

(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
24. Oktober 2019 (24.10.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/201890 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F03G 7/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/059745

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. April 2019 (16.04.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 109 228.8
18. April 2018 (18.04.2018) DE

(71) Anmelder: UNIVERSITÄT KASSEL [DE/DE]; Mönchebergstr. 19, 34125 Kassel (DE).

(72) Erfinder: NIENDORF, Thomas; Heerstr. 3, 34119 Kassel (DE). KROOSS, Philipp; Herkulesstr. 85, 34119 Kassel (DE). GIESEN, Ralf Urs; Mühlenstr. 23, 34323 Malsfeld (DE). KLIER, Kevin; Schöne Aussicht 9, 34323 Malsfeld (DE). HARTUNG, Michael; Am Salzbach, 34593 Knüllwald (DE). HEIM, Hans-Peter; Ostergarten 1, 33332 Gütersloh (DE). SAUER, Viola; Terrasse 28, 34117 Kassel (DE).

(74) Anwalt: WALTHER HINZ BAYER PARTGMBB; Heimradstr. 2, 34130 Kassel (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, 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).

(54) Title: ACTUATOR COMPRISING AN ACTUATOR ELEMENT MADE OF A SHAPE-MEMORY ALLOY

(54) Bezeichnung: AKTOR MIT EINEM AKTORELEMENT AUS EINER FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNG

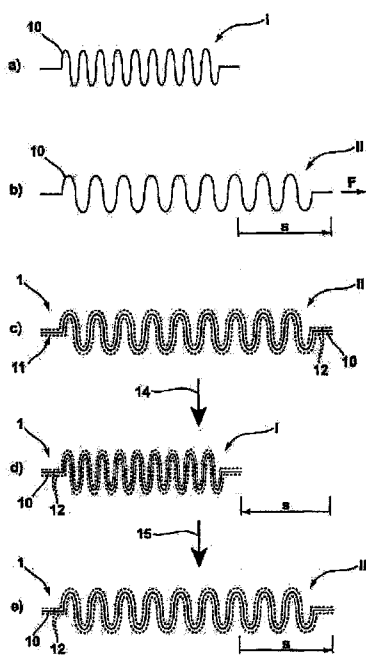


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a thermally active actuator (1) comprising an actuator element (10) made of a metal shape-memory alloy such that the actuator element (10) changes shapes in the event of a temperature change. At least one restoring means (11) made of elastomer is provided, said restoring means being used to restore the shape, and the restoring means (11) is connected to the actuator element (10) via a surface contact. According to the invention, the restoring means (11) is designed as a surface coating of the actuator element (10) and has a layer thickness (d) of 5 μm to 800 μm . The invention additionally relates to a method for producing a thermally active actuator (1).

(57) Zusammenfassung: Gegenstand der Erfindung ist ein thermisch wirksamer Aktor (1) mit einem Aktorelement (10) aus einer metallischen Formgedächtnislegierung, sodass das Aktorelement (10) bei einer Temperaturänderung eine Gestaltänderung ausführt, und wobei wenigstens ein Rückstellmittel (11) aus einem Elastomer vorgesehen ist, mit dem die Gestaltänderung rückstellbar ist, wobei das Rückstellmittel (11) mit dem Aktorelement (10) über einen Oberflächenkontakt verbunden ist. Erfindungsgemäß ist das Rückstellmittel (11) als eine Oberflächenbeschichtung des Aktorelementes (10) ausgeführt und weist eine Schichtdicke (d) von 5 μm bis 800 μm auf. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines thermisch wirksamen Aktors (1).

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

20

AKTOR MIT EINEM AKTORELEMENT AUS EINER FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNG

Die Erfindung betrifft einen thermisch wirksamen Aktor mit einem
25 Aktorelement aus einer metallischen Formgedächtnislegierung, sodass das
Aktorelement bei einer Temperaturänderung eine Gestaltänderung
ausführt, wobei wenigstens ein Rückstellmittel aus einem Elastomer
vorgesehen ist, mit dem die Gestaltänderung rückstellbar ist, wobei das
Rückstellmittel mit dem Aktorelement über einen Oberflächenkontakt
30 verbunden ist. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung
eines solchen thermisch wirksamen Aktors.

