

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. November 2017 (16.11.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/194591 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F03G 7/06 (2006.01) *G05G 5/06* (2006.01)
G05G 1/02 (2006.01) *H01L 41/09* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/061157

(22) Internationales Anmeldedatum:

10. Mai 2017 (10.05.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2016 108 627.4

10. Mai 2016 (10.05.2016) DE

(71) Anmelder: UNIVERSITÄT DES SAARLANDES
[DE/DE]; Campus Saarbrücken, 66123 Saarbrücken (DE).
ZEMA, ZENTRUM FÜR MECHATRONIK UND AU-

TOMATISIERUNGSTECHNIK [DE/DE]; Gewerbepark
Eschberger Weg 46 -, Gebäude 9, 66121 Saarbrücken (DE).

(72) Erfinder: MOTZKI, Paul; Saargemünder Str. 143, 66129
Saarbrücken (DE). SEELECKE, Prof. Stefan; Nussber-
gerstr. 6, 66119 Saarbrücken (DE).

(74) Anwalt: BANSE & STEGLICH PATENTANWALTS-
KANZLEI; Herzog Heinrich Str. 23, 80336 München
(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, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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,

(54) Title: BISTABLE ACTUATOR DEVICE HAVING A SHAPE MEMORY ELEMENT

(54) Bezeichnung: BISTABILE AKTORVORRICHTUNG MIT EINEM FORMGEDÄCHTNISELEMENT

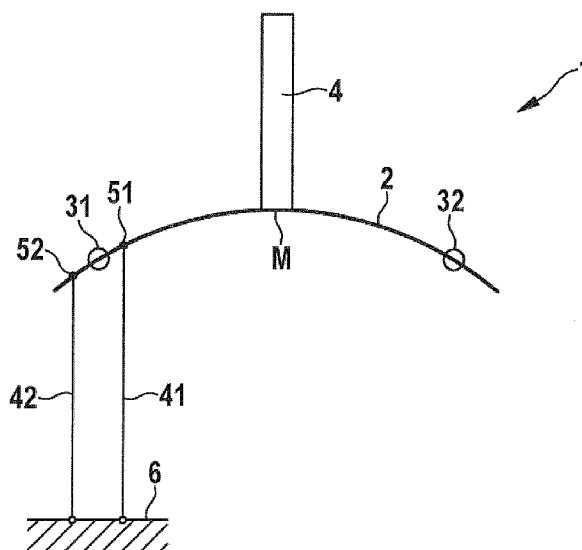


Fig. 1a

(57) Abstract: The invention relates to an actuator device (1) for providing at least two actuator positions, comprising an elastic bending element (2), which at at least one fastening point (31, 32, 34) is held such that by exerting a switching torque at the fastening point (31, 32, 34), an elastic deformation of the bending element (2) leads to a change from a first actuator position into a second actuator position, and comprising at least one actuator element (41, 42) having a shape memory wire, wherein by heating, the shape memory wire generates a tractive force, and is thus coupled to a section of the bending element (2) at the fastening point (31, 32, 34), such that the tractive force causes the switching moment to be brought about at the fastening point (31, 32, 34) in order to move the bending element (2) from the first actuator position into the second actuator position.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Aktorvorrichtung (1) zum Bereitstellen von mindestens zwei Aktorstellungen, umfassend: - ein elastisches Biegeelement (2), das zumindest an einem Befestigungspunkt (31, 32, 34) so gehalten ist, dass durch Ausüben eines Schalmoments an dem Befestigungspunkt (31, 32, 34) eine elastische Verformung des Biegeelements (2) zu einem Wechsel



WO 2017/194591 A1

OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (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)

von einer ersten Aktorstellung in eine zweite Aktorstellung führt; und - mindestens ein Aktorelement (41, 42), das mit einem Formgedächtnisdraht ausgebildet ist, wobei der Formgedächtnisdraht durch Erwärmen eine Zugkraft bewirkt und so mit einem Abschnitt des Biegeelements (2) an dem Befestigungspunkt (31, 32, 34) gekoppelt ist, dass durch die Zugkraft das Schaltmoment an dem Befestigungspunkt (31, 32, 34) bewirkt wird, um das Biegeelement (2) von der ersten Aktorstellung in die zweite Aktorstellung zu bewegen.

Bistabile Aktorvorrichtung mit einem Formgedächtniselement

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft Aktorvorrichtungen, insbesondere eine Aktorvorrichtung mit einem bistabilen Element, das durch eine Verformung eines Aktorelements aus einem Formgedächtnismaterial in einen veränderten bistabilen Zustand bezüglich seiner Form, Ausrichtung und/oder Stellung gebracht werden kann.

Technischer Hintergrund

Formgedächtnismaterialien werden in vielfältiger Weise bereits für Aktorvorrichtungen genutzt. Insbesondere wird bei vielen Aktorvorrichtungen eine Kraft genutzt, die aus einer Längenreduzierung eines zuvor gestreckten Drahtes aus Formgedächtnismaterial (Formgedächtnisdraht) bei Einwirkung von Wärme entsteht. Für derartige Drähte muss jedoch immer eine Rückstellkraft existieren, um den durch thermische Aktivierung verkürzten Draht wieder in seine vorherige Länge zu dehnen. Dies geschieht häufig durch eine Federkraft, durch die Kraft eines aktivierten weiteren Formgedächtnisdrahtes oder durch eine Gewichtskraft einer Masse.

Insbesondere bei Aktorvorrichtungen mit einem Formgedächtnisdraht als Aktorelement und mit einer Rückstellfeder kann eine bestimmte Stellung der Aktorvorrichtung durch das Aktorelement nur gehalten werden, solange eine entsprechende Aktivierungstemperatur des Formgedächtnisdrahts beibehalten wird. Dies erfolgt in der Regel durch Bestromung des Formgedächtnisdrahtes. Soll die Aktorvorrichtung längere Zeit in dieser Stellung gehalten werden, kann dies sehr energieaufwändig werden, da die höhere Temperatur des Formgedächtnisdrahtes aufrechterhalten werden muss.

Bei einer solchen Aktorvorrichtung wirkt die Rückstellkraft der Rückstellfeder dauerhaft auf den Formgedächtnisdraht; dies kann aufgrund der dauerhaften Belastung zu kritischen Spannungen und beschleunigter Alterung des Formgedächtnisdrahtes führen. Weiterhin wird zum Erreichen von nennenswerten Auslenkungen durch den Formgedächtnisdraht ein gro-

ßer Bauraum benötigt, da die erreichbare Auslenkung von der Länge des Formgedächtnisdrahtes abhängt.

Um diese Nachteile zu vermeiden, kann eine Aktorvorrichtung vorgesehen werden, die bistabile Aktorstellungen einnehmen kann, ohne dass in einer der Aktorstellungen eine dauerhafte Belastung auf ein Aktorelement ausgeübt wird. Dazu sieht die Druckschrift DE 10 2012 217 246 A1 eine bistabile Vorrichtung vor, bei der eine elastisch verformbare Platte zwischen Befestigungselementen angeordnet ist. Die Platte ist durch Ausüben einer Druckkraft in eine von zwei stabilen verformten Stellungen verformbar, wobei die Druckkraft mit Hilfe eines Formgedächtnislegierungs- oder Piezoaktorelements ausgeübt werden kann.

Aus der Druckschrift US 5,977,858 ist ein Aktuator mit einem Gehäuse bekannt, in dem eine Blattfeder angeordnet ist. Die Blattfeder ist mit zwei Formgedächtnisdrähten verbunden, die die Blattfeder bei deren Aktivierung in eine erste Stellung bzw. in eine zweite Stellung bewegen.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Aktorvorrichtung zur Verfügung zu stellen, bei der ein Biegeelement in mindestens zwei Aktorstellungen bistabil verformbar ist, wobei die Aktorelemente aus Formgedächtnismaterialien im nicht aktivierten Zustand keiner dauerhaften Belastung unterliegen. Weiterhin soll bereits mit geringen Aktorhüben ein Umschalten des Aktorelements erreicht werden.

Beschreibung von Ausführungsformen

Diese Aufgabe wird durch die Aktorvorrichtung nach Anspruch 1 sowie das Verfahren zum Betreiben einer Aktorvorrichtung gemäß dem nebengeordneten Anspruch gelöst.

Weitere Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Gemäß einem ersten Aspekt ist eine Aktorvorrichtung zum Bereitstellen von mindestens zwei Aktorstellungen vorgesehen; umfassend:

- ein bistabiles elastisches Biegeelement, das zumindest an einem Befestigungspunkt so gehalten ist, dass durch Ausüben eines Schaltmoments an dem Befestigungspunkt eine elastische Verformung des Biegeelements zu einem Wechsel von einer ersten Aktorstellung in eine zweite Aktorstellung führt, die jeweils eine bistabile Stellung des Biegeelements darstellen;

- mindestens ein Aktorelement, das mit einem Formgedächtnisdraht ausgebildet ist, wobei der Formgedächtnisdraht durch Erwärmen eine Zugkraft bewirkt und so mit einem Abschnitt des Biegeelements an dem Befestigungspunkt gekoppelt ist, dass durch die Zugkraft das Schaltmoment an dem Befestigungspunkt bewirkt wird, um das Biegeelement von der ersten Aktorstellung in die zweite Aktorstellung zu bewegen.

