemente angeordnet. Die Friktionselemente 7 sind dazu vorgesehen, im Betrieb des Aktuators 1 in intermittierenden Friktionskontakt mit einem anzutreibenden Element zu gelangen, um in dem Zeitbereich des entsprechenden Kontakts eine Mitnahme- bzw.

Vorschubbewegung und damit einen Antriebsschritt des anzutreibenden Elements zu realisieren.

- [0033] Mit Pfeilen und dem Buchstaben P sind die Polarisationsrichtungen des einkristallinen piezoelektrischen Materials des Aktuators 1 im Bereich der Elektroden 5-1, 5-2, 5-3 gekennzeichnet. Während die Polarisationsrichtungen P des einkristallinen piezoelektrischen Materials im Bereich der Elektroden 5-1 und 5-2 gleichgerichtet und parallel zueinander verlaufen, ist die Polarisationsrichtung P im Bereich der kleinen Elektrode 5-3 entgegengesetzt und parallel (d.h. anti-parallel) zu den Polarisationsrichtungen P im Bereich der Elektroden 5-1 und 5-2 ausgerichtet. Somit liegen drei voneinander unterscheidbare Polarisationsbereiche 8-1, 8-2 und 8-3 vor, die im Wesentlichen durch den Überdeckungs- bzw. Überlappungsbereich der jeweiligen Elektrode 5-1, 5-2 und 5-3 mit der oder den an der anderen, gegenüberliegenden Hauptfläche 2' angeordneten und in Fig. 1 nicht erkennbaren Gegenelektrode bzw. Gegenelektroden gebildet sind.
- [0034] Fig. 2 zeigt in anderer perspektivischer Darstellung den erfindungsgemäßen Aktuator 1, wobei hier die in Fig. 1 nicht erkennbare Hauptfläche 2' sichtbar ist. Demnach sind an der Hauptfläche 2' drei Gegenelektroden 6-1, 6-2 und 6-3 angeordnet, die bezüglich ihrer Geometrie, Anordnung und Ausprägung mit den an der gegenüberliegenden Hauptfläche 2 angeordneten Elektroden 5-1, 5-2 und 5-3 übereinstimmen, so dass die kleine Elektrode 5-1 und die kleine Gegenelektrode 6-1 in ein Paar bildender Weise gegenüberliegend und sich gegenseitig vollständig überlappend und in gegenseitiger Überdeckung angeordnet sind. Gleiches gilt für die Paare aus Elektrode und Gegenelektrode 5-2 und 6-2 sowie 5-3 und 6-3.
- [0035] Fig. 3 zeigt in perspektivischer Darstellung einen erfindungsgemäßen Aktuator 1, an dessen Hauptfläche 2' nur eine einzige, nahezu die gesamte Hauptfläche 2' bedeckende Gegenelektrode 6 angeordnet ist, während an der in Fig. 3 nicht erkennbaren und gegenüberliegenden Hauptfläche drei Elektroden gemäß Fig. 1 angeordnet sind. Entsprechend sind drei Polarisationsbereiche 8-1, 8-2 und 8-3 ausgebildet, die im

Wesentlichen mit dem jeweiligen Überdeckungs- bzw. Überlappungsbereich der in Fig. 3 nicht erkennbaren Elektroden mit der Gegenelektrode 6 übereinstimmen.

[0036] Fig. 4 zeigt in perspektivischer Darstellung einen erfindungsgemäßen Aktuator 1, der ähnlich zu dem in den Figuren 1 und 2 gezeigten Aktuator aufgebaut ist und lediglich in der Hinsicht davon abweicht, dass nicht nur an einer, sondern an beiden seiner langen Seitenflächen 4, 4' zwei daran angeordnete, im Wesentlichen keilförmige Friktionselemente 7 und so insgesamt vier Friktionselemente 7 vorhanden sind. Dabei sind die Friktionselemente 7 im Wesentlichen paarweise gegenüberliegend bzw. symmetrisch zueinander angeordnet. Bei einem solchen Aktuator können gleichzeitig alle vier Friktionselemente 7 aufgrund entsprechender Generierung akustischer Wellen in dem Aktuator zu Bewegungen angeregt werden, die zum Antrieb eines anzutreibenden Elements oder aber zum Antrieb von zwei separaten anzutreibenden Elementen genutzt werden können.

[0037] Fig. 5 zeigt ein Blockschaltbild zur Veranschaulichung einer möglichen elektrischen Ansteuerung eines Aktuators gemäß Fig. 3, bei dem an der Hauptfläche 2 drei Elektroden 5-1, 5-2 und 5-3 und an der gegenüberliegenden Hauptfläche 2' eine einzige Gegenelektrode 6 angeordnet sind, und wobei die Polarisationsrichtungen P der beiden Polarisationsbereiche 8-1 und 8-2 gleichgerichtet und parallel zueinander ausgerichtet sind, wohingegen die Polarisationsrichtung P des Polarisationsbereichs 8-3 entgegengesetzt und parallel, d.h. anti-parallel, zu den Polarisationsrichtungen P in den Polarisationsbereichen 8-1 und 8-2 ausgerichtet ist.

[0038] Es sind zwei Wechselspannungsquellen 10 und 10' vorhanden, wobei ein Ausgang der Wechselspannungsquelle 10 mit den kleinen Elektroden 5-2 und 5-3 und ein anderer Ausgang der Wechselspannungsquelle 10 mit der Gegenelektrode 6 elektrisch leitend verbunden ist, während ein Ausgang der Wechselspannungsquelle 10' mit der großen Elektrode 5-1 und ein anderer Ausgang der Wechselspannungsquelle 10' mit der Gegenelektrode 6 elektrisch leitend verbunden ist. Hierbei ist eine

sinusförmige Wechselspannung $A \cos(\omega_1 t)$ an den kleinen Elektroden 5-2 und 5-3 und eine sinusförmige Wechselspannung $B \sin(\omega_1 t)$ an der großen Elektrode 5-1 angelegt. Daraus ergeben sich elliptische Trajektorien der Friktionselemente 7, wobei in den Schwingungen der Friktionselemente 7 eine Phasendifferenz von 90° besteht. Weiterhin ist denkbar, unterschiedliche Frequenzen und/oder Amplituden für die beiden Wechselspannungen zu verwenden.