STAND DER TECHNIK

Die DE 10 2014 107 821 A1 offenbart einen thermisch wirksamen Aktor mit
35 einem Aktorelement aus einer Formgedächtnislegierung, sodass das
Aktorelement bei einer Temperaturänderung eine Gestaltänderung

ausführt. Dabei ist ein Rückstellmittel auf der Oberfläche des Aktorelementes aufgebracht, und bildet eine rückstellkrafterzeugende Schicht. Dabei wird vorgeschlagen, dass die rückstellkrafterzeugende Schicht aus einem Metall oder aus einer Metalllegierung ausgebildet wird, und das Aktorelement und die rückstellkrafterzeugende Schicht weisen eine im Wesentlichen flächige, blechartige Erstreckung auf, sodass der thermisch wirksame Aktor in Form eines Bi-Metalltes technisch vorteilhaft genutzt werden kann. Insbesondere wird vorgeschlagen, eine wärmeerzeugende Schicht in Form einer elektrischen Widerstandsheizung in einen Schichtaufbau aus dem Aktorelement und der rückstellkrafterzeugenden Schicht zu integrieren. Nachteilhafterweise sind mit dem damit bekannt gewordenen thermisch wirksamen Aktor nur kleine Stellwege möglich, insbesondere darf das Metall oder die Metalllegierung zur Bildung der rückstellkrafterzeugenden Schicht nicht derart plastisch verformt werden, dass eine Gestaltänderung nicht mehr rückführbar wäre. Wünschenswert wäre jedoch die Weiterbildung eines thermisch wirksamen Aktors mit großen Umformgraden in der Gestaltänderung, und ein deformiertes Aktorelement sollte bei entsprechender Wärmezufuhr die in das Aktorelement eintrainierte Gestalt wieder annehmen können, und bei einer Wärmeabfuhr sollte durch das Rückstellmittel die geänderte Gestalt wieder angenommen werden.

Derartige thermisch wirksame Aktoren besitzen einen Zweiwege-Effekt, wobei sowohl die erste Gestalt als auch die zweite Gestalt der Gestaltänderung jeweils intrinsisch erreicht werden kann, also ohne Anwendung einer äußeren Kraft. Eine deutliche Vergrößerung des möglichen Gestaltänderungsgrades und damit des Stellweges eines Aktors mit einem Aktorelement aus einer Formgedächtnislegierung und einem applizierten Rückstellmittel mit insgesamt intrinsischer Wirkungsweise wäre daher wünschenswert.

Aus der US 2016/0017870 A1 ist ein thermisch wirksamer Aktor mit einem Aktorelement aus einem Polymer- Formgedächtniswerkstoff bekannt, und das Aktorelement führt bei einer Temperaturänderung intrinsisch eine Gestaltänderung aus, wobei ein Rückstellmittel aus einem Elastomerkörper
5 an einer Oberfläche des Aktorelementes angeklebt oder mittels einem Bondverfahren angebunden ist, wobei mit dem Rückstellmittel die Gestaltänderung rückstellbar ist, sodass der thermisch wirksame Aktor einen Zweiwege-Effekt aufweist. Die Dicke des Elastomerkörpers gleicht dabei etwa der Dicke des Aktorelementes, da nur dann ein Klebe- oder
10 Bondverfahren technisch umgesetzt und wirtschaftlich ausgeführt werden kann.

Die DE 20 2004 020 706 U1 offenbart einen Aktor mit einem Aktorelement aus einer metallischen Formgedächtnislegierung, wobei ein Rückstellmittel
15 aus einem Elastomerkörper mit dem Aktorelement über einen Oberflächenkontakt verbunden ist. Das Aktorelement ist als Draht mit einem kreisrunden Querschnitt ausgebildet, und der Durchmesser der Ummantelung aus dem Elastomerkörper ist mit 1 mm angegeben. Die Ummantelung des Drahtes wird hergestellt, indem der Draht zentrisch in
20 eine Aluminiumform gespannt wird. Die Form wird sodann mit Silikonharz zur Bildung des Elastomerkörpers aufgefüllt. Die Aushärtung des Harzes erfolgt bei Raumtemperatur über 24 Stunden.

Eine Herstellung von Aktoren mit einer metallischen
25 Formgedächtnislegierung in größeren Mengen und damit in einem industriellen Maßstab, beispielsweise in einem kontinuierlichen Herstellungsverfahren, ist mit den bislang bekannten Verfahren nicht möglich.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

Aufgabe der Erfindung ist die Weiterbildung eines thermisch wirksamen Aktors mit einem Aktorelement und mit einem Rückstellmittel, der für beide
5 Gestaltänderungen sowohl in eine erste Gestalt als auch in eine zweite Gestalt intrinsisch wirken kann und wobei die Gestaltänderung hohe Umformgrade aufweisen soll. Weiterhin soll der thermisch wirksame Aktor und insbesondere das applizierte Rückstellmittel besonders einfach ausgeführt und herstellbar sein.

10

Diese Aufgabe wird ausgehend von einem thermisch wirksamen Aktor gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ausgehend von einem Verfahren zur Herstellung eines solchen thermisch wirksamen Aktors gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 8 mit den jeweils
15 kennzeichnenden Merkmalen der Ansprüche 1 und 8 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die Erfindung schließt die technische Lehre ein, dass das Rückstellmittel
20 als eine Oberflächenbeschichtung des Aktorelementes ausgeführt ist und eine Schichtdicke von 5µm bis 800µm aufweist.