Insbesondere kann ein weiteres Aktorelement so mit einem Abschnitt des Biegeelements an dem Befestigungspunkt gekoppelt sein, dass durch die Zugkraft ein Schaltmoment an dem oder einem weiteren Befestigungspunkt bewirkt wird, um das Biegeelement von der zweiten Aktorstellung in die erste Aktorstellung zu bewegen.

Eine Idee der obigen Aktorvorrichtung besteht darin, ein bistabiles elastisches Biegeelement vorzusehen, das an mindestens einem Abschnitt schwenkbar an mindestens einer Schwenkachse gehalten ist und durch eigene Verformung eine Biegespannung ausüben kann. Das Biegeelement ist bezüglich der Schwenkachse so angeordnet, dass dieses sich gegen das Wirken einer rückstellenden Biegespannung in einer ersten oder einer davon verschiedenen zweiten Aktorstellung hält, die jeweils eine bistabile Stellung des Biegeelements darstellen. Um das Biegeelement von der ersten Aktorstellung in die zweite Aktorstellung zu bringen oder umgekehrt, wird ein Schaltmoment an der Schwenkachse auf das Biegeelement in einer ersten Richtung bzw. in einer zweiten Richtung ausgeübt. Die Schaltmomente werden durch jeweils ein oder mehrere mit einem Formgedächtnisdraht ausgebildeten Aktorelementen bewirkt, deren Längen sich bei entsprechender Aktivierung verkürzen und die dadurch eine Zugkraft ausüben können. Im nicht aktivierten Zustand können das eine oder die mehreren Aktorelemente durch Ausüben einer längenden Kraft gedehnt werden.

Eine solche Aktorvorrichtung hat den Vorteil, dass damit bistabile/multistabile Aktorstellungen bereitgestellt werden können, die lediglich durch das Ausüben von Zugkräften eingenommen werden können. Die Zugkräfte können in besonders einfacher Weise durch Formgedächtnisdrähte bereitgestellt werden. Eine solche Aktorvorrichtung ist insbesondere ohne rückstellende Federkräfte oder Gewichtskräfte realisierbar.

Weiterhin kann das elastische Biegeelement aus einem elastischen metallischen Material ausgebildet sein, wobei das Biegeelement zwischen dem ersten Befestigungspunkt und einem zweiten Befestigungspunkt mit einer Länge angeordnet ist, die größer ist als der Abstand zwischen dem ersten Befestigungspunkt und dem zweiten Befestigungspunkt.

Gemäß einer Ausführungsform kann das Biegeelement an mindestens einem von mehreren Befestigungspunkten schwenkbar gelagert sein, wobei an dem Biegeelement mehrere Zugpunkte vorgesehen sind, an denen jeweils ein oder mehrere Aktorelemente angreifen, um die Zugkraft zu bewirken.

Insbesondere können zwei Zugpunkte an mindestens einem der mehreren Befestigungspunkte an bezüglich des betreffenden Befestigungspunktes gegenüberliegenden Abschnitten des Biegeelements angeordnet sein, so dass durch Ausüben einer Zugkraft durch eines der Aktorelemente ein erstes Schaltmoment an dem betreffenden Befestigungspunkt auf das Biegeelement ausgeübt wird und durch Ausüben einer Zugkraft durch ein weiteres der Aktorelemente ein zweites dem ersten Schaltmoment entgegengesetztes Schaltmoment an dem betreffenden Befestigungspunkt auf das Biegeelement ausgeübt wird.

Weiterhin kann ein gemeinsamer Zugpunkt an mindestens einem der mehreren Befestigungspunkte angeordnet sein, von dem ausgehend sich mehrere Aktorelemente in verschiedene, insbesondere entgegengesetzte Richtungen erstrecken, so dass durch Ausüben einer Zugkraft durch eines der Aktorelemente ein erstes Schaltmoment an dem betreffenden Befestigungspunkt auf das Biegeelement ausgeübt wird und durch Ausüben einer Zugkraft durch ein weiteres der Aktorelemente ein zweites dem ersten Schaltmoment entgegengesetztes Schaltmoment an dem betreffenden Befestigungspunkt auf das Biegeelement ausgeübt wird.

Die Zugpunkte sind an bezüglich der Befestigung des Biegeelements gegenüberliegende Abschnitten an dem Biegeelement angebracht, um bei abwechselnder Aktivierung eine Zugkraft in die gleiche Querrichtung bezüglich des Biegeelements auszuüben, wodurch dieses in die erste oder die zweite Aktorstellung verbracht wird.

Dadurch können die Aktorelemente an Zugpunkten des Biegeelements angeordnet werden, wodurch keine zusätzlichen Bauteile zum Umwandeln der Zugkräfte in Schaltmomente notwendig sind. Insbesondere kann so gleichzeitig erreicht werden, dass die Zugkräfte der Aktorelemente zum Umschalten zwischen den Aktorstellungen in die gleiche Richtung ausgeübt werden. Dies ermöglicht einen platzsparenden Aufbau der Aktorvorrichtung, wobei die beiden Aktorelemente im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet werden können.

Weiterhin können die Zugpunkte jeweils mit einem Abstand an dem Biegeelement angeordnet sein, der zwischen 0,5 und 25 %, vorzugsweise zwischen 1% und 20%, weiter bevorzugt zwischen 2% und 5% der Länge des Biegeelements zwischen den Befestigungspunkten ent-

spricht. Der Abstand der Zugpunkte von einem zugeordneten Befestigungspunkt kann so gewählt sein, dass der Hub eines Stellelements, der durch die Verstellung zwischen den Aktorstellungen erreicht wird, um einen Faktor von mindestens 5, vorzugsweise mindestens 10, größer ist als der Hub, der an dem Zugpunkt zum Wechsel zwischen den Aktorstellungen benötigt wird.

Durch die Anordnung der Zugpunkte relativ nahe an dem Befestigungspunkt, an dem das Biegeelement schwenkbar gelagert ist, kann durch einen geringen Aktorhub bereits ein hohes Schaltmoment für eine bistabile Verformung des Biegeelements ausgelöst werden, so dass es möglich ist, als Aktorelement relativ kurze Formgedächtnisdrähte zu verwenden, die einen geringen Hub aufweisen. Auch dies ermöglicht eine möglichst kompakte Ausführung einer solchen Aktorvorrichtung, da die Länge des Formgedächtnisdrahtes gegenüber bekannten Formgedächtnisaktoren erheblich reduziert werden kann.

Es kann vorgesehen sein, dass die Aktorelemente sich quer bzw. senkrecht, d.h. schräg oder rechtwinklig zu der Verbindungsstrecke zwischen den Befestigungspunkten erstrecken, so dass auf das Biegeelement eine Kraftkomponente rechtwinklig zu der Verbindungsstrecke zwischen den Befestigungspunkten ausgeübt wird, und an ihren den Zugpunkten gegenüberliegenden Enden an einem ortsfesten Bauteil, z.B. einem Gehäuse oder dergleichen, gehalten sind.

Das Biegeelement kann an mindestens einem von mehreren Befestigungspunkten schwenkbar um eine Drehachse, z.B. an einer Welle oder einer Achse, gelagert sein, wobei an dem einen Befestigungspunkt mindestens ein Aktorelement insbesondere an einem an der Welle oder der Achse angeordneten, insbesondere quer bzw. senkrecht, d.h. schräg oder rechtwinklig zu der Drehachse, abstehenden Zugschenkel angreift, so dass durch Ausüben einer Zugkraft auf den Zugschenkel eine Kraftkomponente rechtwinklig zu der axialen Richtung wirkt und durch eines der Aktorelemente das Schaltmoment an dem betreffenden Befestigungspunkt um die Drehachse ausgeübt wird.

Insbesondere kann sich der mindestens eine Zugschenkel im Wesentlichen quer bzw. senkrecht, d.h. schräg oder rechtwinklig zu dem Biegeelement und das mindestens eine Aktorelement schräg oder im Wesentlichen parallel zu einer Verbindungsstrecke zwischen zwei der mehreren Befestigungspunkte erstrecken.

Es kann vorgesehen sein, dass das Biegeelement an mindestens einem von mehreren Befestigungspunkten schwenkbar gelagert ist, wobei an dem Biegeelement ein gemeinsamer

Zugpunkt an dem mindestens einen Befestigungspunkt vorgesehen ist, wobei an dem gemeinsamen Zugpunkt mehrere Aktorelemente angreifen, wobei der gemeinsame Zugpunkt so an dem mindestens einen Befestigungspunkt des Biegeelements angeordnet ist, so dass durch Ausüben einer Zugkraft durch eines der mehreren Aktorelemente ein erstes Schaltmoment an dem mindestens einen Befestigungspunkt auf das Biegeelement ausgeübt wird und durch Ausüben einer Zugkraft durch ein weiteres der mehreren Aktorelemente ein zweites dem ersten Schaltmoment entgegengesetztes Schaltmoment an dem mindestens einen Befestigungspunkt auf das Biegeelement ausgeübt wird.

Weiterhin kann das Biegeelement an vier Befestigungspunkten schwenkbar um eine jeweilige Drehachse, z.B. an einer jeweiligen Welle oder an einer jeweiligen Achse, gelagert sein, wobei mindestens eines der Aktorelemente zwischen zwei Zugpunkten an Zugschenkeln verschiedener in Umfangsrichtung der flächigen Erstreckung des Biegeelement benachbarten Befestigungspunkte angebracht ist, so dass durch Ausüben einer Zugkraft durch das mindestens eine Aktorelement zueinander entgegengesetzt gerichtete Schaltmomente an den durch das mindestens eine Aktorelement miteinander verbundenen Befestigungspunkten um die Drehachse ausgeübt werden.