- [0039] Fig. 6 zeigt ein Blockschaltbild zur Veranschaulichung einer möglichen elektrischen Ansteuerung eines Aktuators gemäß Fig.1 bzw. Fig.2. Analog zu Fig. 5 sind zwei Wechselspannungsquellen 10 und 10' vorhanden, wobei ein Ausgang der Wechselspannungsquelle 10 mit der kleinen Elektrode 5-3 und der nicht der dieser zugeordneten kleinen Gegenelektrode 6-2, und ein anderer Ausgang der Wechselspannungsquelle 10 mit der kleinen Gegenelektrode 6-3 und der nicht dieser Gegenelektrode zugeordneten kleinen Elektrode 5-2 elektrisch leitend verbunden ist. Auf der anderen Seite ist ein Ausgang der Wechselspannungsquelle 10' mit der großen Elektrode 5-1 verbunden, und ein anderer Ausgang dieser Wechselspannungsquelle 10' ist mit der großen Gegenelektrode 6-1 elektrisch leitend verbunden. Zu beachten hierbei ist, dass die Polarisationsrichtungen P aller drei Polarisationsbereiche 8-1, 8-2 und 8-3 gleichartig und parallel zueinander ausgerichtet sind. Wiederum sind sinusförmige Wechselspannungen an den Elektroden angelegt, die sich in Frequenz und/oder Amplitude unterscheiden können.
- [0040] Fig. 7 zeigt in b) ein Diagramm zur Veranschaulichung berechneter Verschiebungen bzw. Bahnkurven oder Trajektorien der Friktionselemente eines Aktuators gemäß Fig. 7a) bzw. gemäß Fig. 1 und Fig. 2, welcher nach dem Blockschaltbild von Fig. 5 oder von Fig. 6 angesteuert ist. Sind die normierten E-Felder innerhalb der drei Polarisationsbereiche 8-1, 8-2, 8-3 identisch (und gleich 1), ergeben sich relativ breite elliptische und näherungsweise kreisförmige Trajektorien beider Friktionselemente 7, die zur Unterscheidung mit den Buchstaben A und B in Fig. 7a) gekennzeichnet sind. Die entsprechenden Trajektorien sind der Fig. 7b) im

linken Teil des Diagramms zu entnehmen, wobei die Kurve ohne Kennzeichnung der einzelnen Wertepunkte der Trajektorie von Friktionselement B in Fig. 7a) entspricht, während die Kurve mit Kennzeichnung der einzelnen Wertepunkte in Form eines ausgefüllten Quadrats der Trajektorie von Friktionselement A in Fig. 7a) entspricht. Dabei ist zu erkennen, dass die elliptischen Trajektorien der Friktionselemente A und B von Fig. 7a) unterschiedliche bzw. im Wesentlichen spiegelbildlich zueinander liegende Ausrichtungen aufweisen.

- [0041] Ist das normierte E-Feld innerhalb des Polarisationsbereichs 8-1 zehnmal größer als das normierte E-Feld innerhalb der beiden anderen Polarisationsbereiche 8-2 und 8-3, ergeben sich flache und wenig gegenüber der Seitenfläche 4 geneigte schmale elliptische Trajektorien der Friktionselemente A und B von Fig. 7a), wie im mittleren Bereich des Diagramms von 7b) dargestellt. Sind jedoch die normierten E-Felder innerhalb der Polarisationsbereiche 8-2 und 8-3 zehnmal höher als das normierte E-Feld innerhalb des Polarisationsbereichs 8-1, dann ergeben sich steile bzw. stark gegenüber der Seitenfläche 4 geneigte schmale elliptische Trajektorien der Friktionselemente A und B von Fig. 7a), wie im rechten Bereich von Fig. 7b) zu erkennen. In jedem Fall sind die Ausrichtungen der elliptischen Trajektorien der beiden Friktionselemente A und B unterschiedlich bzw. im Wesentlichen spiegelbildlich zueinander gelegen. Durch Wahl bzw. Variation der Amplitude und der Phase bzw. der Phasendifferenz der Ansteuersignale lässt sich die Trajektorienform noch umfänglicher kontrollieren.
- [0042] Fig. 8 zeigt das Blockschaltbild zur Veranschaulichung einer weiteren möglichen elektrischen Ansteuerung eines Aktuators gemäß Fig. 1 bzw. Fig. 2, wobei hier insgesamt drei Pulsspannungsquellen 11, 11' und 11'' zur Erzeugung pulsförmiger Spannungssignale vorhanden sind. Ein Ausgang der Pulsspannungsquelle 11 ist mit der kleinen Elektrode 5-2 und ein anderer Ausgang dieser Pulsspannungsquelle 11 mit der der kleinen Elektrode 5-2 zugeordneten kleinen Gegenelektrode 6-2 elektrisch verbunden. Mit anderen Worten ist die Pulsspannungsquelle 11 mit den

zusammenwirkenden Elektroden des Polarisationsbereichs 8-2 verbunden. In analoger Weise ist ein Ausgang der Pulsspannungsquelle 11' mit der großen Elektrode 5-1 und ein anderer Ausgang dieser Pulsspannungsquelle 11' mit der großen Elektrode 6-1 elektrisch verbunden, und ein Ausgang der Pulsspannungsquelle 11'' ist mit der kleinen Elektrode 5-3 und ein anderer Ausgang dieser Pulsspannungsquelle ist mit der kleinen Gegenelektrode 6-3 verbunden. Somit ist die Pulsspannungsquelle 11' mit den zusammenwirkenden Elektroden des Polarisationsbereichs 8-1 verbunden und die Pulsspannungsquelle 11'' mit den zusammenwirkenden Elektroden des Polarisationsbereichs 8-3. Dabei sind die Polarisationsrichtungen P aller drei Polarisationsbereiche 8-1, 8-2 und 8-3 gleichgerichtet und parallel zueinander angeordnet.