Kerngedanke der Erfindung ist die einfache Ausbildung eines Rückstellmittels als eine nur wenige Mikrometer dicke Beschichtung auf
25 wenigstens einer Teiloberfläche des Aktorelementes im Sinne des Einweg-/Zweiweg-Effektes. Die Schicht kann aufgrund ihrer sehr geringen Dicke einfach aufgebracht werden, und mit einem Elastomer auf einfache Weise bereitgestellt werden. Das Elastomer hat dabei die vorteilhaften Eigenschaften gut erzeugbarer Rückstellkräfte.

30

Die Schichtdicke beträgt vorzugsweise 20µm bis 500µm und/oder 30µm bis 250µm und/oder 40µm bis 150µm und/oder 50µm bis 100µm und/oder 60µm bis 80µm. Mit noch größerem Vorteil beträgt die die Schichtdicke 65µm bis 75µm und/oder als bevorzugteste Variante 70µm. Mit der sehr
5 geringen Schichtdicke im Maßstab einer Oberflächenbeschichtung lässt sich die Elastomerbeschichtung leicht in einem kontinuierlichen Prozess herstellen, beispielsweise mit einem Streichverfahren oder mit einem Tauchverfahren.

- 10 Ein besonders bevorzugtes Verfahren sieht vor, dass die Schicht aus dem Elastomer auf der Oberfläche des Aktorelementes mittels einer Sprüheinrichtung im Sprühverfahren aufgebracht und anschließend ausgehärtet wird. Insbesondere im Sprühverfahren kann die Beschichtung im kontinuierlichen Prozess aufgebracht werden, beispielsweise indem ein
15 Draht oder ein Blechstreifen aus Formgedächtnislegierung an einer Sprüheinrichtung vorbei bewegt wird.

Untersuchungen von neuerlich hergestellten Aktoren mit einem metallischen Aktorelement aus einer Formgedächtnislegierung und mit
20 einer Beschichtung aus einem Elastomer, beispielsweise aus einem Silikon, auf der Oberfläche des Aktorelementes mit sehr geringen Dicken haben überraschend gezeigt, dass beide Gestaltänderungen sowohl in eine erste Gestalt als auch in eine rückführende zweite Gestalt annähernd gleich gut intrinsisch wirken können und wobei die Gestaltänderungen hohe
25 Umformgrade aufweisen können, obwohl die Schichtdicke beispielweise unter 100µm beträgt, zum Beispiel 70µm. Das Aktorelement weist beispielsweise einen Drahtdurchmesser oder eine Blechdicke von 200µm auf.

- 30 Wenn das Aktorelement durch eine Wärmezufuhr in seinen antrainierten Zustand zurückgeführt wird, baut sich im Elastomer eine Spannung auf.

Das Spannungsverhalten im Elastomer wird dadurch erzeugt, dass das Elastomer auf das Aktorelement aufgebracht wird, wenn sich dieses im deformierten Zustand befindet, der durch eine Gestalt gebildet ist, die eben nicht der antrainierten Gestalt des Aktorelementes entspricht. Wird das

5 Aktorelement erwärmt und nimmt dieses die antrainierte Gestalt wieder an, so baut sich im Elastomer eine Rückstellkraft auf, sodass bei einer Abkühlung des Aktorelementes dieses die geänderte Gestalt wieder annimmt. Damit kann auf einfache Weise ein thermisch wirksamer Aktor basierend auf einer Formgedächtnislegierung mit einem Zweiwege-Effekt

10 bereitgestellt werden, und die Gestaltänderung kann erzeugt werden zwischen einer ersten Gestalt, die der antrainierten Gestalt des Aktorelementes entspricht, und einer zweiten Gestalt, die sich ergibt durch eine entsprechende Kraftbeaufschlagung des thermisch wirksamen Aktors. Das Überführen des Aktors in die zweite Gestalt, die eben nicht der

15 antrainierten Gestalt entspricht, erfolgt nach entsprechender Abkühlung des Aktorelementes auf eine niedrigere Temperatur als die Temperatur, in der das Aktorelement die antrainierte Gestalt annimmt. Die Rückstellkraft wird durch die elastischen Eigenschaften des Elastomers erzeugt, das als Schicht auf wenigstens einer Teiloberfläche des Aktorelementes

20 aufgebracht ist.

Mit besonderem Vorteil ist das Elastomer durch ein Silikon gebildet. Silikone bieten den Vorteil, dass diese thermisch stabil sind und ein gutes elastisches Rückstellverhalten aufweisen. Weiterhin sind Silikone gut

25 verarbeitbar und können auf einfache Weise auf die Oberfläche des Aktorelementes aufgebracht werden. Insbesondere lassen sich Silikone sehr vorteilhaft in einem Sprühverfahren, in einem Streichverfahren oder in einem Tauchverfahren auf der Oberfläche des Aktorelementes aufbringen. Darüber hinaus ist das elastische Verhalten von Silikonen im Wesentlichen

30 temperaturunabhängig. Damit eignet sich ein Silikon insbesondere zur

Bildung des Rückstellmittels als Schicht auf der Oberfläche des Aktorelementes.

