



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 100 10 392 A 1**

51 Int. Cl.⁷:
H 02 N 2/02

21 Aktenzeichen: 100 10 392.8
22 Anmeldetag: 29. 2. 2000
43 Offenlegungstag: 30. 11. 2000

DE 100 10 392 A 1

66 Innere Priorität:
199 10 269. 4 08. 03. 1999

71 Anmelder:
Technische Universität Ilmenau Abteilung
Forschungsförderung und Technologietransfer,
98693 Ilmenau, DE

72 Erfinder:
Wurmus, Helmut, Prof. Dr.-Ing.habil., 98708
Gehren, DE; Keoschkerjan, Ruben, Dr.-Ing., 98693
Ilmenau, DE; Burgold, Jörg, Dipl.-Ing., 98704
Gräfinau-Angstedt, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:
DE 44 05 501 C1
JENDRITZA, Daniel J., u.a.: Aktoren in Bewegung.
In: F&M 105, 1997, 9, S.623-632;
JP 08334519 A., In: Patent Abstracts of Japan;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Piezoelektronisches X-Y-Mikropositioniersystem

DE 100 10 392 A 1

Die Erfindung betrifft ein piezoelektrisches Positioniersystem für das Bewegen oder Positionieren von mikrooptischen und mikromechanischen Bauteilen, bestehend aus zwei piezoelektrischen Elementen und zwei identischen miteinander gekoppelten Parallelführungen.

Die Erfindung gehört zur Piezotechnik und zwar zu den piezoelektrischen Mikropositioniersystemen und kann besonders für das Bewegen oder Positionieren von Bauteilen der Mikrooptik, Mikroelektronik und Mikromechanik verwendet werden.

Im Stand der Technik sind verschiedene Positioniersysteme bekannt. In DE 44 05 501 C1 ist eine Verstellvorrichtung beschrieben, die aus zwei miteinander gekoppelten parallelen Federführungen besteht. Jede Parallelführung besteht aus zwei gleichartigen, gleichzeitig ansteuerbaren und bei Ansteuerung sich in die gleiche Richtung biegenden piezoelektrischen Bimorphelemente und zwei gegenüberliegenden Zwischenelementen. Die Ankopplung der beiden Parallelführungen ist so gestaltet, dass das erste Zwischenelement der ersten Parallelführung an einer Basis fixiert und das zweite Zwischenelement mit einem Zwischenelement der zweiten Parallelführung verbunden ist. Das gegenüberliegende bewegbare Zwischenelement der zweiten Parallelführung ist mit dem zu bewegendem optischen Element verbunden. Beim Anlegen einer elektrischen Spannung an die Piezobimorphbieger jeder Parallelführung werden sie ausgelenkt und damit das Ausgangselement in x- und y-Richtung bewegt.

Nachteilig bei diesem Positioniersystem ist die kinematische Ankopplung der beiden piezoelektrischen Parallelführungen, was zur Verschlechterung der dynamischen Eigenschaften führt. Bei der kinematisch gekoppelten Ausführungsvariante unterscheiden sich die zu bewegendem Massen jeder Bewegungsrichtung. Dies führt im dynamischen Betrieb zu nicht identischen Eigenschaften der beiden piezoelektrischen Parallelführungen.

Außerdem führt die Platzierung des zweiten Paares der piezoelektrischen Bimorphelemente auf dem beweglichen Teil der ersten Parallelführung dazu, dass die elektrischen Leitungen beim Positionieren mitbewegt werden, was beim Betreiben des Positioniersystems auf die Funktionszuverlässigkeit wirkt. Dieses Konstruktionsprinzip hat besonders beim Betreiben des Positioniersystems mit hohen Ansteuerfrequenzen wesentliche Nachteile. Die Verwendung piezoelektrischer Bimorphbieger als Antriebselement erfordert die Verwendung von Standardtechnologien der Feinwerktechnik und führt zu größerer Bauhöhe des gesamten Positioniersystems (z. B. 7 mm × 7 mm × 20 mm).