- [0043] Die applizierten Spannungspulse haben hierbei im Wesentlichen die Form eines Sägezahns mit abgeflachter oder gekappter Spitze. Selbstverständlich sind andere zeitliche Verläufe und somit Formen der Spannungspulse denkbar, etwa solche, bei denen in den einzelnen Zeitabschnitten keine linearen Spannungsverläufe vorliegen.
- [0044] Das Diagramm von Fig. 9 verdeutlicht einen möglichen Phasenversatz und mögliche Formen bzw. Zeitverläufe der durch die einzelnen Spannungspulse hervorgerufenen normalisierten E-Felder bei einem gemäß Fig. 8 angesteuerten erfindungsgemäßen Aktuator. Die dünnere der durchgezogenen Linien charakterisiert hierbei das durch den entsprechenden Ladungspuls im Polarisationsbereich 8-2 hervorgerufene E-Feld bzw. dessen zeitlicher Verlauf. Die gestrichelte Linie hingegen kennzeichnet das durch den entsprechenden Ladungspuls im Polarisationsbereich 8-1 hervorgerufene E-Feld, welches ausgehend von einem Wert Null zeitlich zunimmt, sobald das E-Feld im Polarisationsbereich 8-2 seinen Plateauwert erreicht hat.
- [0045] Die dickere der durchgezogenen Linien charakterisiert das durch den entsprechenden Ladungspuls im Polarisationsbereich 8-3 hervorgerufene E-Feld, dessen Form bzw. zeitlicher Verlauf identisch ist zu dem im Polarisationsbereich 8-2 hervorgerufenen E-Feld. Das E-Feld im

Polarisationsbereich 8-3 steigt zeitlich in dem Moment an, in dem das E-Feld im Polarisationsbereich 8-2 wieder auf Null zurückgefallen ist. Es erreicht in dem Moment seinen Plateauwert, in dem das E-Feld des Polarisationsbereichs 8-1 wieder abfällt. Die zeitliche Dauer des Plateaubereichs des E-Feldes im Polarisationsbereich 8-1 ist dabei wesentlich größer als die des Plateaubereichs der E-Felder in den Polarisationsbereichen 8-2 und 8-3.

[0046] Im Ergebnis wird mit einer Ansteuerung eines erfindungsgemäßen Aktuators gemäß Fig. 8 und den daraus resultierenden zeitlichen Verläufen bzw. zeitlichen Versätzen der E-Felder in den unterschiedlichen Polarisationsbereichen gemäß Fig. 9 eine zeitliche versetzte bzw. phasenversetzte Bewegung der beiden an einer langen Seitenfläche angeordneten Friktionselemente erzielt, so dass zunächst eines der Friktionselemente aufgrund der entsprechenden Trajektorie in Friktionskontakt mit einem anzutreibenden Element gelangt und eine diesbezügliche Antriebsbewegung bzw. einen Antriebsschritt entlang einer Antriebsrichtung erzeugt. Sobald die begrenzte Antriebsbewegung dieses Friktionselements aufhört bzw. kurz vor diesem Moment gelangt das andere Friktionselement, das eine im Wesentlichen gleiche Trajektorie wie das erste Friktionselement ausführt, in Friktionskontakt mit dem anzutreibenden Element und versetzt dieses seinerseits in Bewegung bzw. generiert einen weiteren begrenzten Bewegungs- oder Antriebsschritt entlang der gleichen Antriebsrichtung. Durch wiederholten Ablauf des vorstehend beschriebenen zeitlichen Versatzes von Antriebsschritten durch die beiden Friktionselemente gelingt ein quasi-kontinuierlicher Antrieb bzw. eine quasi-kontinuierliche Bewegung des anzutreibenden Elements entlang der Antriebsrichtung.

[0047] Aufgrund der Tatsache, dass bei der vorstehend beschriebenen Antriebsweise stets ein Friktionselement für einen Antrieb des anzutreibenden Elements sorgt, während das andere eine Rückholbewegung durchführt und sich so für den nachfolgenden Antriebsschritt vorbereitet, und diese Art des Antriebs der Fortbewegung einer Raupe ähnelt, bezeichnet man solche Antriebe auch als Inchworm-Antriebe.

[0048] Bezugszeichenliste:

1:	Aktuator
2, 2':	Hauptflächen (des Aktuators 1)
3, 3':	kurze Seitenflächen (des Aktuators 1)
4, 4':	lange Seitenflächen (des Aktuators 1)
5-1:	große Elektrode
5-2, 5-3:	kleine Elektroden
6-1:	große Gegenelektrode
6-2, 6-3:	kleine Gegenelektroden
7:	Friktionselement
8-1, 8-2, 8-3:	Polarisationsbereiche
10, 10':	Wechselspannungsquelle
11, 11', 11'':	Pulsspannungsquelle
A, B:	Friktionselemente
D:	Dicke (des Aktuators 1)
H:	Höhe (des Aktuators 1)
L:	Länge (des Aktuators 1)
P:	Polarisationsrichtung

Ansprüche

Anspruch 1 Aktuator (1) in Form einer rechteckigen Platte aus einem einkristallinen piezoelektrischen Material mit zwei flächenmäßig größten Hauptflächen (2, 2') und wenigstens vier die Hauptflächen miteinander verbindenden Seitenflächen, wovon wenigstens zwei Seitenflächen kürzer sind als die anderen Seitenflächen und kurze Seitenflächen (3, 3') bilden und wovon wenigstens zwei Seitenflächen länger als die kurzen Seitenflächen (3, 3') sind und lange Seitenflächen (4, 4') mit einer Länge L bilden, und an einer der Hauptflächen (2, 2') drei flächige Elektroden angeordnet sind, wovon eine Elektrode eine größere Fläche dieser Hauptfläche bedeckt als die beiden anderen Elektroden und eine große Elektrode (5-1) bildet, und die beiden anderen kleine Elektroden (5-2, 5-3) bilden, und die große Elektrode (5-1) zwischen den beiden kleinen Elektroden (5-2, 5-3) angeordnet ist, und an der anderen Hauptfläche (2, 2') wenigstens eine Gegenelektrode (6) angeordnet ist, und an wenigstens einer der langen Seitenflächen (4, 4') zwei Friktionselemente (7) angeordnet sind, wobei das im jeweiligen Bereich zwischen einer der drei Elektroden (5-1, 5-2, 5-3) und der wenigstens einen Gegenelektrode (6) angeordnete einkristalline piezoelektrische Material polarisiert ist und im entsprechenden Polarisationsbereich (8-1, 8-2, 8-3) eine jeweilige und definierte Polarisationsrichtung aufweist.