Im Rahmen der Erfindung kann der thermisch wirksame Aktor ein
5 Aktorelement umfassen, das jede mögliche geometrische Gestalt aufweisen kann. Zur Erzeugung eines möglichst großen Aktorstellweges des Aktors kann das Aktorelement beispielsweise durch einen Draht gebildet sein, der aus einer Formgedächtnislegierung ausgebildet ist, und das Elastomer ist auf den Draht beispielsweise vollumfänglich aufgebracht
10 und ummantelt diesen. Insbesondere kann der Draht zu einer Spiralfeder oder dergleichen geformt sein, um einen möglichst großen Aktorstellweg zu erreichen.

Alternativ kann das Aktorelement ein Blechelement sein, wobei das
15 Elastomer auf wenigstens einer der Oberflächen des Blechelementes aufgebracht ist.

Der Faktor zwischen der Dicke der Schicht und dem Durchmesser oder der Dicke des Aktorelementes beträgt beispielsweise den Wert 2 bis 10, mit
20 dem das Aktorelement größere Dickenabmessungen aufweist als die Elastomerschicht..

Das Aktorelement weist eine Formgedächtnislegierung auf, die beispielsweise auf einem Eisenwerkstoff und/oder auf einem
25 Kupferwerkstoff basiert. Insbesondere können aber vor allem Nickel-Titan Legierungen, Titan-Tantal Legierungen oder Cobalt basierte Legierungen zum Einsatz kommen. Das Elastomer auf der Oberfläche des Eisenwerkstoffes und/oder des Kupferwerkstoffes bewirkt dabei mit weiterem Vorteil einen Korrosionsschutz der Formgedächtnislegierung.

Die Erfindung richtet sich weiterhin auf ein Verfahren zur Herstellung eines thermisch wirksamen Aktors nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei das Verfahren wenigstens die folgenden Schritte aufweist:

Bereitstellen eines Aktorelementes aus einer metallischen

- 5 Formgedächtnislegierung mit einer antrainierten Gestalt, Erzeugen einer Gestaltänderung des Aktorelementes durch das Aufbringen einer Kraft auf das Aktorelement unterhalb der Austenitstarttemperatur (A_s) und Erzeugen einer Schicht aus einem Elastomer auf wenigstens einer Teiloberfläche des Aktorelementes zur Bildung eines Rückstellmittels, wobei die Schicht eine
- 10 Schichtdicke von 5µm bis 800µm aufweist.

Ist der thermisch wirksame Aktor mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt, kann das Aktorelement beliebig oft von einer antrainierten ersten Gestalt in eine zweite Gestalt zu überführt werden. Diese

- 15 Überführung erfolgt insbesondere durch eine Abkühlung, und die Gestaltänderung wird bewirkt durch das elastische Verhalten der Schicht aus dem Elastomer. Wird das Aktorelement erwärmt, so nimmt dieses wieder die antrainierte Form an, und beim Überführen der zweiten Gestalt zurück in die erste Gestalt des Aktorelementes wird wieder eine elastische
- 20 Spannung im Elastomer aufgebaut, sodass bei einer erneuten Abkühlung die zweite Gestalt wieder angenommen werden kann, was bewirkt wird durch die elastische Rückstellkraft der Schicht aus dem Elastomer.

Die Schicht aus dem Elastomer ist insbesondere auf die Oberfläche des

- 25 Aktorelementes mit einem Sprühverfahren unter Verwendung einer Sprüheinrichtung oder mit einem Tauchverfahren aufgebracht worden. Dadurch ergeben sich sehr einfache Verbindungsmöglichkeiten des Rückstellmittels mit dem Aktorelement, und durch die unmittelbare Anordnung des Rückstellmittels als Schicht auf der Oberfläche des
- 30 Aktorelementes umfasst der thermisch wirksame Aktor lediglich ein einzelnes Bauteil.

BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL DER ERFINDUNG

Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen werden nachstehend
5 gemeinsam mit der Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels
der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Es zeigt:

- Figur 1 eine Ansicht mehrerer Schritte a) bis e) zur Bildung eines
thermisch wirksamen Aktors gemäß der Erfindung,
10
- Figur 2 Ansichten eines thermisch wirksamen Aktors a) als Draht und
b) als Flächenelement und
- Figur 3 eine Ansicht eines Verfahrensbeispiels zur Aufbringung der
15 Schicht zur Bildung des Rückstellmittels aus einem Elastomer.

In Figur 1 ist unter a) ein Aktorelement 10 in Form einer Feder gezeigt, und
das Aktorelement 10 befindet sich im Zustand einer ersten Gestalt I, und
die erste Gestalt I entspricht der Gestalt, die dem Aktorelement 10
20 antrainiert wurde. Die antrainierte Gestalt ist diejenige Gestalt, die das
Aktorelement 10 bei einer entsprechenden Erwärmung einnimmt.