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Mikropositioniersystem für das Bewegen oder Positionieren von mikrooptischen, mikroelektronischen, mikromechanischen und ähnlichen Bauteilen zu entwickeln, das sowohl eine planare Anordnung besitzt und zur Herstellung die Technologien der Mikrotechnik anzuwenden gestattet, als auch die kinematische Entkopplung der Bewegung auf jeder Positionierachse gewährleistet.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen von Patentanspruch 1 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Für das Betreiben der Mikropositioniersysteme sind unterschiedliche Antriebsprinzipien möglich. Häufig werden elektrodynamische, piezoelektrische oder thermische Antriebe verwendet. Die piezoelektrische Antriebsvariante ist wegen ihres außerordentlich geringen Leistungsverbrauchs und im Mikrobereich hohen Wirkungsgrades bevorzugt. Die

piezoelektrischen monomorphen Antriebe besitzen einen planaren Aufbau und lassen sich mit den eingeführten Herstellungstechnologien der Mikrosystemtechnik in das gesamte Mikropositioniersystem gut integrieren.

Bei der erfindungsgemäßen Lösung bilden zwei monomorphe piezoelektrische Stellelemente, die mit einem freien Ende an einer Basis fixiert und mit dem anderen Ende über zwei Federgelenke und Übersetzungsmechanismen mit den entsprechenden ersten Zwischenelementen der völlig identischen Parallelführungen verbunden sind und die gegenüberliegenden zwei anderen Zwischenelemente, die miteinander fest gekoppelt sind und ein Ausgangselement bilden, mit dem das zu bewegendem optische Element verbunden ist, eine geschlossene kinematische Struktur.

Die Kopplung zwischen dem ersten und dem zweiten Zwischenelement jeder Parallelführung ist über zwei Schenkel und vier Federgelenke realisiert, die im Gegensatz zu den üblichen Parallelführungen mit Federschlenkel relativ größere Verstellwege gewährleisten.

Gegenüber Verstellvorrichtungen mit bimorphen piezoelektrischen Biegeelementen kann das erfindungsgemäße Positioniersystem mit Hilfe von Technologien der Mikrotechnik planar angeordnet und in seiner Baugröße wesentlich kleiner ausgebildet werden. Außerdem führt die Verwendung von monomorphen piezoelektrischen Stellelementen im Gegensatz zu den bimorphen Biegeelementen zu relativ höheren Resonanzfrequenzen und als Folge dessen zu kleineren Reaktionszeiten.

Die Einzelelemente des vorgeschlagenen Mikropositioniersystems sind bekannt, aber ihre Anordnung zeigt neue Eigenschaften, die sich von den Charakteristiken der bekannten technischen Lösungen wesentlich unterscheiden und das Erreichen der Erfindungsziele gewährleisten.

Die Erfindung wird im Folgenden an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert.

In der zugehörigen Zeichnung zeigt **Fig. 1** eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen piezoelektrischen Mikropositioniersystems, das die x-y-Positionierung realisiert.

Das dargestellte Mikropositioniersystem weist zwei identische monomorphe piezoelektrische Stellelemente **1** und **2** auf, die senkrecht zueinander angeordnet sind. Die piezoelektrischen Stellelemente sind über Federgelenke **28**, **29**, **30** und **31** mit ihrem einen Ende an einer Basis **3** fixiert und mit dem anderen Ende an die zwei Stege **6** und **7** angekoppelt, die über zwei Federgelenke **4** und **5** ebenfalls an einer Basis befestigt sind und für jede Bewegungsrichtung ein Übersetzungsgetriebe bilden. Die Stege **6** und **7** sind fest mit den entsprechenden zwei Zwischenelementen **8** und **9** der zwei völlig identischen Parallelführungen **10** und **11** verbunden, so dass die von den piezoelektrischen Stellelementen hervorgerufene Kraft in der Mitte jedes Zwischenelements wirkt. Jede von den zwei Parallelführungen **10** und **11** besteht aus den oben genannten zwei Zwischenelementen **8** und **9**, die mit ihren gegenüberliegenden Zwischenelementen **12** und **13** über Federgelenke **14**, **15**, **16**, **17** und **20**, **21**, **22**, **23** und zwei Paar parallel angeordneten Schenkel **18**, **19** und **24**, **25** angekoppelt sind. Die Schenkel jeder Parallelführung besitzen eine im Vergleich zu den Federgelenken hohe Biegesteifigkeit, so dass die Schenkel bei der Kraftübertragung keine Deformation erfahren. Die Symmetrieachse jeder Parallelführung ist im nicht deformierten Zustand parallel zu den entsprechenden Koordinatenachsen x und y. Die Parallelführungen **10** und **11** sind selbst senkrecht zueinander angeordnet. Die Zwischenelemente **12** und **13** jeder Parallelführung sind miteinander fest verbunden und bilden ein Ausgangselement **26**, das das zu bewegendem mikrooptische Bauteil **27** trägt.