Anspruch 2 Aktuator (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das einkristalline piezoelektrische Material eine orthorhombische $mm2$ -Symmetrie aufweist.

Anspruch 3 Aktuator (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Friktionselemente (7) vom jeweiligen Ende der langen Seitenfläche (4, 4') zwischen $L/100$ und $L/4$ beabstandet sind.

Anspruch 4 Aktuator (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass an jeder der langen Seitenflächen (4, 4') zwei Friktionselemente (7) angeordnet sind.

Anspruch 5 Aktuator (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei der Polarisationsbereiche (8-1, 8-2, 8-3) eine identische Polarisationsrichtung aufweisen.

Anspruch 6 Aktuator (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass an einer der Hauptflächen (2, 2') drei Gegenelektroden (6-1, 6-2, 6-3) angeordnet sind, die bezüglich ihrer Geometrie im Wesentlichen identisch zu den drei an der anderen Hauptfläche (2, 2') angeordneten Elektroden (5-1, 5-2, 5-3) ausgebildet sind, so dass eine der Gegenelektroden flächenmäßig größer ist als die beiden anderen und eine große Gegenelektrode (6-1) bildet und die beiden anderen kleine Gegenelektroden (6-2, 6-3) bilden, und die Elektroden (5-1, 5-2, 5-3) und die Gegenelektroden (6-1, 6-2, 6-3) derart zueinander angeordnet sind, dass einer kleinen Elektrode (5-2, 5-3) eine kleine Gegenelektrode (6-2, 6-3) und der großen Elektrode (5-1) die große Gegenelektrode (6-1) gegenüberliegt.

Anspruch 7 Aktuator (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Polarisationsrichtungen aller Polarisationsbereiche (8-1, 8-2, 8-3) übereinstimmen.

Anspruch 8 Verfahren zum Betreiben eines Aktuators (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste sinusförmige Wechselspannung zwischen den kleinen Elektroden (5-2, 5-3) und der einen Gegenelektrode (6), und eine zweite sinusförmige Wechselspannung zwischen der großen Elektrode (5-1) und der einen Gegenelektrode (6) angelegt wird.

Anspruch 9 Verfahren zum Betreiben eines Aktuators (1) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste sinusförmige Wechselspannung zwischen den kleinen Elektroden (5-2, 5-3) und den jeweiligen kleinen Gegenelektroden (6-2, 6-3), und eine zweite sinusförmige Wechselspannung zwischen der großen Elektrode (5-1) und der großen Gegenelektrode (6-1) angelegt wird.

Anspruch 10 Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste sinusförmige Wechselspannung und die zweite sinusförmige Wechselspannung einen Phasenunterschied zueinander aufweisen.

Anspruch 11 Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Frequenz und/oder die Amplitude der ersten sinusförmigen Wechselspannung von der Frequenz und/oder der Amplitude der zweiten sinusförmigen Wechselspannung unterscheidet

Anspruch 12 Verfahren zum Betreiben eines Aktuators (1) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste pulsförmige Spannung zwischen einer der kleinen Elektroden (5-2, 5-3) und der entsprechenden kleinen Gegenelektrode (6-2, 6-3) angelegt wird, und eine zweite pulsförmige Spannung zwischen der großen Elektrode (5-1) und der entsprechenden großen Gegenelektrode (6-1) angelegt wird, und eine dritte pulsförmige Spannung zwischen der anderen kleinen Elektrode (5-2, 5-3) und der entsprechenden anderen kleinen Gegenelektrode (6-2, 6-3) angelegt wird, wobei zwischen der ersten pulsförmigen Spannung und der zweiten pulsförmigen Spannung sowie zwischen der zweiten pulsförmigen Spannung und der dritten pulsförmigen Spannung ein Unterschied in der Phase und/oder der Pulsform besteht.

Anspruch 13 Motor mit wenigstens einem Aktuator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

Anspruch 14 Verwendung des Aktuators (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 in einer Positioniervorrichtung.