Es kann vorgesehen sein, dass mindestens eines der als Formgedächtnisdraht ausgebildete Aktorelement die Zugpunkte in in Umfangsrichtung des Biegeelements umlaufender Weise miteinander verbindet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Biegeelement an mindestens einem von mehreren Befestigungspunkten schwenkbar gelagert sein, wobei an dem Biegeelement ein gemeinsamer Zugpunkt an dem mindestens einen Befestigungspunkt vorgesehen ist, wobei an dem gemeinsamen Zugpunkt mehrere Aktorelemente angreifen, wobei der gemeinsame Zugpunkt so an dem mindestens einen Befestigungspunkt des Biegeelements angeordnet ist, so dass durch Ausüben einer Zugkraft durch eines der mehreren Aktorelemente ein erstes Schaltmoment an dem mindestens einen Befestigungspunkt auf das Biegeelement ausgeübt wird und durch Ausüben einer Zugkraft durch ein weiteres der mehreren Aktorelemente ein zweites dem ersten Schaltmoment entgegengesetztes Schaltmoment an dem mindestens einen Befestigungspunkt auf das Biegeelement ausgeübt wird.

Weiterhin können die mindestens zwei Aktorelemente als Antagonist-Protagonist-Anordnung so ausgelegt sind, dass bei Ausüben einer Zugkraft durch eines der Aktorelemente, das jeweils andere Aktorelement gedehnt wird.

Gemäß einer Ausführungsform kann das mindestens eine Aktorelement so mit einer elektrischen Stromquelle verbunden sein, um eine Erwärmung durch Bestromung zu erreichen.

Gemäß einem weiteren Aspekt kann ein Verfahren zum Betreiben der obigen Aktorvorrichtung mit mindestens zwei Aktorelementen vorgesehen sein, wobei der Formgedächtnisdraht der Aktorelements zum Ausüben des Schaltmoments wechselweise erwärmt wird, um durch die Zugkraft das Schaltmoment um den ersten Befestigungspunkt zum Ändern der Aktorstellung zu bewirken.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Ausführungsformen werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figuren 1a und 1b eine schematische Darstellung einer Aktorvorrichtung in einer ersten Aktorstellung und einer zweiten Aktorstellung;

Figur 2 eine schematische Darstellung einer Aktorvorrichtung in einer weiteren Ausführungsform;

Figuren 3a und 3b eine weitere Aktorvorrichtung in einer ersten Aktorstellung und einer zweiten Aktorstellung; und

Figuren 4a und 4b eine weitere Aktorvorrichtung in einer ersten Aktorstellung und einer zweiten Aktorstellung;

Figuren 5a und 5b eine weitere Aktorvorrichtung in einer ersten Aktorstellung und einer zweiten Aktorstellung;

Figuren 6a und 6b eine weitere Aktorvorrichtung in einer ersten Aktorstellung und einer zweiten Aktorstellung;

Figur 7 eine schematische Darstellung eines Lagerungselements;

Figuren 8a und 8b eine weitere Aktorvorrichtung in einer Draufsicht und einer Querschnittsansicht; und

Figuren 9a und 9b eine weitere Aktorvorrichtung in einer Draufsicht und einer Querschnittsansicht.

Beschreibung von Ausführungsformen

Figuren 1a und 1b zeigen eine Aktorvorrichtung in zwei Aktorstellungen. Die Aktorstellungen stellen bistabile Stellungen der Aktorvorrichtung dar, die ohne Zufuhr von Energie gehalten werden.

Die Aktorvorrichtung 1 weist ein flächiges Biegeelement 2 auf, das in Form eines Biegeplättchens oder einer Biegezung aus einem elastischen Material ausgebildet sein kann. Das Biegeelement 2 kann insbesondere aus einem metallischen Material ausgebildet sein, das eine hohe Elastizität und Formsteifigkeit aufweist. Das Biegeelement 2 ist in der gezeigten Ausführungsform zwischen einem ersten und einem zweiten Befestigungspunkt 31, 32 so eingespannt, dass die zwischen den Befestigungspunkten 31, 32 liegende Länge des Biegeelements 2 bzw. Abschnitt des Biegeelements 2 größer ist als der Abstand der Befestigungspunkte 31, 32.

In der gezeigten Ausführungsform kann das Biegeelement 2 an beiden Befestigungspunkten 31, 32 schwenkbar gelagert sein, so dass sich aufgrund der höheren Länge des Biegeelements 2 zwischen den Befestigungspunkten 3 eine Verformung des Biegeelements 2 in einer ersten Aktorstellung (Figur 1a) oder in einer zweiten Aktorstellung (Figur 1b) ergibt. Das Biegeelement 2 dient so als Schaltelement, das in einer ersten Form/Verformung in einer ersten Aktorstellung und in einer zweiten Form/Verformung in eine zweite Aktorstellung gebracht werden kann, um z.B. ein mit dem Biegeelement 2 gekoppeltes Stellelement 4 von einer ersten in eine zweite Position oder umgekehrt zu versetzen.

Das Umschalten des Biegeelements 2 erfolgt durch Ausüben eines Schaltmoments nahe dem ersten Befestigungspunkt 31. Das Schaltmoment kann gemäß der Ausführungsform der Figuren 1a und 1b ausgeübt werden, indem ein erstes Aktorelement 41 an einem ersten Zugpunkt 51 an dem Biegeelement 2 und ein zweites Aktorelement 42 an einem zweiten Zugpunkt 52 des Biegeelements 2 befestigt ist. Das erste und zweite Aktorelement 41, 42 sind an ihren den Zugpunkten 51, 52 gegenüberliegenden Enden an einem z.B. ortsfesten Bauteil 6 fixiert.

Der erste und der zweite Zugpunkt 51, 52 sind aneinander bezüglich des ersten Befestigungspunktes 31 an gegenüberliegenden Abschnitten des Biegeelements 2 angeordnet. In der gezeigten Ausführungsform erfährt etwa die Mitte M des Biegeelements 2 zwischen den beiden Befestigungspunkten 31, 32 die größte Auslenkung, und es ist vorgesehen, dass der erste Zugpunkt 51 zwischen der Mitte des Biegeelements 2 und dem ersten Befestigungspunkt 31 angeordnet ist, mit einem Abstand von dem ersten Befestigungspunkt 31, der vorzugsweise maximal 25%, vorzugsweise zwischen 1 und 20%, besonders bevorzugt zwischen 2 und 5% des Abstands zwischen den beiden Befestigungspunkten 31, 32 beträgt. Auf diese Weise reicht eine geringe Auslenkung quer zu der Verbindungsstrecke zwischen den Befestigungspunkten 31, 32 am ersten Zugpunkt 51 aus, um eine Verformung des Biegeelements 2 in Richtung in die jeweils andere Aktorstellung zu bewirken.

Der Abstand der Zugpunkte 51, 52 von dem Befestigungspunkt 31 kann so gewählt sein, dass der Hub eines Stellelements 4, der durch die Verstellung zwischen den Aktorstellungen erreicht wird, um einen Faktor von mindestens 5, vorzugsweise von mindestens 10, größer ist als der Hub, der an dem Zugpunkt 51, 52 zum Wechsel zwischen den Aktorstellungen benötigt wird.

Die Aktorelemente 41, 42 sind als Formgedächtnisdrähte aus einem Formgedächtnismaterial, wie beispielsweise einer Formgedächtnislegierung, die an sich aus dem Stand der Technik bekannt sind, ausgebildet. Formgedächtnisdrähte können elastisch durch Dehnen verlängert werden und streben in ihren kürzeren Ausgangszustand, wenn diese erwärmt werden. Die Erwärmung des jeweiligen Aktorelements 41, 42 kann durch externe Wärmequellen oder durch einen das Aktorelement 41, 42 erwärmenden Stromdurchfluss durch den Formgedächtnisdraht erfolgen.

Wird ausgehend von der Aktorstellung der Figur 1a das erste Aktorelement 41 aktiviert, d.h. erwärmt, so verringert sich deren Länge und es wird eine Zugkraft auf den ersten Zugpunkt 51 ausgeübt. Sobald der Zugpunkt 51 ausreichend quer zu der Verbindungsstrecke zwischen den Befestigungspunkten 31, 32 ausgelenkt ist, verformt sich/springt das Biegeelement 2 in die zweite Aktorstellung, die in Figur 1b gezeigt ist. Dadurch wird durch die dann erreichten neuen Positionen der Zugpunkte 51, 52 das erste Aktorelement 41 schnell entlastet und gleichzeitig das zweite Aktorelement 42 gedehnt, da der dem ersten Befestigungspunkt 31 gegenüberliegende zweite Zugpunkt 52 sich quer zur Verbindungsstrecke zwischen den Befestigungspunkten 31, 32 in die entgegengesetzte Richtung bewegt.