Unter b) ist das Aktorelement 10 unter Beaufschlagung einer Kraft F
gezeigt, und das als Feder ausgebildete Aktorelement 10 weist eine
25 Längung um den Weg s auf, wobei die Längung hervorgerufen wurde durch
die Beaufschlagung mit der Kraft F. Dieser Zustand des Aktorelementes 10
betrifft dabei die zweite Gestalt II, aus der das Aktorelement 10
beispielsweise in die erste Gestalt I rückführbar wäre durch eine
entsprechende Wärmezufuhr.

10

Unter c) ist dargestellt, dass das Aktorelement 10 unter Beibehaltung der zweiten Gestalt II mit einer Schicht 12 aus einem Elastomer beschichtet wird, und die Schicht 12 aus dem Elastomer bildet erfindungsgemäß ein Rückstellmittel 11. Beispielsweise kann die Schicht 12 durch ein
5 Sprühverfahren oder ein Tauchverfahren auf das drahtförmige Aktorelement 10 aufgebracht werden. Anschließend erfolgt eine Wärmezufuhr 14, sodass das Aktorelement 10 mit dem Elastomer der Schicht 12 erwärmt wird.

- 10 Das unter c) gezeigte Aktorelement 10 bildet somit einen thermisch wirksamen Aktor 1, der, wie in den nachfolgenden Teilansichten d) und e) gezeigt, als Aktor 1 mit einem Zweiwege-Effekt eingesetzt werden kann.

Unter d) ist das Aktorelement 10 in der ersten Gestalt I gezeigt, nachdem
15 eine Wärmezufuhr 14 das Aktorelement 10 des thermisch wirksamen Aktors 1 erwärmt hat. Entgegen der elastischen Kraft der Schicht 12 gelangt das Aktorelement 10 zurück von der zweiten Gestalt II in die erste Gestalt I, und legt damit den Weg s im Wesentlichen wieder zurück, indem sich das Federelement wieder verkürzt. In dem unter d) gezeigten Zustand
20 befindet sich das Aktorelement 10 in der antrainierten Gestalt, während die Schicht 12 mit dem Elastomer unter elastische Rückstellspannung gesetzt ist.

Kühlt das Aktorelement 10 unter Wärmeabfuhr 15 wieder ab, so verliert das
25 Aktorelement 10 seine Haltekraft in der ersten Gestalt I und die Schicht 12 aus Elastomer sorgt für eine Längung um den Weg s und das Federelement nimmt wieder nahezu die zweite Gestalt II an. Erst bei einer erneuten Wärmezufuhr kann der Aktor 1 wieder in die erste Gestalt I zurückgeführt werden.

Figur 2 zeigt unter a) ein Ausführungsbeispiel eines thermisch wirksamen Aktors 1 mit einem Aktorelement 10 in Form eines Drahtes mit einem runden Querschnitt, und auf der Oberfläche 13 des Aktorelementes 10 ist zur Bildung eines Rückstellmittels 11 eine Schicht 12 aus einem Elastomer
5 aufgebracht. Erfolgt ein pseudo-plastisches Verformen des Aktorelementes 10, so erzeugt die Verformung in der Schicht 12 eine elastische Spannung, und die Schicht 12 umfasst ein Elastomer, insbesondere ein Silikon.

Die Figur zeigt unter b) ein alternatives Ausführungsbeispiel eines
10 Aktorelementes 10 als Flächenkörper, beispielsweise als Blechelement. Die beiden Oberflächen 13 des Aktorelementes 10 sind mit dem Rückstellmittel 11 versehen, indem auf die Oberflächen 13 Schichten 12 aus einem Elastomer aufgebracht sind. Somit kann auch mit einem flächenförmigen Aktorelement 10 ein thermisch wirksamer Aktor 1 gebildet werden.

15 Schließlich zeigt Figur 3 ein Beispiel eines Beschichtungsverfahrens zur Aufbringung der Schicht 12 auf die Oberfläche 13 des Aktorelementes 10 mittels eines Sprühverfahrens. Hierfür wird das Aktorelement 10, beispielsweise ausgeführt als ein Draht bzw. Endlosdraht, an einer
20 Sprüheinrichtung 16 kontinuierlich vorbeigeführt, und aus der ein in einem sprühfähigen Zustand vorgehaltenes Elastomer, beispielsweise ein Silikon, austritt und auf die Oberfläche 13 des Aktorelementes 10 in der gezeigten Drahtform gelangt und an dieser haften bleibt, sich also niederschlägt. Die resultierende Schichtdicke beträgt ca. 50µm bis 100µm, beispielsweise
25 70µm.