Figuren

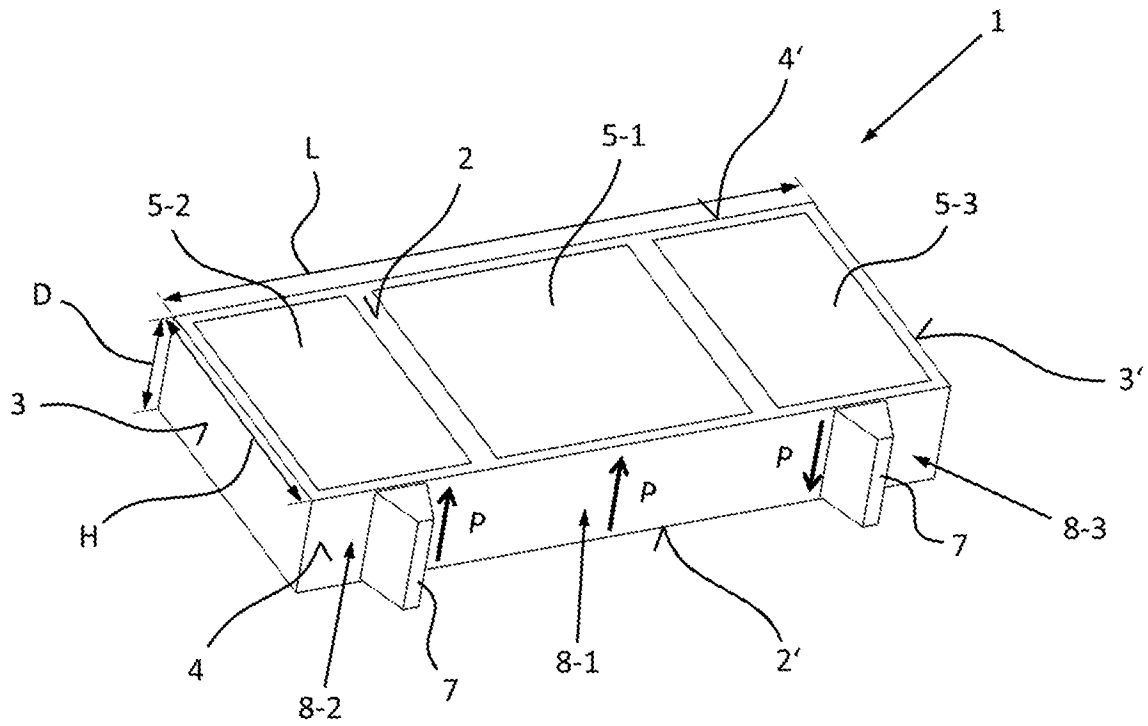


Fig. 1

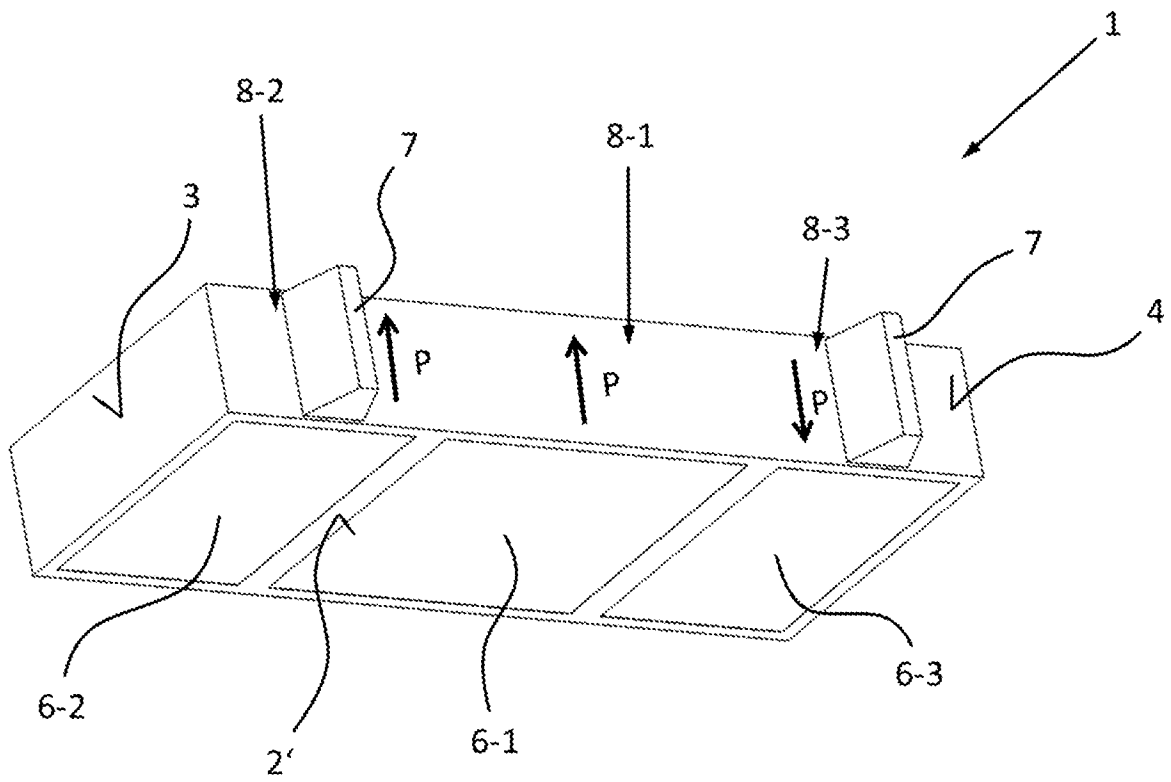


Fig. 2

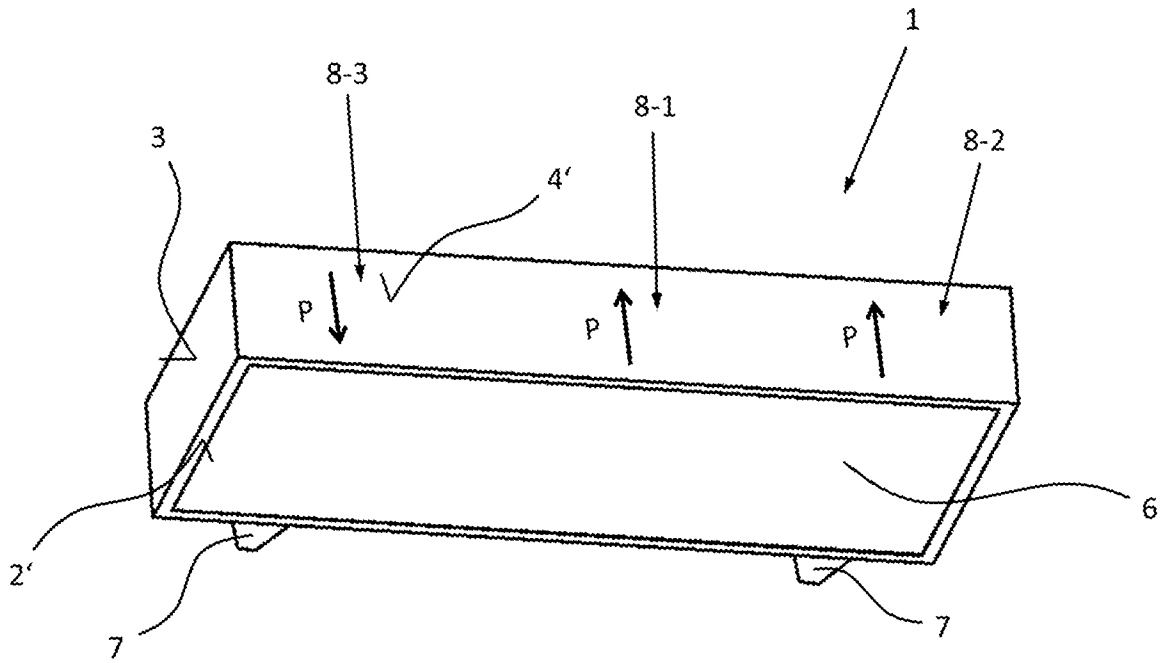