Auf diese Weise kann das zweite Aktorelement 42 in einen gestreckten Zustand verbracht werden, in dem es verformt ist und bei einer Aktivierung, d.h. bei Erwärmung, aufgrund seiner Formgedächtniseigenschaft seine Länge verkürzen kann. Wenn das zweite Aktorelement 42 aktiviert wird, wird eine Zugkraft auf den zweiten Zugpunkt 52 im Wesentlichen in die gleiche Richtung wie zuvor beim ersten Zugpunkt 51 aufgebracht. Dadurch wird ein der vorherigen Situation entgegengesetztes Schaltmoment um den ersten Befestigungspunkt 31 bewirkt, durch das das Biegeelement 2 von der zweiten Aktorstellung (Figur 1b) wieder zurück in die erste Aktorstellung (Figur 1a) gebracht werden kann.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Zugpunkte 51, 52 an dem Biegeelement 2 angebracht, um das Biegeelement 2 an dem ersten Befestigungspunkt 31 mit einem Schaltmoment zu beaufschlagen.

Alternativ kann, wie in Figur 2 gezeigt, das Biegeelement 2 mit einer drehbaren Welle 7 an dem ersten Befestigungspunkt 31 versehen sein, wodurch eine Drehachse des Verschwenkens gebildet wird. Alternativ kann die Drehachse auch durch das Biegeelement selbst gebildet sein, welches entsprechend eingespannt bzw. gelagert ist. Weiterhin kann die Welle 7 z.B. axial versetzt mit bezüglich der Welle 7 in verschiedenen Richtungen abstehenden, insbesondere einander gegenüberliegenden Zugschenkeln 8 versehen sein, an denen die Zugpunkte 51, 52 für die Aktorelemente 41, 42 angeordnet sind. Durch Ausüben einer Zugkraft über die Zugpunkte 51, 52 über die Aktorelemente 41, 42 kann ein entsprechendes Schaltmoment auf die Welle 7 ausgeübt werden.

Ein auf die Welle 7 durch die Aktorelemente 41, 42 ausgeübtes Schaltmoment kann dann zu Verformungen des Biegeelements 2 zwischen der ersten und zweiten Aktorstellung dienen. Dies ermöglicht es, die als Formgedächtnisdrähte ausgebildeten Aktorelemente 41, 42 sich in verschiedene Richtungen erstreckend anzuordnen, so dass ebenfalls ein platzsparender Aufbau realisiert werden kann. Insbesondere zeigt die Ausführungsform der Figur 2 eine Anordnung der Formgedächtnisdrähte parallel zu der Verbindungsstrecke zwischen dem ersten und zweiten Befestigungspunkt 31, 32, wobei die Aktorelemente 41, 42 an der an dem ersten Befestigungspunkt 31 angeordneten Welle 7 über entsprechende quer bzw. senkrecht, d.h. schräg oder rechtwinklig zur Richtung der Verbindungsstrecke zwischen den beiden Befestigungspunkten 31, 32 abstehenden Zugschenkeln 8 angreifen können. Dies ermöglicht einen besonders platzsparenden Aufbau der Aktorvorrichtung 1.

Wie in den Figuren 3a und 3b dargestellt, kann die Aktorvorrichtung nach Figur 1 auch über beide Befestigungspunkte 31, 32 mit jeweiligen gegeneinander gerichteten Schaltmomenten

aktiviert werden, um so das an einem der Befestigungspunkte 31, 32 benötigte Schaltmoment zu reduzieren. Dies ermöglicht es, den Abstand zwischen den Zugpunkten 51, 52 und den jeweiligen Befestigungspunkten 31, 32 weiter zu verringern, um so den benötigten Aktorhub, d.h. die Länge zwischen dem gedehnten Zustand und dem nach dem Aktivieren erreichten Ausgangszustand der Aktorelemente 41, 42 weiter verringern zu können.

In den Figuren 4a und 4b ist eine weitere Ausführungsform der Aktorvorrichtung 1 dargestellt. Hierbei ist ein Ende des Biegeelements 2 an einer Haltevorrichtung 9 fixiert, d.h. die Lagerung des betreffenden Endes übt ein entsprechendes Haltemoment auf das Biegeelement 2 aus. Somit muss zum Bewirken einer Verformung des Biegeelements 2 ein Schaltmoment lediglich auf den ersten Befestigungspunkt 31 ausgeübt werden. Auf diese Weise kann, insbesondere in Verbindung mit der Ausführungsform der Figur 2, das Biegeelement 2 und die Enden der Aktorelemente 41, 42, die den an den Zugschenkeln 8 angeordneten Zugpunkten 51, 52 gegenüberliegen, an einer gemeinsamen Haltevorrichtung befestigt werden, so dass eine konstruktiv einfache Ausgestaltung der Aktorvorrichtung 1 erreicht werden kann.

Die Figuren 5a und 5b zeigen eine weitere Aktorvorrichtung 1 in zwei Aktorstellungen. Im Unterschied zu der Ausführungsform der Figuren 1a und 1b sind die beiden Aktorelemente 41, 42 an einem gemeinsamen Zugpunkt 53 angeordnet. Die Aktorelemente 41, 42 können sich beispielsweise ausgehend von dem gemeinsamen Zugpunkt 53 an dem Biegeelement 2 in entgegengesetzte Richtungen erstrecken. Der gemeinsame Zugpunkt 53 kann wie gezeigt an dem Biegeelement 2 zwischen den Befestigungspunkten 31, 32 angeordnet sein. Alternativ kann der gemeinsame Zugpunkt 53 auch an dem Biegeelement 2 an einem an dem Befestigungspunkt 31, 32 überstehenden Abschnitt des Biegeelements 2 außerhalb des Abschnitts zwischen den Befestigungspunkten 31, 32 angeordnet sein.

Wie zuvor beschrieben, erfolgt das Umschalten des Biegeelements 2 durch ein Schaltmoment, das durch Ausüben einer Zugkraft nahe dem ersten Befestigungspunkt 31 bewirkt wird. Das Schaltmoment kann gemäß der Ausführungsform der Figuren 5a und 5b ausgeübt werden, indem das erste Aktorelement 41 an dem gemeinsamen Zugpunkt 53 an dem Biegeelement 2 und das zweite Aktorelement 42 ebenfalls an dem gemeinsamen Zugpunkt 53 des Biegeelements 2 befestigt ist. Das erste und zweite Aktorelement 41, 42 sind an ihren dem gemeinsamen Zugpunkt 53 gegenüberliegenden Enden an z.B. ortsfesten Bauteilen 6 fixiert. Die Aktorelemente 41, 42 können in verschiedene Richtungen bei deren Aktivierung Zugkräfte auf den Zugpunkt ausüben, vorzugsweise in einander entgegengesetzte Richtungen.

Der gemeinsame Zugpunkt 53 kann bezüglich des ersten Befestigungspunktes 31 in Richtung zu dem zweiten Befestigungspunkt 32 versetzt sein oder in einer dazu entgegengesetzten Richtung. Abgesehen von der unterschiedlichen Anordnung des ersten und des zweiten Aktorelements 41, 42 kann die Aktorvorrichtung 1 der Figuren 5a und 5b mit den Merkmalen der Ausführungsformen der Figuren 1 bis 4 versehen sein.

In den Figuren 6a und 6b ist eine weitere Ausführungsform einer Aktorvorrichtung 1 in zwei verschiedenen Aktorstellungen dargestellt, bei der das Biegeelement 2 an dem ersten und dem zweiten Befestigungspunkt 31, 32 in oben beschriebener Weise angeordnet und jeweils mit einer Welle 7 schwenkbar um eine entsprechende Drehachse gehalten ist. Die beiden Wellen 7 an den Befestigungspunkten 31, 32 können z.B. axial versetzt mit bezüglich der jeweiligen Welle 7 einander gegenüberliegenden Zugschenkeln 8 (die alternativ auch in verschiedenen Richtungen von der jeweiligen Welle 7 abstehen können), versehen sein, die radial von der Schwenkachse abstehen. An den Zugschenkeln 8 können die Zugpunkte 51, 52 für die Aktorelemente 41, 42 versetzt zu der Schwenkachse angeordnet sein. Durch Ausüben einer Zugkraft auf die Zugpunkte 51, 52 über die Aktorelemente 41, 42 kann ein entsprechendes Schaltmoment auf beide Wellen 7 ausgeübt werden. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind zwei Aktorelemente 41, 42 so vorgesehen, dass das erste Aktorelement 41 zwischen den beiden ersten Zugpunkten 51 an den Zugschenkeln 8 der beiden Befestigungspunkte 31, 32 angeordnet ist und das zweite Aktorelement 42 zwischen den beiden zweiten Zugpunkten 52 an den Zugschenkeln 8 der beiden Befestigungspunkte 31, 32 angeordnet ist. Auf diese Weise können beim Aktivieren des ersten oder des zweiten Aktorelements 41, 42 zueinander entgegengesetzt gerichtete Schaltmomente an den Befestigungspunkten 31, 32 auf das Biegeelement 2 ausgeübt werden. Dabei ist eine Anbringung der den Zugpunkten gegenüberliegenden Enden der Aktorelemente 41, 42 an ortsfesten Bauteilen nicht notwendig.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Zugpunkte 51, 52 an dem Biegeelement 2 angebracht, um das Biegeelement 2 an dem ersten Befestigungspunkt 31 mit einem Schaltmoment zu beaufschlagen. Alternativ kann das Biegeelement 2 mit einer Welle 7 als Drehachse des Verschwenkens an dem ersten Befestigungspunkt 31 fest verbunden sein. Weiterhin kann wie in Figur 2 gezeigt die Welle 7 z.B. axial versetzt mit bezüglich der Welle 7 einander gegenüberliegenden Zugschenkeln 8 (alternativ auch in verschiedenen Richtungen von der Welle 7 abstehen können), versehen sein, an denen die Zugpunkte 51, 52 für die Aktorelemente 41, 42 angeordnet sind. Durch Ausüben einer Zugkraft über die Zugpunkte

51, 52 über die Aktorelemente 41, 42 kann ein entsprechendes Schaltmoment um die Drehachse ausgeübt werden.

