

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 784 754 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

22.04.1998 Patentblatt 1998/17

(21) Anmeldenummer: **95934081.1**

(22) Anmeldetag: **20.09.1995**

(51) Int Cl.6: **F15C 5/00, F15B 15/00**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP95/03707

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 96/11342 (18.04.1996 Gazette 1996/17)

(54) **MIKROMECHANISCHER AKTOR**

MICROMECHANICAL ACTUATOR

ACTIONNEUR MICROMECHANIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB LI

(30) Priorität: **08.10.1994 DE 4436008**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.07.1997 Patentblatt 1997/30

(73) Patentinhaber: **Forschungszentrum Karlsruhe GmbH**
76133 Karlsruhe (DE)

(72) Erfinder:

- **FEIT, Klaus**
D-76676 Graben-Neudorf (DE)
- **HECKELE, Mathias**
D-76351 Linkenheim (DE)
- **RUTHER, Patrick**
D-76139 Karlsruhe (DE)
- **WEINDEL, Klaus**
D-76694 Forst (DE)

(74) Vertreter: **Rückert, Friedrich, Dr.**
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Stabsabteilung
Patente und Lizenzen
Weberstrasse 5
76133 Karlsruhe (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 339 528

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 15 no. 425 (C-0879) ,29.Oktober 1991 & JP,A,89 315839 (NEC) 31.Juli 1991,**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17 no. 641 (M-1516) ,29.November 1993 & JP,A,92 015167 (TERUMO CORP) 10.August 1993,**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 18 no. 190 (M-1586) ,31.März 1994 & JP,A,92 152039 (AISIN SEIKI) 27.Dezember 1993,**
- **YASUSHI IKEI ET AL 'FLUID DRIVEN MICROACTUATOR WITH FEEDBACK MECHANISM' 7.Februar 1993 , PROCEEDINGS OF THE WORKSHOP ON MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS (ME, FORT LAUDERDALE, FEB. 7 - 10, 1993, NR. WORKSHOP 6, PAGE(S) 213 - 218 , INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS**

EP 0 784 754 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen mikromechanischen Aktor zur Erzeugung von Kräften der Größenordnung einiger mN bis in den Bereich von etwa 100 mN mit Abmessungen im Bereich einiger 100 µm, mit den Merkmalen im Oberbegriff des Patentanspruches.

Mikromechanische Aktoren werden zu den verschiedensten Zwecken eingesetzt, wobei die derzeit erzielbaren Kräfte noch sehr gering sind. Die bekannten Aktoren können daher nur für Zwecke verwendet werden, bei denen geringe Kräfte unterhalb des mN-Bereiches ausreichen. Ein derartiger Aktor ist z. B. aus: Sniogowski, J. J.: "A Micro Actuation Mechanism Based on Liquid Vapor Surface Tension", 7th Intern. Conf. on Solid-State Sensors and Actuators, Yokohama 1993, bekannt. Der Aktor besitzt einen Kolben mit Kolbenstange, der in einem Gehäuse größerer Abmessungen durch eine Dampfblase bewegt wird. Die Abdichtung des Kolbens im Gehäuse erfolgt durch die Oberflächenspannung der Dampfblasenwand. Der Kolben selbst wird durch zwei an der Kolbenstange seitlich angreifende Blattfedern geführt und gehalten. Da der Aktor in traditioneller Siliziumtechnologie hergestellt wird, weist er keine Strukturen mit hohem Aspektverhältnis auf. Dies führt zwangsläufig zu geringen Zylinderabmessungen und damit auch geometriebedingt neben den Einschränkungen durch die Oberflächenspannung der Dampfblase nur zu geringen erzielbaren Kräften.

Ausgehend von diesem Stand der Technik hat daher die vorliegende Erfindung zur Aufgabe, einen mikromechanischen Aktor der eingangs beschriebenen Art anzugeben, mit welchem sich wesentlich höhere Kräfte als mit den bekannten erzielen lassen.

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die vorliegende Erfindung die Merkmale vor, die im kennzeichnenden Teil der Patentansprüche 1 und 2 angeführt sind. Besonders vorteilhaft ist erfindungsgemäß ein Aktor, der gemäß Patentanspruch 3 hergestellt ist.