Fig. 3

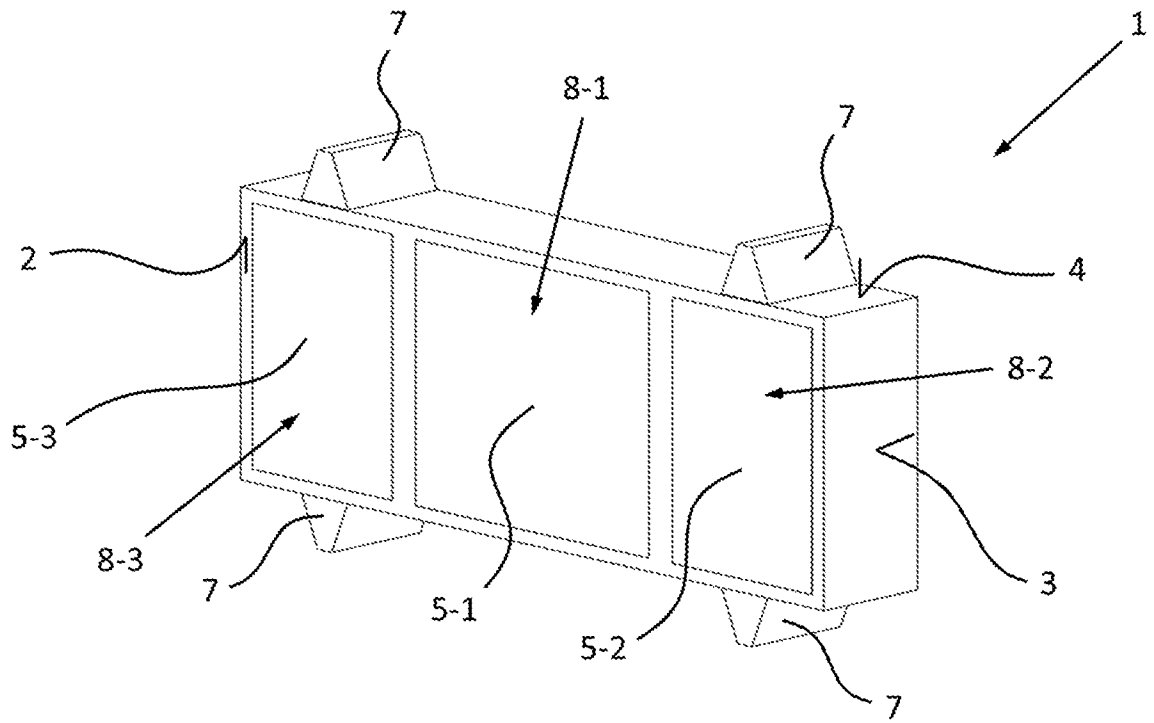


Fig. 4

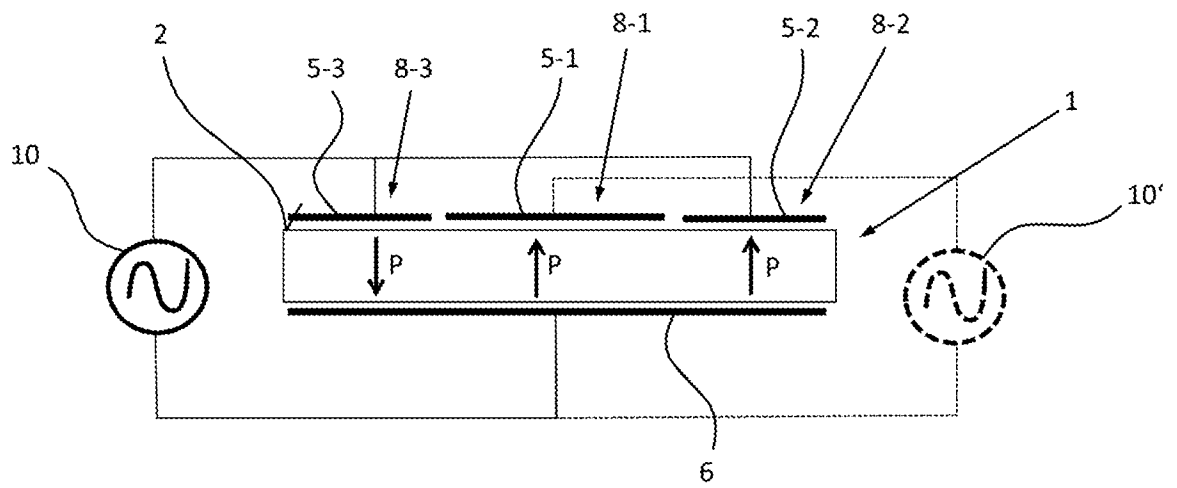


Fig. 5