In Figur 7 ist eine Darstellung eines Lagerelements 9 zur Lagerung des Biegeelements 2 an einem oder mehreren der Befestigungspunkte 31, 32, d.h. z.B. dem ersten und/oder an dem zweiten Befestigungspunkt 31, 32, dargestellt. Das Lagerelement 9 weist eine Aufnahmeöffnung 91 oder eine sonstige Halterung zur Aufnahme/ zum Befestigen eines Endes des Biegeelements 2 auf und ist mit einer Lagerung 92 versehen, um das Lagerelement 9 schwenkbeweglich an dem jeweiligen Befestigungspunkt 31, 32 zu halten. Die Lagerung 92 kann die Welle 7 als Drehachse aufweisen. Versetzt, vorzugsweise gegenüber der Aufnahmeöffnung 91, ist ein nicht elastisches Übertragungselement 93 mit der Lagerung 92 verbunden, um einen oder mehrere Zugpunkte zum Anbringen der Aktorelemente 41, 42 bereitzustellen. Das Übertragungselement 93 kann in Form eines Zugschenkels ausgebildet sein. Das Übertragungselement 93 dient zum Bewirken des Schaltmoments im Bereich des jeweiligen Befestigungspunktes, das über die Aufnahmeöffnung 91 /sonstige Halterung auf das Biegeelement 2 übertragen werden kann.

Die Figuren 8a und 8b zeigen eine weitere Ausführungsform der Aktorvorrichtung 1 in einer Draufsicht und einer Seitenansicht. Die Aktorvorrichtung 1 nach der Ausführungsform der Figuren 8a und 8b weist ein Biegeelement 2 auf, das mehr als zwei Befestigungspunkte 34 aufweist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das Biegeelement 2 kreuzförmig und an vier Befestigungspunkten 34 schwenkbar gelagert, so dass sich zwei Aktorstellungen ergeben, eine erste Aktorstellung, bei der die Mitte des Biegeelements 2 quer bzw. senkrecht zur Ebene der Befestigungspunkte nach oben, und eine zweite Aktorstellung, bei der die Mitte des Biegeelements 2 quer bzw. senkrecht zur Ebene der Befestigungspunkte 34 nach unten ausgelenkt ist. Analog können an einem, mehreren oder allen Befestigungspunkten 34 entsprechend ein oder mehrere Aktorelemente (nicht gezeigt) in einer der oben beschriebenen Arten angeordnet sein, um ein Schaltmoment auf das Biegeelement 2 auszuüben.

Die Figuren 9a und 9b zeigen eine Variante der Aktorvorrichtung 1 der Figuren 8a und 8b in einer Draufsicht und einer Seitenansicht. Das Biegeelement 2 ist wie zuvor beschrieben zwischen vier Befestigungspunkten 34 eingespannt und dort über jeweilige Wellen 7 als Drehachse schwenkbar gelagert. Quer bzw. senkrecht, d.h. schräg oder rechtwinklig zur Erstreckungsrichtung des Biegeelements 2 an jedem Befestigungspunkt 34 stehen zwei Zugschenkel 8 an jedem Befestigungspunkt 34 in verschiedenen, insbesondere einander entgegengesetzten Richtungen ab.

Die Aktorelemente 41, 42 sind zwischen Zugpunkten an den Zugschenkeln 8 angebracht, wobei die Zugpunkte 54, 55 einen Abstand zu den durch die Wellen 7 gebildete Schwenkachsen darstellen. Insbesondere können wie in den Figuren 9a und 9b dargestellt, die Aktorelemente 41, 42 jeweils zwischen zwei Zugpunkten 54, 55 angeordnet sein, die in gleicher Richtung zu der Welle 7 versetzt angeordnet sind. Weiterhin können sich die Zugpunkte 54, 55 an Zugschenkeln 8 befinden, die in Umfangsrichtung an benachbarten Befestigungspunkten 34 angeordnet sind. Auf diese Weise greifen an jedem Schenkel 8 eines Befestigungspunktes 34 zwei Aktorelemente an, die an demselben oder an zwei verschiedenen (in Richtung der Schwenkachse der jeweils zugeordneten Welle 7 versetzten) Zugpunkten angreifen können.

Anstelle der Wellen 7 können in den beschriebenen Ausführungsformen auch entsprechend gelagerte Achsen vorgesehen sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform können die Aktorelemente 41, 42 jeweils auch als einteiliger oder mehrteiliger umlaufender Formgedächtnisdraht ausgebildet sein, der die Zugpunkte 54 bzw. 55 in in Umfangsrichtung des Biegeelements 2 umlaufender Weise miteinander verbindet. Um eine gleichmäßige Zugverteilung zu erreichen, kann der Formgedächtnisdraht an zumindest einigen der jeweiligen Zugpunkte 54, 55 verschiebbar angeordnet sein.

Ansprüche

1. Bistabile Aktorvorrichtung (1) zum Bereitstellen von mindestens zwei Aktorstellungen, umfassend:
 - ein elastisches Biegeelement (2), das zumindest an einem Befestigungspunkt (31, 32, 34) so gehalten ist, dass durch Ausüben eines Schaltmoments an dem Befestigungspunkt (31, 32, 34) eine elastische Verformung des Biegeelements (2) zu einem Wechsel von einer ersten Aktorstellung in eine zweite Aktorstellung führt; und
 - mindestens ein Aktorelement (41, 42), das mit einem Formgedächtnisdraht ausgebildet ist, wobei der Formgedächtnisdraht durch Erwärmen eine Zugkraft bewirkt und so mit einem Abschnitt des Biegeelements (2) an dem Befestigungspunkt (31, 32, 34) gekoppelt ist, dass durch die Zugkraft das Schaltmoment an dem Befestigungspunkt (31, 32, 34) bewirkt wird, um das Biegeelement (2) von der ersten Aktorstellung in die zweite Aktorstellung zu bewegen.
2. Aktorvorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei ein weiteres Aktorelement (41, 42) so mit einem Abschnitt des Biegeelements (2) an dem Befestigungspunkt (31, 32, 34) gekoppelt ist, dass durch die Zugkraft ein Schaltmoment an dem oder einem weiteren Befestigungspunkt (31, 32, 34) bewirkt wird, um das Biegeelement (2) von der zweiten Aktorstellung in die erste Aktorstellung zu bewegen.
3. Aktorvorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei das elastische Biegeelement (2) aus einem elastischen metallischen Material ausgebildet ist, wobei das Biegeelement (2) zwischen dem ersten Befestigungspunkt (31) und einem zweiten Befestigungspunkt (32) mit einer Länge angeordnet ist, die größer ist als der Abstand zwischen dem ersten Befestigungspunkt (31) und dem zweiten Befestigungspunkt (32).
4. Aktorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Biegeelement (2) an mindestens einem von mehreren Befestigungspunkten (31, 32) schwenkbar gelagert ist, wobei an dem Biegeelement (2) mehrere Zugpunkte (51, 52, 53, 54, 55) vorgesehen sind, an denen jeweils ein oder mehrere Aktorelemente (41, 42) angreifen, um die Zugkraft zu bewirken.

5. Aktorvorrichtung (1) nach Anspruch 4, wobei zwei Zugpunkte (51, 52) an mindestens einem der mehreren Befestigungspunkte (31, 32) an bezüglich des betreffenden Befestigungspunktes (31, 32) gegenüberliegenden Abschnitten des Biegeelements (2) angeordnet sind, so dass durch Ausüben einer Zugkraft durch eines der Aktorelemente (41) ein erstes Schaltmoment an dem betreffenden Befestigungspunkt (31, 32) auf das Biegeelement (2) ausgeübt wird und durch Ausüben einer Zugkraft durch ein weiteres der Aktorelemente (42) ein zweites dem ersten Schaltmoment entgegengesetztes Schaltmoment an dem betreffenden Befestigungspunkt (31, 32) auf das Biegeelement (2) ausgeübt wird.
6. Aktorvorrichtung (1) nach Anspruch 4 oder 5, wobei ein gemeinsamer Zugpunkt (53) an einem Abschnitt des Biegeelements (2) an mindestens einem der mehreren Befestigungspunkte (31, 32, 34) angeordnet sind, wobei an dem gemeinsamen Zugpunkt (53) mehrere Aktorelemente (41, 42) in verschiedene, insbesondere entgegengesetzte Richtungen erstrecken, so dass durch Ausüben einer Zugkraft durch eines der Aktorelemente (41) ein erstes Schaltmoment an dem betreffenden Befestigungspunkt (31, 32, 34) auf das Biegeelement (2) ausgeübt wird und durch Ausüben einer Zugkraft durch ein weiteres der Aktorelemente (42) ein zweites dem ersten Schaltmoment entgegengesetztes Schaltmoment an dem betreffenden Befestigungspunkt auf das Biegeelement (2) ausgeübt wird.
7. Aktorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei die Zugpunkte (51, 52) jeweils mit einem Abstand an dem Biegeelement (2) angeordnet sind, der maximal 25 %, vorzugsweise maximal 20% der Länge des Biegeelements (2) zwischen den Befestigungspunkten (31, 32, 34) entspricht.
8. Aktorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei die Aktorelemente (41, 42) sich quer bzw. senkrecht zu der Verbindungsstrecke zwischen den Befestigungspunkten (31, 32) erstrecken und an ihren den Zugpunkten (51, 52, 53) gegenüberliegenden Enden an einem ortsfesten Bauteil (6) gehalten sind.
9. Aktorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Biegeelement (2) an mindestens einem von mehreren Befestigungspunkten (31, 32) schwenkbar um eine Drehachse, insbesondere an einer Welle (7), gelagert ist, wobei an dem einen Befestigungspunkt (31, 32) mindestens ein Aktorelement (41, 42) an einem an der Drehachse, insbesondere der Welle (7), angeordneten, insbesondere quer bzw. senkrecht zu einer axialen Richtung der Drehachse, insbesondere der Welle (7), ab-

stehenden Zugschenkel (8) angreift, so dass durch Ausüben einer Zugkraft durch eines der Aktorelemente (41, 42) das Schaltmoment an dem betreffenden Befestigungspunkt (31, 32) um die Drehachse, insbesondere auf die Welle (7), ausgeübt wird.