Überraschenderweise konnte beispielhaft bei einem Drahtdurchmesser des drahtförmigen Aktorelementes von 200µm und einer nur 70µm dicken Schicht 12 aus Silikon festgestellt werden, dass beide Gestaltänderungen
30 sowohl in eine erste Gestalt als auch in eine zweite Gestalt intrinsisch wirken können und wobei die Gestaltänderungen hohe Umformgrade

aufwiesen. Das gleiche überraschend gute Ergebnis wurde bei einem Blechstreifen erreicht, der aus einer Formgedächtnislegierung gebildet wurde und das Aktorelement darstellt.

- 5 Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf das vorstehend angegebene bevorzugte Ausführungsbeispiel. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch macht. Sämtliche
- 10 hervorgehenden Merkmale und/oder Vorteile, einschließlich konstruktiver Einzelheiten oder räumlicher Anordnungen, können sowohl für sich als auch in den verschiedensten Kombinationen erfindungswesentlich sein.

Bezugszeichenliste:

5	1	thermisch wirksamer Akteur
	10	Aktorelement
	11	Rückstellmittel
	12	Schicht
10	13	Oberfläche
	14	Wärmezufuhr
	15	Wärmeabfuhr
	16	Sprüheinrichtung
15	I	erste Gestalt
	II	zweite Gestalt
	F	Kraft
	s	Weg
20		

Ansprüche:

- 5 1. Thermisch wirksamer Aktor (1) mit einem Aktorelement (10) aus einer metallischen Formgedächtnislegierung, sodass das Aktorelement (10) bei einer Temperaturänderung eine Gestaltänderung ausführt, und wobei wenigstens ein Rückstellmittel (11) aus einem Elastomer vorgesehen ist, mit dem die Gestaltänderung rückstellbar ist, wobei
10 das Rückstellmittel (11) mit dem Aktorelement (10) über einen Oberflächenkontakt verbunden ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Rückstellmittel (11) als eine Oberflächenbeschichtung des Aktorelementes (10) ausgeführt ist und eine Schichtdicke (d) von 5µm
15 bis 800µm aufweist.
2. Thermisch wirksamer Aktor (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schichtdicke (d) 20µm bis 500µm und/oder 30µm bis 250µm
20 und/oder 40µm bis 150µm und/oder 50µm bis 100µm und/oder 60µm bis 80µm beträgt.
3. Thermisch wirksamer Aktor (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
25 dass die Schichtdicke (d) 65µm bis 75µm und/oder 70µm beträgt.
4. Thermisch wirksamer Aktor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Aktorelement (10) einen Draht aus einer
30 Formgedächtnislegierung bildet, wobei der Draht mit dem Elastomer vollumfänglich beschichtet ist.

5. Thermisch wirksamer Aktor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Aktorelement (10) ein Blechelement ist, wobei das
5 Elastomer auf wenigstens einer Oberfläche (13) aufgebracht ist.
6. Thermisch wirksamer Aktor (1) nach einem der vorgenannten
Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
10 dass das Elastomer ein Silikon ist.
7. Thermisch wirksamer Aktor (1) nach einem der vorgenannten
Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass das Aktorelement (10) eine auf einem Kobaltwerkstoff, einem
Titanwerkstoff, einem Nickel-Titan Werkstoff, einem Titan-Tantal
Werkstoff, einem Eisenwerkstoff und/oder auf einem Kupferwerkstoff
basierende Formgedächtnislegierung aufweist.
- 20 8. Verfahren zur Herstellung eines thermisch wirksamen Aktors (1) nach
einem der vorgenannten Ansprüche, aufweisend wenigstens die
folgenden Schritte:
- Bereitstellen eines Aktorelementes (10) aus einer metallischen
Formgedächtnislegierung mit einer antrainierten Gestalt,
 - 25 - Erzeugen einer Gestaltänderung des Aktorelementes (10) durch
das Aufbringen einer Kraft (F) auf das Aktorelement (10) und
 - Erzeugen einer Schicht (12) aus einem Elastomer auf wenigstens
einer Teiloberfläche des Aktorelementes (10) zur Bildung eines
Rückstellmittels (11), wobei die Schicht (12) eine Schichtdicke (d)
30 von 5µm bis 800µm aufweist.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schicht (12) aus dem Elastomer auf der Oberfläche des
Aktorelementes (10) mit einem Streichverfahren oder mit einem
5 Tauchverfahren aufgebracht wird.
10. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schicht (12) aus dem Elastomer auf der Oberfläche des
10 Aktorelementes (10) mittels einer Sprüheinrichtung (16) im
Sprühverfahren aufgebracht und anschließend ausgehärtet wird.