Mit dem erfindungsgemäßen Aktor lassen sowohl große Kräfte bis in Bereiche um 100mN als auch große Stellwege realisieren. Besonders vorteilhaft ist dabei, daß fluidische Schmierung der bewegten Teile möglich ist.

Weitere Einzelheiten der vorliegenden Erfindung werden im folgenden und anhand der Figuren 1 und 2 näher erläutert. Es zeigen:

die Fig.1 einen Schnitt durch den Aktor von oben gesehen und

die Fig.2 die rasterelektronenmikroskopische Originalaufnahme eines mit LIGA-Technik gefertigten Aktors schräg von oben bei abgenommener Deckplatte.

Der dargestellte Aktor stellt eine bewegliche Mikrostruktur dar, die durch eine Kombination des LIGA-Ver-

fahrens (Röntgentiefenlithografie mit Galvanoformung und Kunststoffabformung) mit einer Opferschichttechnik hergestellt wird. Diese Herstellungsmethode ermöglicht es, Mikrostrukturen mit Strukturrhöhen bis zu mehreren 100 µm bei lateralen Abmessungen von wenigen µm zu fertigen. Durch die zusätzliche Anwendung der Opferschichttechnik ist man in der Lage, freibewegliche Teile herzustellen. Das Prinzip der Herstellung wird späterfolgend beschrieben.

Der Aktor besteht im wesentlichen aus einem flachen Gehäuse 1, welches auf einer Substratplatte 2 sitzt und mit ihr fest verbunden ist. In dem Gehäuse 1 ist ein Kanal 3 vorhanden, in welchem ein axial längsbeweglicher Kolben 4 hin- und herbewegt wird, an dessen einer Seite eine Führungstange 11 und an seiner anderen Seite eine Kolbenstange 12 befestigt ist, jeweils in Hubrichtung gesehen. Der Kanal 3 mündet mit seinem einen Ende in einer Druckkammer 5, die über eine Bohrung 6 mit einem druckführenden Fluid beaufschlagt wird, welches dadurch von dieser Seite her eine Kraft auf den Kolben 4 ausübt. Diese Bohrung 6 dient neben der Zufuhr auch der Abfuhr des Fluides. Neben dem Kolben 4 bzw. vor und hinter ihm, von der Druckseite aus gesehen, ist jeweils ein Lagerblock 7 und 8 zusammen mit dem Gehäuse 1 ebenfalls auf der Substratplatte 2 befestigt. Die Lagerblöcke 7 und 8 weisen Schlitz 9 und 10 auf, wobei in dem Schlitz 9 die Führungstange 11 und in dem Schlitz 10 die Kolbenstange 12 gleitet. Dadurch wird der Kolben 4 mittels der Lagerblöcke 7 und 8 in Hub- bzw. Arbeitsrichtung geführt. Dabei sind die Lagerblöcke in ihrer Geometrie (Breite, Lagerspiel) so ausgelegt, daß der Kolben nicht verkanten kann. Der Kolben selbst hat dabei eine laterale Ausdehnung von etwa 400 x 450 µm. Die Spaltbreite zwischen Kolben 4 und Kanal 3 beträgt etwa 2µm. Der Kolben 4 sowie die Stangen 11 und 12 im Kanal 3 und in den Schlitz 9 und 10 werden dabei z. B. mit Silikonöl fluidisch geschmiert.

Die aus dem Lagerblock 8 herausragende Kolbenstange 12 überträgt die vom Kolben 4 erzeugte Kraft nach aussen auf nicht mehr dargestellte Elemente. Ein Anwendungszweck ist z.B. das Aufbringen einer Biegekraft auf einen Stab. Die in den Figuren dargestellte Ausführung des Aktors ist nach der Herstellung mittels des LIGA-Verfahrens nach oben offen. Um die Druckkammer 5 mit dem Kolben 4 sowie den gesamten Aktor nach oben abzuschließen und einen geschlossenen Druckraum zu erzielen, ist das Gehäuse 1 nach oben durch eine nicht dargestellte Deckplatte verschlossen. Diese wird auf dem Gehäuse fest verklebt, wobei die umlaufende Nut 13 ein Einlaufen des Klebers ins Innere des Aktors verhindert. Die Abdichtung des beweglichen Kolbens 4 gegenüber dem Gehäuse 1 und der Kanalwand sowie gegenüber der Deckplatte erfolgt durch fluidische Schmierung, wodurch auch die Reibung des Kolbens 4 im Kanal 3 verringert wird.