10. Aktorvorrichtung (1) nach Anspruch 8, wobei sich der mindestens eine Zugschenkel (8) quer bzw. senkrecht zu dem Biegeelement (2) und/oder das mindestens eine Aktorelement (41, 42) parallel zu der Verbindungsstrecke zwischen zwei der mehreren Befestigungspunkten (31, 32) erstrecken.
11. Aktorvorrichtung (1) nach Anspruch 9 oder 10, wobei das Biegeelement (2) an mindestens zwei Befestigungspunkten (31, 32) schwenkbar um eine Drehachse, insbesondere an einer jeweiligen Welle (7), gelagert ist, wobei an jedem der mindestens zwei Befestigungspunkte (31, 32) zwei bezüglich der Drehachse, insbesondere an der Welle (7), in verschiedenen Richtungen abstehenden, insbesondere einander gegenüberliegend angeordneten Zugschenkel (8), die quer bzw. senkrecht zu der Drehachse, insbesondere zu einer axialen Richtung der Welle (7), abstehen, angeordnet sind, wobei die Zugschenkel (8) jeweils Zugpunkte (51, 52) aufweisen, wobei mindestens ein Aktorelement (41, 42) zwischen zwei Zugpunkten (51, 52) an Zugschenkeln (8) verschiedener Befestigungspunkte (31, 32) angebracht ist, so dass durch Ausüben einer Zugkraft durch das mindestens eine Aktorelement (41, 42) zueinander entgegengesetzt gerichtete Schaltmomente an den mindestens zwei Befestigungspunkten (31, 32) um die jeweilige Drehachse, insbesondere auf die jeweilige Welle (7), ausgeübt werden.
12. Aktorvorrichtung (1) nach Anspruch 11, wobei das Biegeelement (2) an vier Befestigungspunkten (34) schwenkbar um eine jeweilige Drehachse, insbesondere an einer jeweiligen Welle (7), gelagert ist, wobei mindestens ein Aktorelement (41, 42) zwischen zwei Zugpunkten (54, 55) an Zugschenkeln (8) verschiedener in Umfangsrichtung der flächigen Erstreckung des Biegeelement (2) benachbarten Befestigungspunkten (34) angebracht ist, so dass durch Ausüben einer Zugkraft durch das mindestens eine Aktorelement (41, 42) zueinander entgegengesetzt gerichtete Schaltmomente an den durch das mindestens eine Aktorelement (41, 42) miteinander verbundenen Befestigungspunkten (34) um die jeweilige Drehachse, insbesondere auf die jeweilige Welle (7), ausgeübt werden.

13. Aktorvorrichtung (1) nach Anspruch 12, wobei mindestens eines der als Formgedächtnisdraht ausgebildeten Aktorelemente (41, 42) die Zugspunkte 54 bzw. 55 in in Umfangsrichtung des Biegeelements 2 umlaufender Weise miteinander verbindet.
14. Aktorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei mindestens zwei Aktorelemente (41, 42) als Antagonist-Protagonist-Anordnung so ausgelegt sind, dass bei Ausüben einer Zugkraft durch eines der Aktorelemente (41, 42), das jeweils andere Aktorelement (41, 42) gedehnt wird.
15. Aktorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei das mindestens eine Aktorelement (41, 42) mit einer elektrischen Stromquelle verbunden ist, um eine Erwärmung durch Bestromung zu erreichen.
16. Verfahren zum Betreiben der bistabilen Aktorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 mit mindestens zwei Aktorelementen (41, 42), wobei der Formgedächtnisdraht der Aktorelemente (41, 42) zum Ausüben des Schaltmoments wechselweise erwärmt wird, um durch die Zugkraft das Schaltmoment an dem Befestigungspunkt (31, 32, 34) zum Ändern der Aktorstellung zu bewirken.