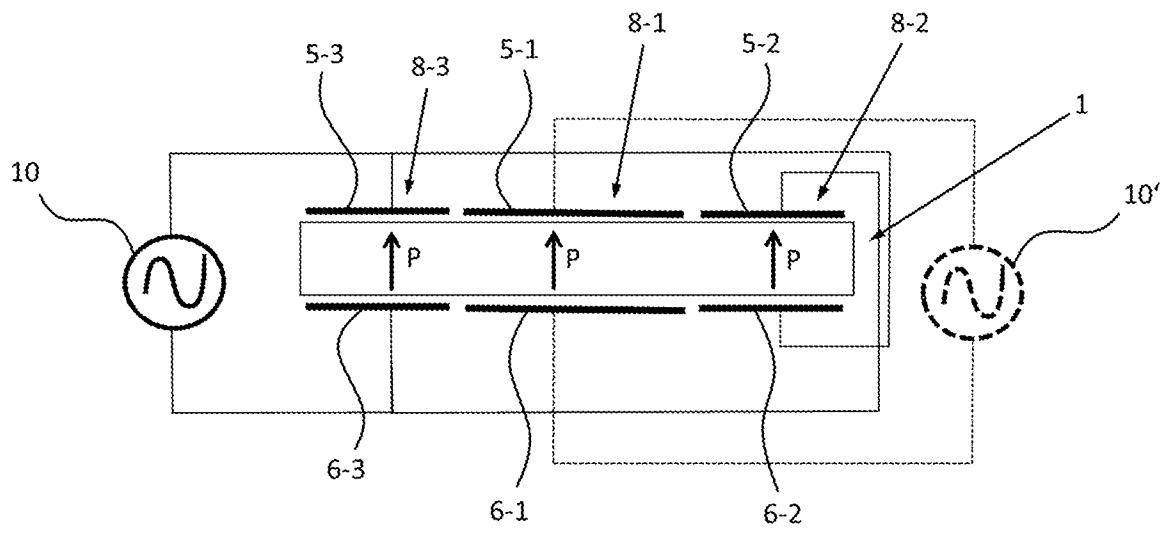


Fig. 6

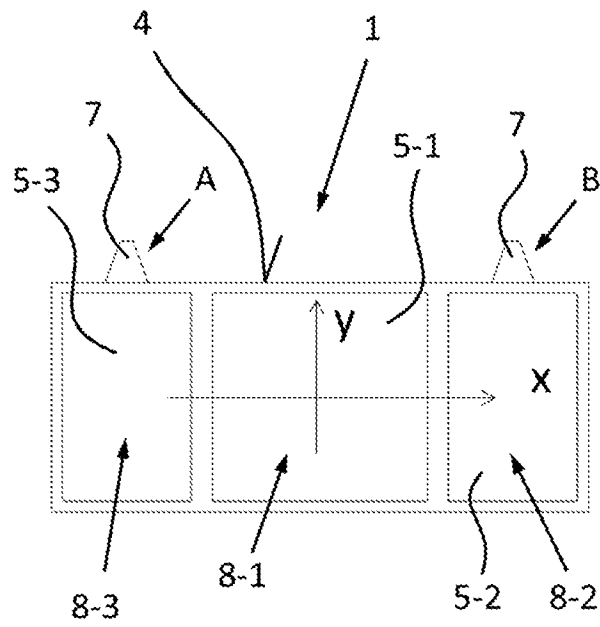


Fig. 7 a)

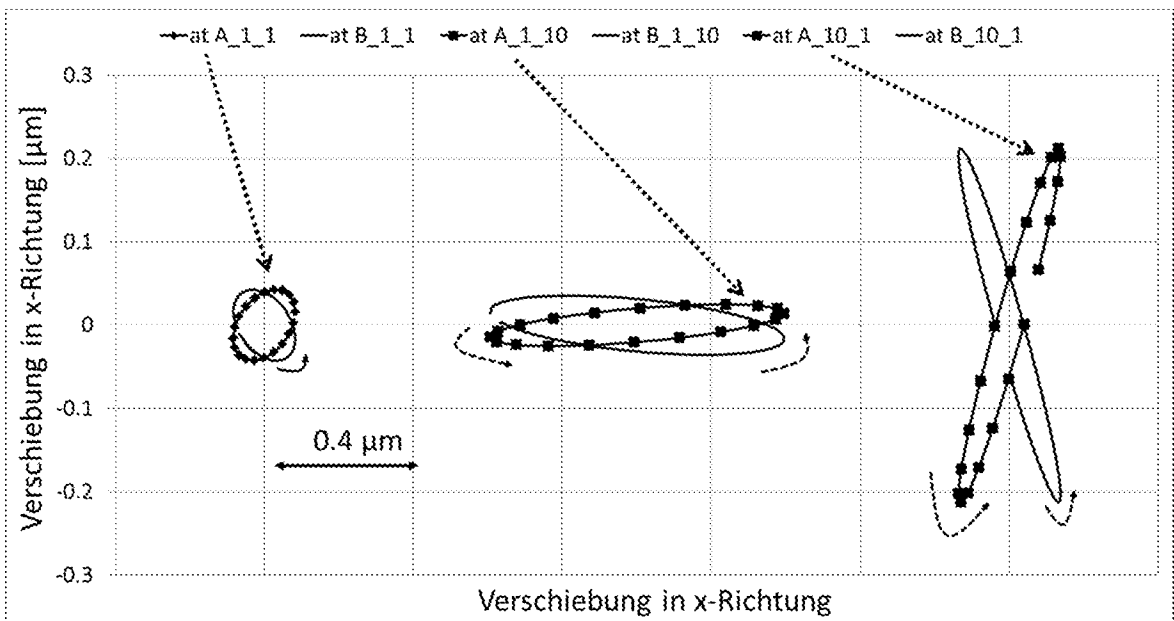


Fig. 7 b)