Im folgenden werden kurz die Fertigungsschritte des LIGA-Verfahrens für den Aktor, d. h. für eine beweg-

liche Mikrostruktur in einem Ausführungsbeispiel beschrieben:

Ausgangspunkt ist eine bis zu mehreren 100 µm dicke strahlungsempfindliche Kunststoffschicht. Dieser sogenannte Resist wird durch direkte Polymerisation auf ein Substrat mit Opferschicht und Galvanikstartschicht aufgebracht. Die 3 - 7 µm dicke Opferschicht aus Ti wurde vorstrukturiert, so daß bei der anschließenden, justierten Röntgenbestrahlung die später beweglichen Teile der Mikrostruktur, bei dem oben beschriebenen Aktor der Kolben 4 mit den Stangen 11 und 12, auf der Opferschicht zu liegen kommen. Unter den unbeweglichen Bereichen, die mit dem Substrat verankert sind wie das Aktorgehäuse 1 und die Lagerblöcke 11 und 12, liegt keine Opferschicht.

Die Strukturierung des Resists erfolgt durch justierte Synchrotronbestrahlung, wobei die hierbei verwendete Maske gegenüber der Opferschicht ausgerichtet wird. Die Synchrotronstrahlung hat den Vorteil, daß sie bei kleiner Wellenlänge (0,2 bis 0,5 nm) eine hohe Energiedichte und große Parallelität besitzt. Dadurch ist es möglich, eine über die gesamte Resistdicke hochpräzise Abbildung der Röntgenmaske zu erzielen. Die Genauigkeit liegt über die gesamte Strukturhöhe im Submikrometerbereich. Bei lateralen Abmessungen der Strukturen im Mikrometerbereich erreicht man ein Aspektverhältnis (d. h. das Verhältnis von Strukturhöhe zu minimaler lateraler Ausdehnung) von bis zu 100.

Durch die Bestrahlung ändert sich die chemische Zusammensetzung des Resists so, daß bei der anschließenden Entwicklung die bestrahlten Bereiche herausgelöst werden und man ein Negativ der gewünschten Struktur erhält. Die so erzeugten Zwischenräume werden galvanisch mit einem Metall aufgefüllt. Erneutes Bestrahlen ohne Maske zum Entfernen des unbelichteten Resists ergibt die gewünschte Mikrostruktur. Schließlich wird die Ti-Schicht selektiv gegenüber den anderen Materialien weggeätzt, so daß der auf der Opferschicht aufgebaute Teil der Struktur, hier der Kolben 4, frei beweglich ist.

Vor dem letzten Bestrahlungsschritt werden die Mikrostrukturen poliergefräst, um eine glatte Oberfläche zu erzielen, die für das dichte Schließen der Abschlußplatte notwendig ist.

Bezugszeichenliste:

- 1 Aktorgehäuse
- 2 Substratplatte
- 3 Kanal
- 4 Kolben
- 5 Druckkammer
- 6 Bohrung
- 7 Lagerblock
- 8 Lagerblock
- 9 Schlitz
- 10 Schlitz
- 11 Führungsstange

- 12 Kolbenstange
- 13 Nut

5 Patentansprüche

1. Mikromechanischer Aktor zur Erzeugung von Kräften der Größenordnung einiger mN bis in den Bereich von etwa 100 mN mit Abmessungen im Bereich einiger 100 µm, mit den folgenden Merkmalen:

- a) einem in einem Kanal beweglichen Kolben, der von der einen Seite her aus einer Druckkammer durch ein druckführendes Medium beaufschlagt wird und der
- b) an der anderen Seite eine Kolbenstange zur Abnahme der erzeugten Kraft aufweist, wobei
- c) der Kolben mittels Führungselementen in Hubrichtung längsbeweglich geführt ist,

gekennzeichnet durch die weiteren Merkmale:

- d) der Aktor weist ein flaches Gehäuse (1) auf, welches fest auf einer Substratplatte (2) sitzt und in dem ein Kanal (3) verläuft, in welchem ein axial längsbeweglicher Kolben (4) hin- und herbewegbar ist,
- e) der Kanal (3) mündet mit seinem einen Ende in einer Druckkammer (5), die über eine Bohrung (6) mit einem druckführenden Fluid beaufschlagt wird,
- f) an der einen Seite des Kolbens (4) ist eine Führungsstange (11) und an seiner anderen Seite eine Kolbenstange (12) befestigt,
- g) vor und hinter dem Kolben (4) ist, von der Druckseite aus gesehen, jeweils ein Lagerblock (7 und 8) zusammen mit dem Gehäuse (1) ebenfalls auf der Platte (2) befestigt,
- h) die Lagerblöcke (7 und 8) weisen Schlitz (9 und 10) zur Führung des Kolbens (4) auf, wobei in dem Schlitz (9) die Führungsstange (11) und in dem Schlitz (10) die Kolbenstange (12) gleitet,
- i) das Gehäuse (1) ist nach oben durch eine Deckplatte verschlossen.

2. Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolben (4) sowie die Stangen (11 und 12) im Kanal (3) und in den Schlitz (9 und 10) fluidisch geschmiert werden.

3. Aktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (1), die Lagerblöcke (7 und 8) und der Kolben (4) d. h. die gesamte Struktur des Aktors gemeinsam in den selben Arbeitsgängen auf röntgenlithographischem, röntgentiefenlithographisch-galvanoplastischem oder auf hiervon

abgeleiteten abformtechnischem bzw. abformtechnisch-galvanoplastischem Wege auf dem Substrat der Grundplatte hergestellt werden, wobei die mechanische Trennung der beweglichen Teile dadurch erfolgt, daß in den entsprechenden Bereichen des Substrats zunächst lokal eine Trennschicht aufgebracht wird, die zum Schluß ätztechnisch wieder entfernt wird.

Claims

1. Micromechanical actuator (1) for generating forces of the order of magnitude ranging from a few mN to the region of approximately 100 mN with dimensions in the region of a few 100 µm, having the following features:

- a) a piston, which is displaceable in a duct and has a pressurising medium acting thereon from one side of a pressure chamber, said piston
- b) having a piston rod on the other side to remove the generated force,
- c) the piston being longitudinally displaceably guided in the lifting direction by means of guide elements,

characterised by the additional features:

- d) the actuator has a flat housing (1), which sits securely on a substrate plate (2), and in which a duct (3) extends, in which duct an axially longitudinally displaceable piston (4) is reciprocable,
- e) the duct (3) extends with its one end in a pressure chamber (5), which has a pressurising fluid acting thereon via a bore (6),
- f) a guide rod (11) is mounted on one side of the piston (4), and a piston rod (12) is mounted on its other side,
- g) a bearing block (7 and 8 respectively), together with the housing (1), is also mounted on the plate (2) in front of and behind the piston (4) when viewed from the pressure side,
- h) the bearing blocks (7 and 8) have slots (9 and 10) for the guidance of the piston (4), the guide rod (11) sliding in the slot (9) and the piston rod (12) sliding in the slot (10), and
- i) the housing (1) is closed at its upper end by a cover plate.

2. Actuator according to claim 1, characterised in that the piston (4) and the rods (11 and 12) are fluidically lubricated in the duct (3) and in the slots (9 and 10).
3. Actuator according to claim 1 or 2, characterised in that the housing (1), the bearing blocks (7 and 8) and the piston (4), i.e. the entire structure of the ac-

tuator, are produced altogether on the substrate of the base plate in the same operations by an X-ray lithographic method, by a deep X-ray lithographic-galvanoplastic method or by a technical moulding or technically moulding-galvanoplastic method derived therefrom, the mechanical separation of the moving parts being effected as a result of a separation layer being initially applied locally in the corresponding regions of the substrate, which layer is eventually removed again by an etching technique.