1 / 8

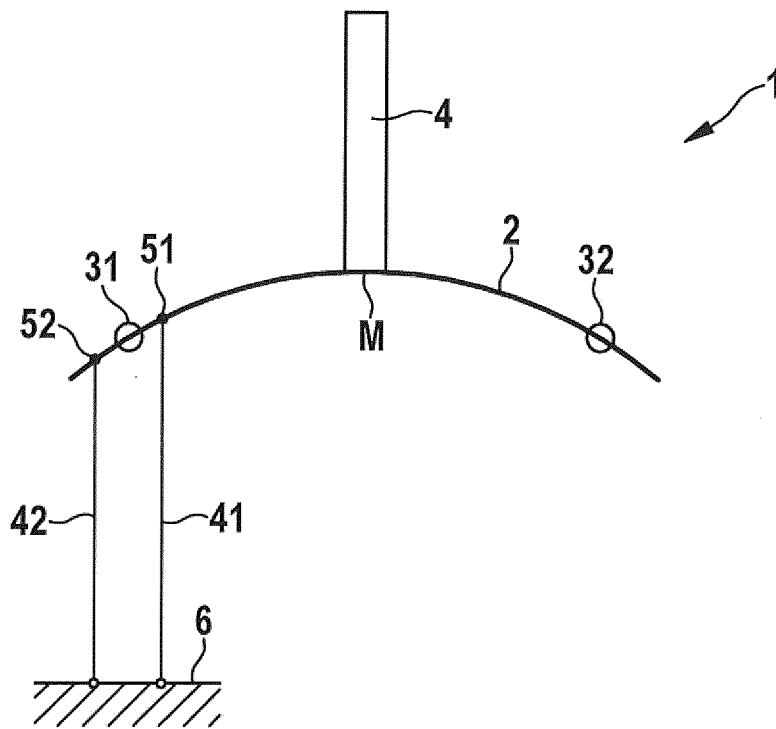


Fig. 1a

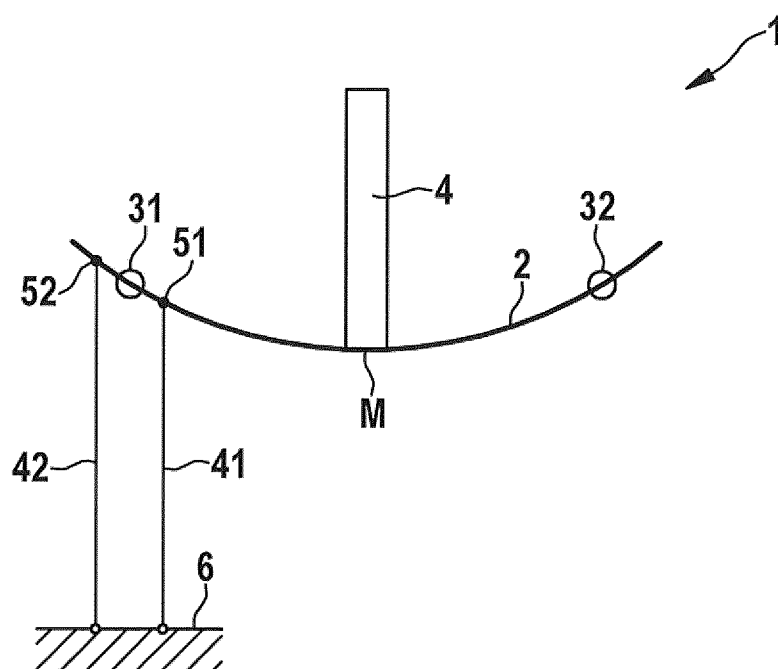


Fig. 1b

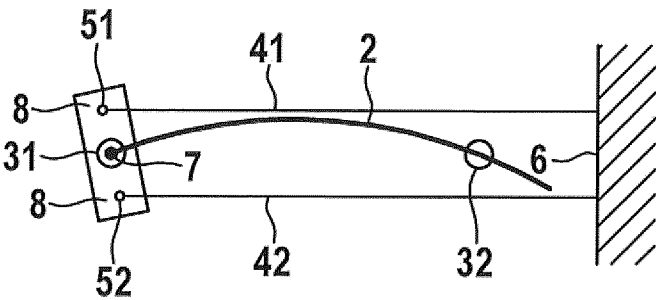


Fig. 2

3 / 8

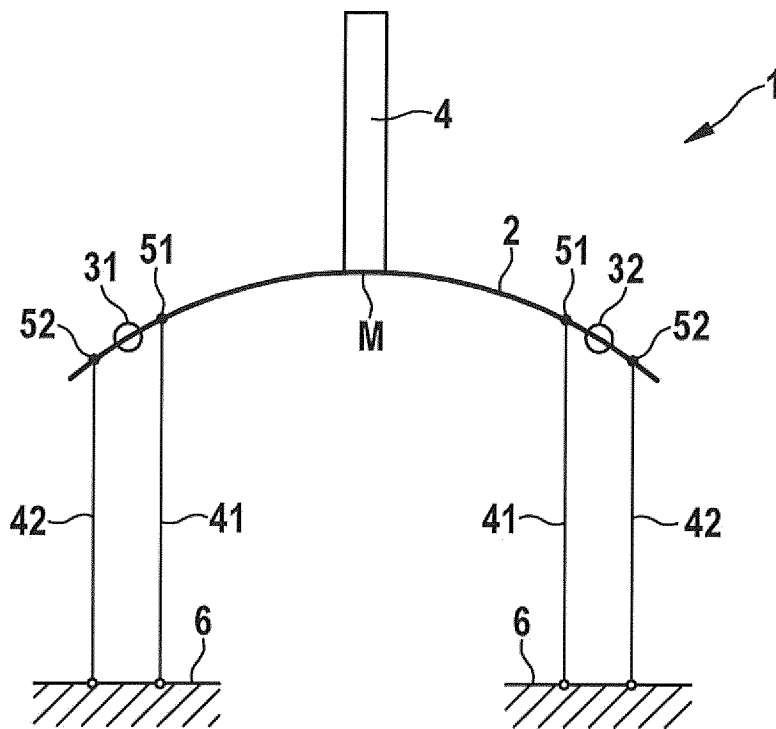


Fig. 3a

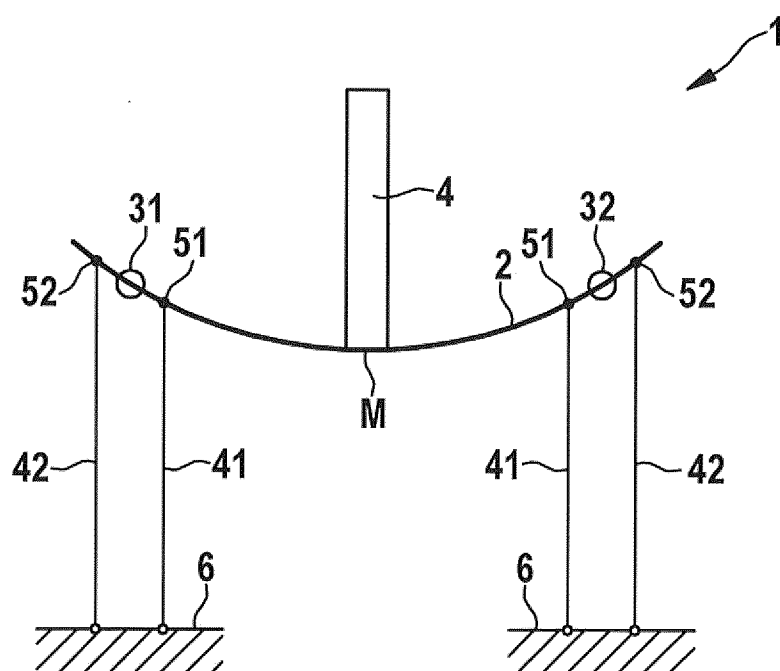


Fig. 3b

4 / 8

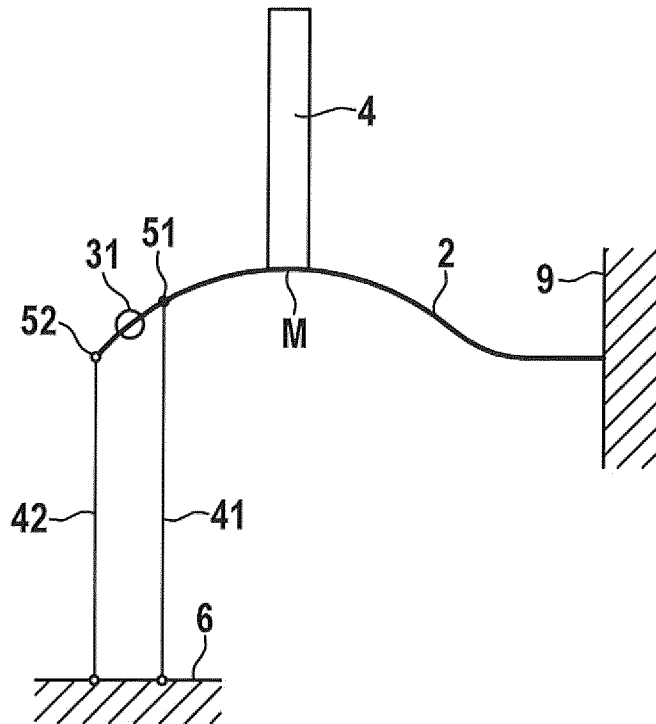


Fig. 4a

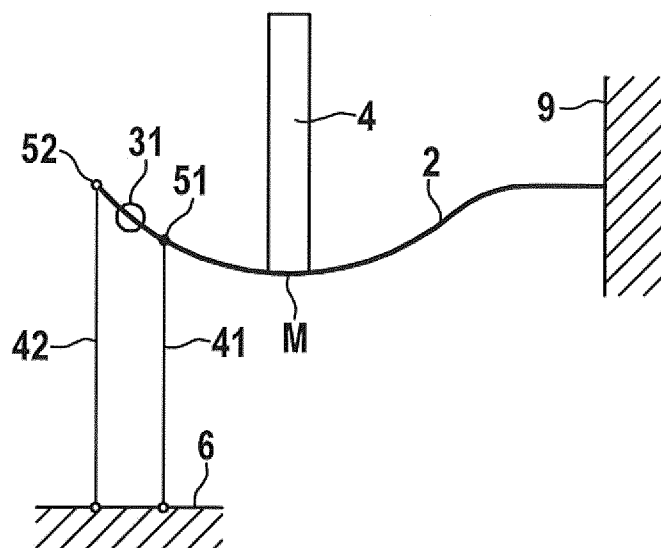
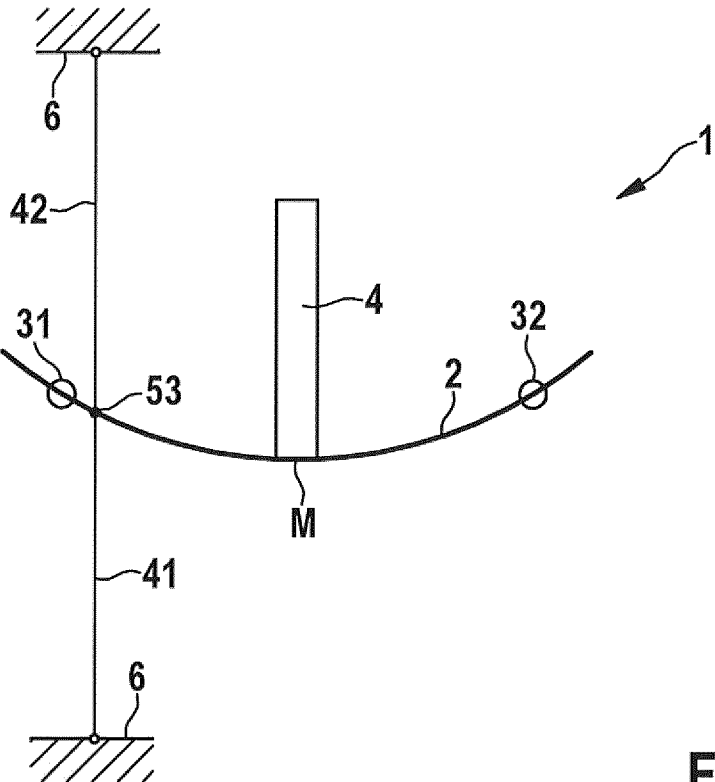
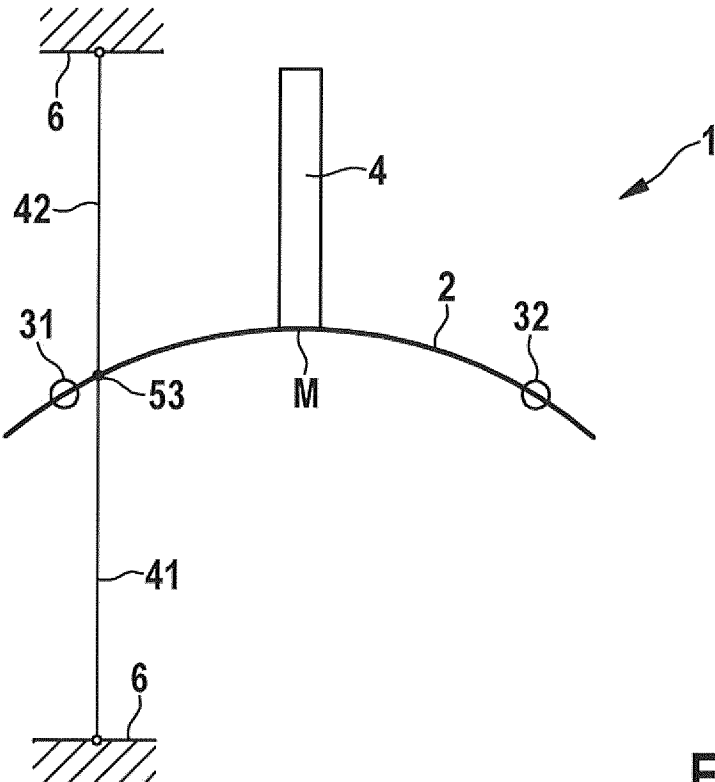