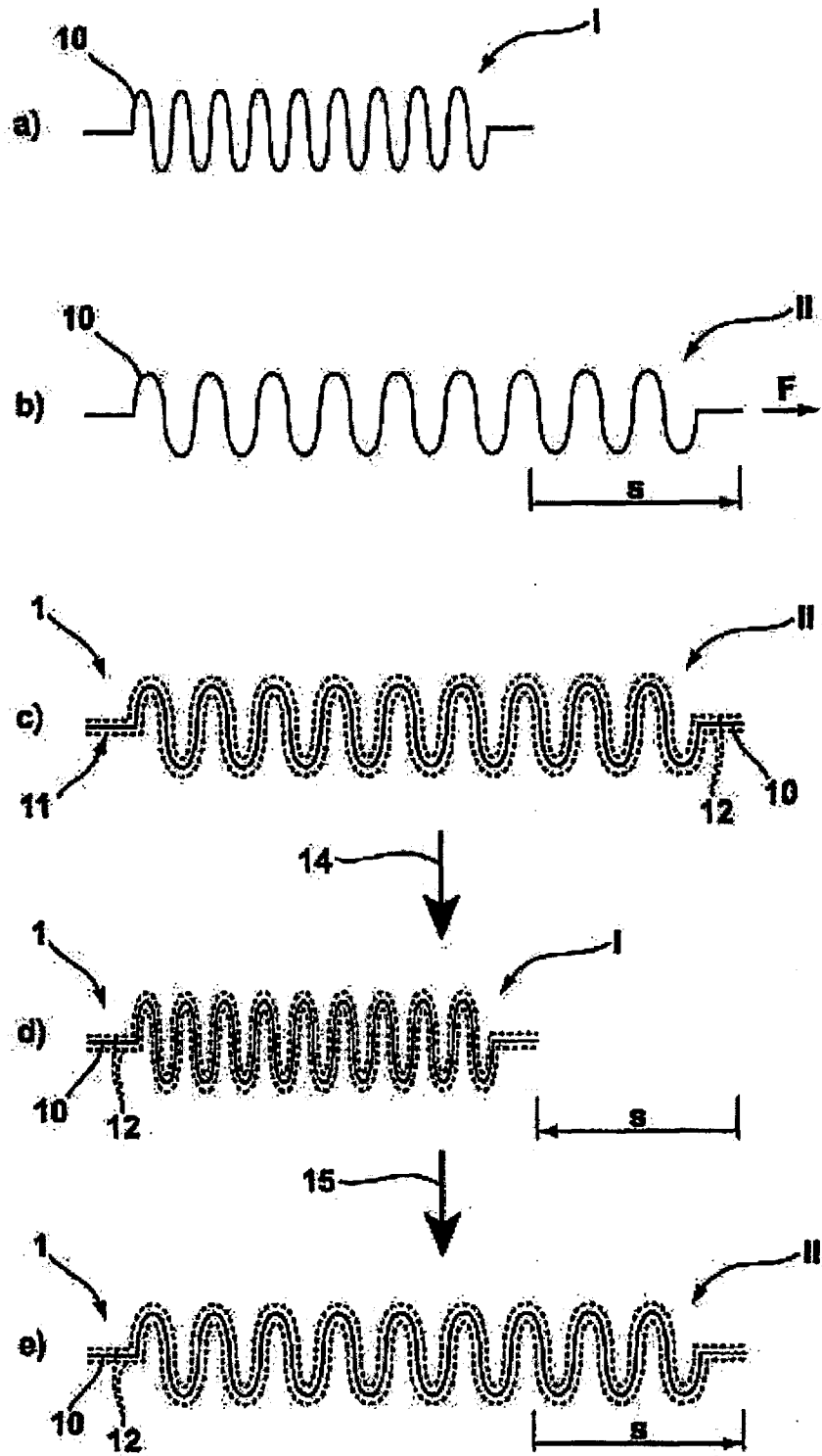


Fig. 1

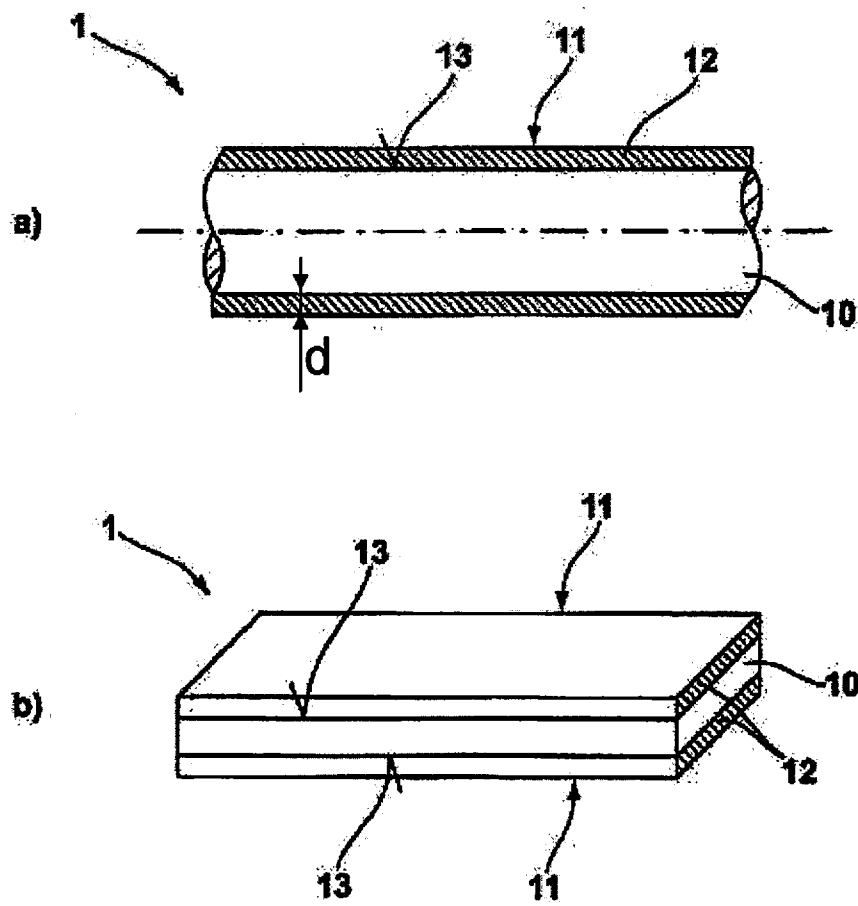


Fig. 2

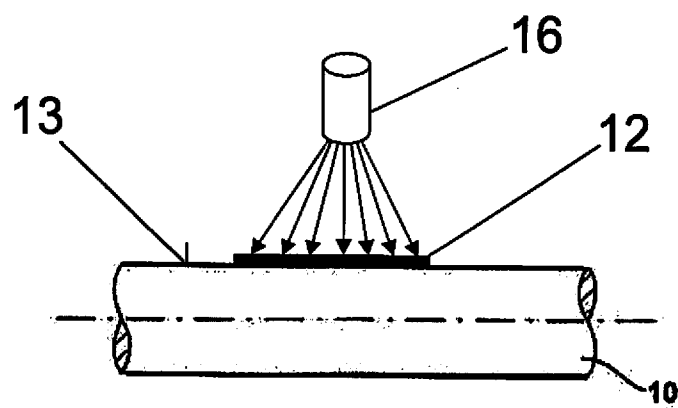


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/059745

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F03G 7/06**(2006.01)i

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

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	DE 202004020706 U1 (SIEMENS AG [DE]) 17 November 2005 (2005-11-17) paragraphs [0013], [0014], [0037], [0038], [0046], [0050]; claim 1; figures 1,5	1,2,4-10
X	DE 10314216 A1 (SIEMENS AG [DE]) 21 October 2004 (2004-10-21) paragraphs [0013], [0016] - [0018], [0020], [0021]; claims 1,5; figure 1	1-10
A	DE 102011112290 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 07 March 2013 (2013-03-07) claim 1; figure 1	1,8
A	EP 2960497 A2 (G RAU GMBH & CO KG [DE]) 30 December 2015 (2015-12-30) paragraphs [0031] - [0036]; figure 1	1,8

☐ 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

22 July 2019

Date of mailing of the international search report

01 August 2019

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

de Martino, Marcello

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/059745

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	202004020706	U1	17 November 2005	NONE	
DE	10314216	A1	21 October 2004	NONE	
DE	102011112290	A1	07 March 2013	DE 102011112290 A1	07 March 2013
				EP 2753830 A2	16 July 2014
				US 2014298794 A1	09 October 2014
				WO 2013034280 A2	14 March 2013