Revendications

1. Actionneur micromécanique servant à produire des forces de l'ordre de grandeur de quelques mN jusqu'à la zone d'environ 100 mN, avec des dimensions de l'ordre de quelques centaines de µm, avec les caractéristiques suivantes :

- a) un piston mobile dans un canal, qui est alimenté par un côté à partir d'une chambre de pression avec un fluide sous pression et qui
- b) présente sur l'autre côté une tige de piston servant à enlever la force produite,
- c) le piston étant guidé au moyen d'éléments de guidage en se déplaçant longitudinalement dans le sens de la course,

caractérisé par des autres caractéristiques :

- d) l'actionneur présente un boîtier plat (1), qui repose de façon solidaire sur une plaque de substrat (2), et dans laquelle s'étend un canal (3), dans lequel peut aller et venir un piston mobile axialement dans le sens longitudinal (4),
- e) le canal (3) débouche par l'une de ses extrémités dans une chambre de pression (5), qui est alimentée via un alésage (6) par un fluide sous pression,
- f) sur l'un des côtés du piston (4) est fixée une tige de guidage (11) et à son autre extrémité une tige de piston (12),
- g) devant et derrière le piston (4), vu du côté sous pression, on a fixé un bloc de palier (7 et 8) en même temps que le boîtier (1) également sur la plaque (2),
- h) les blocs de palier (7 et 8) présentent des fentes (9 et 10) servant à guider le piston (4), la tige de guidage (11) glissant dans la fente (9) et la tige de piston (12) glissant dans la fente (10),
- i) le boîtier (1) est fermé vers le haut par un couvercle.

2. Actionneur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le piston (4) ainsi que les tiges (11 et 12) sont lubri-

fiées de façon fluide dans le canal (3) et dans les fentes (9 et 10).

3. Actionneur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le boîtier (1) les blocs de paliers (7 et 8) et le piston (4), c'est à dire la structure tout entière de l'actionneur sont fabriqués lors des mêmes séquence de travail sur le substrat de la plaque de base par voie lithographique aux rayons X, lithographique aux rayons X et galvanoplastique, ou par voie dérivée basée en déformation technique ou par une voie galvanoplastique basée en déformation technique, la séparation mécanique des pièces en mouvement ayant lieu grâce au fait que dans les zones correspondantes du substrat on met d'abord localement une couche de séparation, qui est enlevée pour finir par une technique de décapage.

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

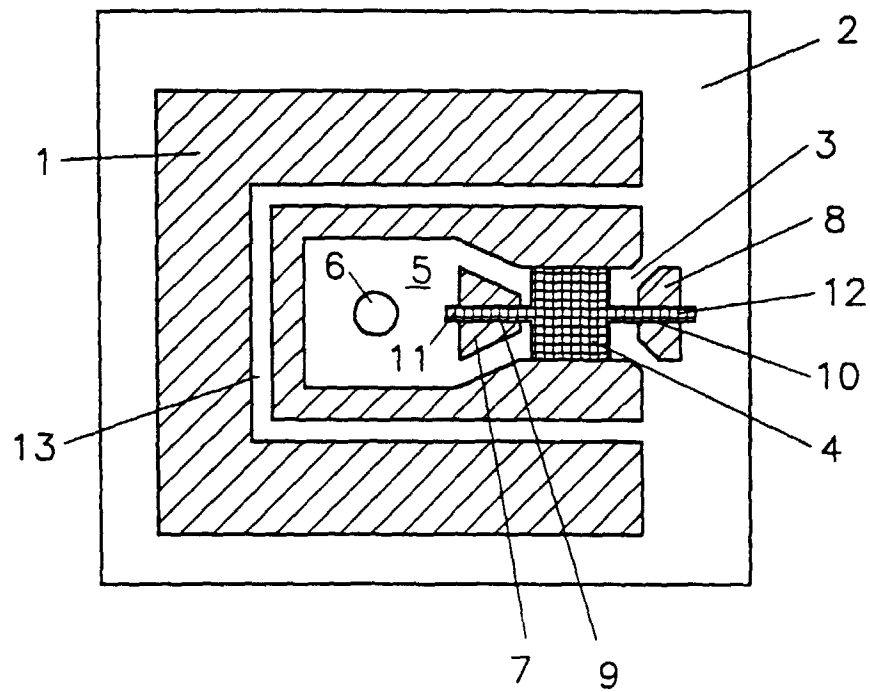


Fig. 2