Fig. 4b



6 / 8

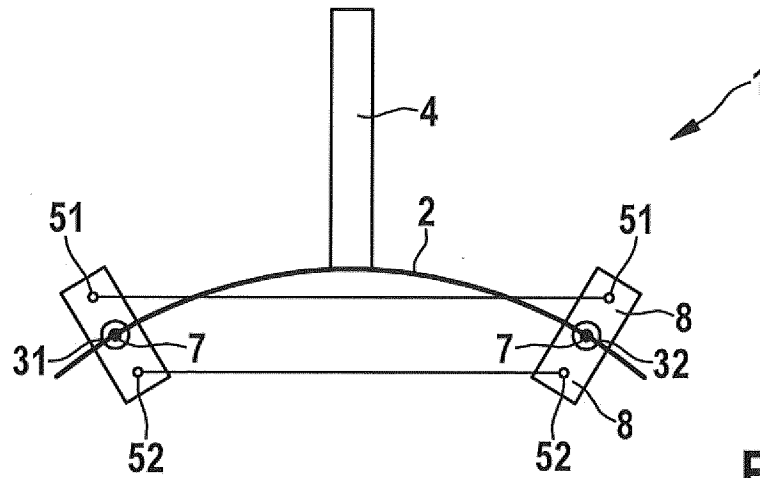


Fig. 6a

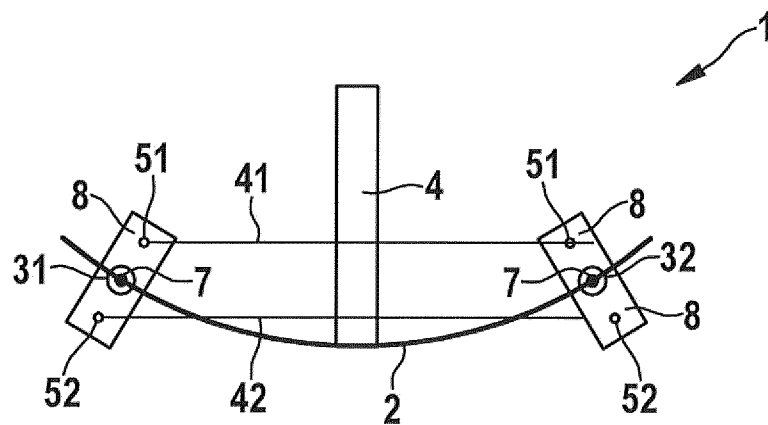


Fig. 6b

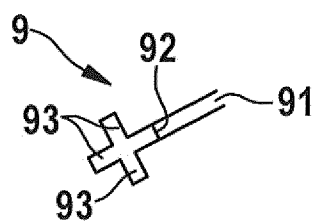


Fig. 7

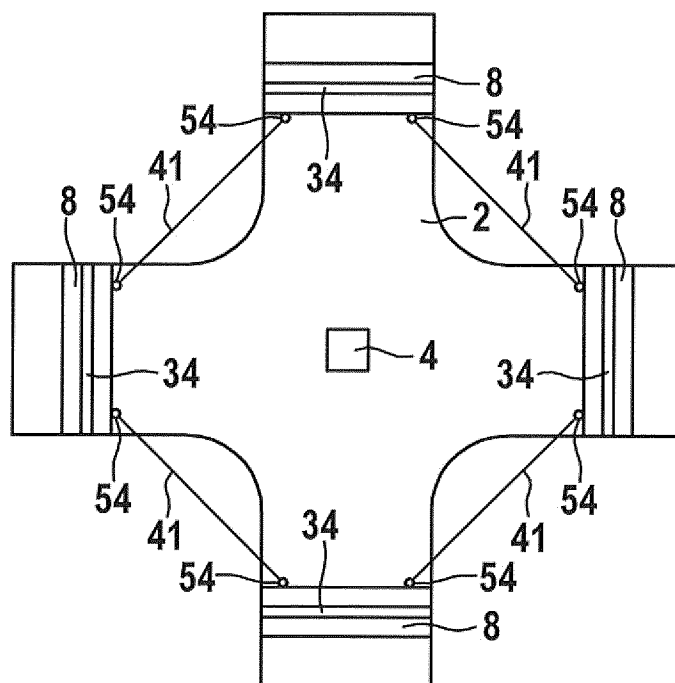


Fig. 9a

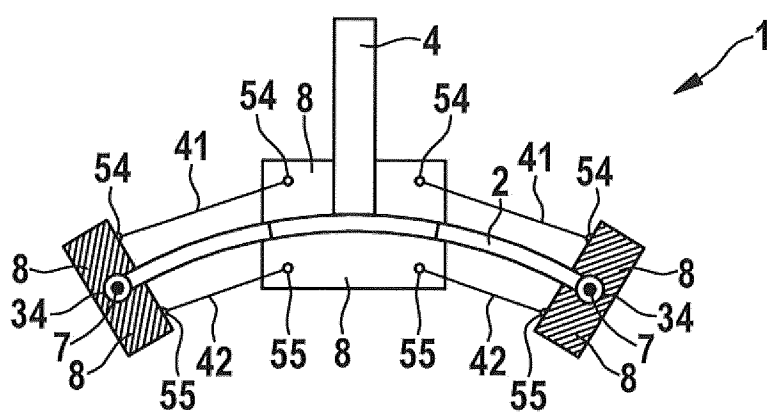


Fig. 9b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/061157

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F03G7/06 G05G1/02 G05G5/06 H01L41/09
ADD.

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)
F03G G05G 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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2013/081933 A1 (BROWNE ALAN L [US] ET AL) 4 April 2013 (2013-04-04) abstract figures 1-5 paragraph [0016] paragraph [0019] paragraph [0021] paragraph [0022]	1-10, 14-16
X	US 5 977 858 A (MORGEN ROBERT [US] ET AL) 2 November 1999 (1999-11-02) cited in the application abstract figures 1-7 column 3, lines 45-55 column 4, lines 1-19 ----- -/-	1,16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 June 2017

Date of mailing of the international search report

27/06/2017

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Giorgini, Gabriele

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/061157

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2006/201149 A1 (BIGGS S J [US] ET AL) 14 September 2006 (2006-09-14) abstract figures 1a-1e -----	1-16
A	JP 2014 026749 A (MURATA MANUFACTURING CO) 6 February 2014 (2014-02-06) the whole document -----	1-16
A	FR 2 973 578 A1 (ST MICROELECTRONICS CROLLES 2 [FR]) 5 October 2012 (2012-10-05) the whole document -----	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/061157

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013081933 A1	04-04-2013	CN 103035427 A	10-04-2013
		DE 102012217246 A1	04-04-2013
		US 2013081933 A1	04-04-2013
		US 2015001996 A1	01-01-2015

US 5977858 A	02-11-1999	NONE	

US 2006201149 A1	14-09-2006	US 2006201149 A1	14-09-2006
		WO 2006099065 A2	21-09-2006

JP 2014026749 A	06-02-2014	JP 6019880 B2	02-11-2016
		JP 2014026749 A	06-02-2014

FR 2973578 A1	05-10-2012	FR 2973578 A1	05-10-2012
		US 2015015112 A1	15-01-2015
		WO 2012168592 A1	13-12-2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F03G7/06 G05G1/02 G05G5/06 H01L41/09 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F03G G05G 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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2013/081933 A1 (BROWNE ALAN L [US] ET AL) 4. April 2013 (2013-04-04) Zusammenfassung Abbildungen 1-5 Absatz [0016] Absatz [0019] Absatz [0021] Absatz [0022]	1-10, 14-16
X	US 5 977 858 A (MORGEN ROBERT [US] ET AL) 2. November 1999 (1999-11-02) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Abbildungen 1-7 Spalte 3, Zeilen 45-55 Spalte 4, Zeilen 1-19 ----- -/-	1,16
☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
13. Juni 2017		27/06/2017
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 Giorgini, Gabriele

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2006/201149 A1 (BIGGS S J [US] ET AL) 14. September 2006 (2006-09-14) Zusammenfassung Abbildungen 1a-1e -----	1-16
A	JP 2014 026749 A (MURATA MANUFACTURING CO) 6. Februar 2014 (2014-02-06) das ganze Dokument -----	1-16
A	FR 2 973 578 A1 (ST MICROELECTRONICS CROLLES 2 [FR]) 5. Oktober 2012 (2012-10-05) das ganze Dokument -----	1-16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/061157

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2013081933	A1	04-04-2013	CN	103035427 A	10-04-2013
			DE	102012217246 A1	04-04-2013
			US	2013081933 A1	04-04-2013
			US	2015001996 A1	01-01-2015

US 5977858	A	02-11-1999	KEINE		

US 2006201149	A1	14-09-2006	US	2006201149 A1	14-09-2006
			WO	2006099065 A2	21-09-2006

JP 2014026749	A	06-02-2014	JP	6019880 B2	02-11-2016
			JP	2014026749 A	06-02-2014

FR 2973578	A1	05-10-2012	FR	2973578 A1	05-10-2012
			US	2015015112 A1	15-01-2015
			WO	2012168592 A1	13-12-2012