EP	2960497	A2	30 December 2015	DE 102014107821 A1	17 December 2015
				EP 2960497 A2	30 December 2015

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F03G7/06
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F03G

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	DE 20 2004 020706 U1 (SIEMENS AG [DE]) 17. November 2005 (2005-11-17) Absätze [0013], [0014], [0037], [0038], [0046], [0050]; Anspruch 1; Abbildungen 1,5	1,2,4-10
X	DE 103 14 216 A1 (SIEMENS AG [DE]) 21. Oktober 2004 (2004-10-21) Absätze [0013], [0016] - [0018], [0020], [0021]; Ansprüche 1,5; Abbildung 1	1-10
A	DE 10 2011 112290 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 7. März 2013 (2013-03-07) Anspruch 1; Abbildung 1	1,8
A	EP 2 960 497 A2 (G RAU GMBH & CO KG [DE]) 30. Dezember 2015 (2015-12-30) Absätze [0031] - [0036]; Abbildung 1	1,8



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 er-
scheinen 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

22. Juli 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/08/2019

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

de Martino, Marcello

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/059745

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 202004020706 U1	17-11-2005	KEINE	
DE 10314216 A1	21-10-2004	KEINE	
DE 102011112290 A1	07-03-2013	DE 102011112290 A1	07-03-2013
		EP 2753830 A2	16-07-2014
		US 2014298794 A1	09-10-2014
		WO 2013034280 A2	14-03-2013
EP 2960497 A2	30-12-2015	DE 102014107821 A1	17-12-2015
		EP 2960497 A2	30-12-2015