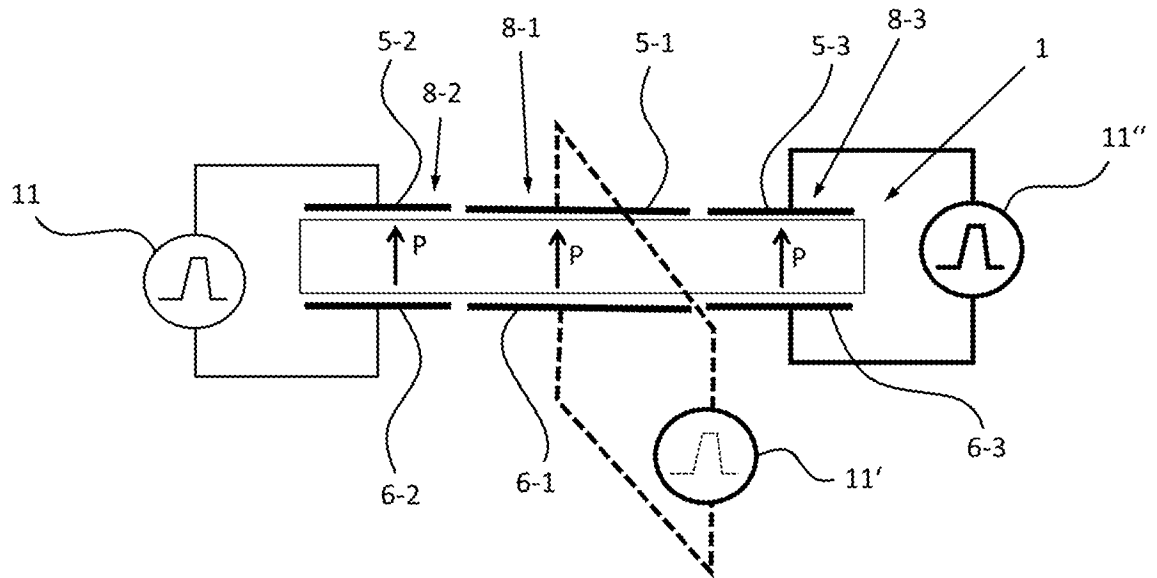


Fig. 8

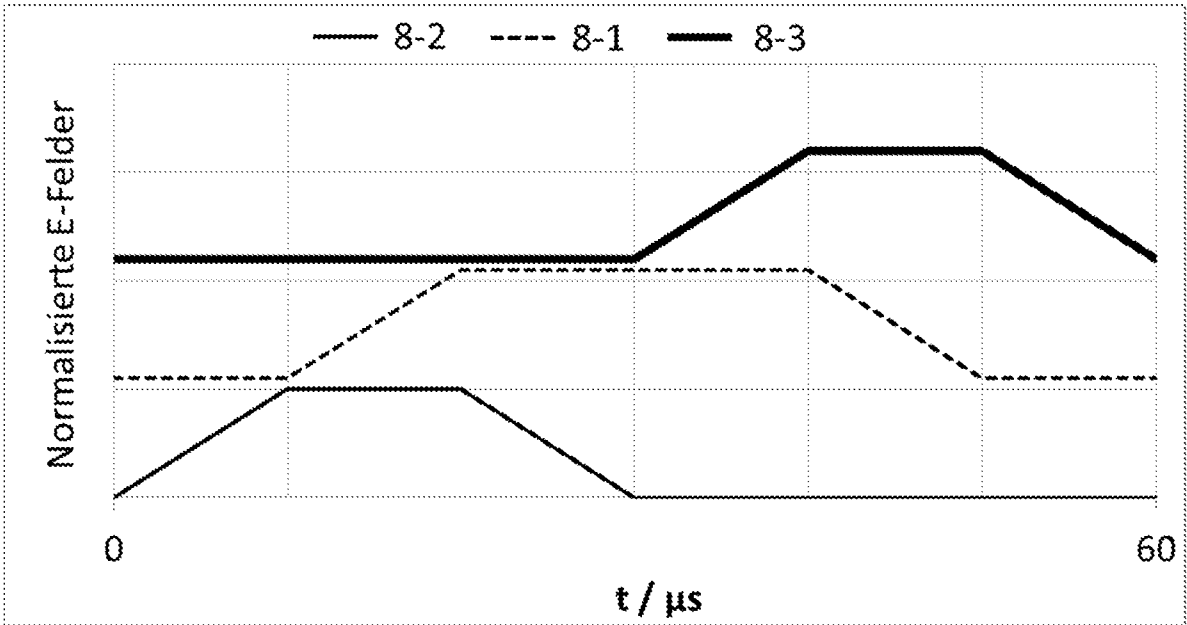


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2022/100599

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>H02N 2/00</i> (2006.01)i; <i>H01L 41/18</i> (2006.01)j According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02N; H01L Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 19938954 A1 (PI CERAMIC GMBH KERAMISCHE TEC [DE]) 08 March 2001 (2001-03-08) paragraph [0063] - paragraph [0094]; figures 1-3,5,7 paragraph [0105]; figure 15 paragraph [0171] - paragraph [0175]; figure 33	1-14
Y	ONUR BILGEN ET AL. "The actuation characterization of cantilevered unimorph beams with single crystal piezoelectric materials;The actuation characterization of cantilevered unimorph beams with single crystal piezoelectric materials" <i>SMART MATERIALS AND STRUCTURES, IOP PUBLISHING LTD., BRISTOL, GB</i> , Vol. 20, No. 5, 27 April 2011 (2011-04-27), page 55024 DOI: 10.1088/0964-1726/20/5/055024 ISSN: 0964-1726, XP020190409 page 6, right-hand column - page 7, left-hand column	1-14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 11 November 2022		Date of mailing of the international search report 23 November 2022
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Gröger, Andreas Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/DE2022/100599

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE 19938954 A1	08 March 2001	DE 19938954 A1	08 March 2001
		EP 1210759 A1	05 June 2002
		JP 4860862 B2	25 January 2012
		JP 2003507999 A	25 February 2003
		US 6806620 B1	19 October 2004
		WO 0113505 A1	22 February 2001

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H02N2/00 H01L41/18

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H02N H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 199 38 954 A1 (PI CERAMIC GMBH KERAMISCHE TEC [DE]) 8. März 2001 (2001-03-08) Absatz [0063] - Absatz [0094]; Abbildungen 1-3, 5, 7 Absatz [0105]; Abbildung 15 Absatz [0171] - Absatz [0175]; Abbildung 33 ----- -/--	1-14



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. November 2022

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

23/11/2022

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Gröger, Andreas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>ONUR BILGEN ET AL: "The actuation characterization of cantilevered unimorph beams with single crystal piezoelectric materials;The actuation characterization of cantilevered unimorph beams with single crystal piezoelectric materials", SMART MATERIALS AND STRUCTURES, IOP PUBLISHING LTD., BRISTOL, GB, Bd. 20, Nr. 5, 27. April 2011 (2011-04-27) , Seite 55024, XP020190409, ISSN: 0964-1726, DOI: 10.1088/0964-1726/20/5/055024 Seite 6, rechte Spalte - Seite 7, linke Spalte</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2022/100599

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19938954 A1	08-03-2001	DE 19938954 A1	08-03-2001
		EP 1210759 A1	05-06-2002
		JP 4860862 B2	25-01-2012
		JP 2003507999 A	25-02-2003
		US 6806620 B1	19-10-2004
		WO 0113505 A1	22-02-2001