Die beim Anlegen einer elektrischen Spannung z. B. vom

piezoelektrischen Stellelement **1** hervorgerufene Längenänderung wird über das Übersetzungsgetriebe **6**, das Zwischenelement **8**, zwei Schenkel **18, 19** und vier Federgelenke **14, 15, 16, 17** zum Ausgangselement **26** übertragen. Dabei werden die zwei Schenkel **24, 25** der Parallelführung **11** um die Federgelenke **20, 21, 22, 23** gedreht und als Folge wird das Ausgangselement **26** translatorisch in x-Richtung versetzt. Bei der Übertragung der Längenänderung des piezoelektrischen Stellelementes **1** über das Übersetzungsgetriebe **6** versuchen das Zwischenelement **12** und das Ausgangselement **26** sich zu drehen. Da aber die beiden Schenkel **24** und **25** der Parallelführung **11** in ihrer Längsrichtung eine große Steifigkeit besitzen, wird diese parasitäre Drehung unterdrückt und von den Federgelenken aufgenommen. Für die Bewegung in y-Richtung wird das piezoelektrische Stellelement **2** aktiviert. Die Längenänderung wird über das Übersetzungsgetriebe **7**, das Zwischenelement **9**, die zwei Schenkel **24, 25** der Parallelführung **11** und Federgelenke **20, 21, 22, 23** in die translatorische y-Bewegung des Ausgangselementes **26** umgesetzt. Bei gleichzeitiger elektrischer Ansteuerung der beiden piezoelektrischen Stellelemente **1** und **2** realisiert das Ausgangselement **26** das gleichzeitige Positionieren in x- und y-Richtung.

Die vorgeschlagene Anordnung von Elementen des Mikropositioniersystems lässt das Bewegen oder Positionieren des Ausgangselementes auf beliebigen Bahnkurven mit hoher Dynamik realisieren.

Das erfindungsgemäße Mikropositioniersystem zeichnet sich gegenüber den bekannten piezoelektrischen Positioniervorrichtungen mit in Reihe geschalteten Antrieben dadurch aus, dass die piezoelektrischen Antriebe an einer Basis fixiert sind und der Freiheitsgrad der kinematischen Kette des Bewegungsmechanismus gleich Null ist. Dabei entfallen die parasitären unsteuerbaren Freiheitsgrade des Positioniersystems. In speziellen Einsatzfällen ergeben sich folgende Vorteile: einfacherer mechanischer Aufbau durch den Wegfall von Bewegungswandlern und Koppellementen zwischen den Bewegungsachsen, geringere zu bewegendes Massen, bessere Dynamik und höhere Genauigkeit.

Eine weitere vorteilhafte Eigenschaft ist, dass es durch die Verwendung der monomorphen piezoelektrischen Stellelemente und das Übersetzungsgetriebe möglich ist, das Mikropositioniersystem planar anzuordnen. Dies ermöglicht die Anwendung der bekannten Technologien der Mikrotechnik bei der Herstellung des Mikropositioniersystems sowie die Mikrostrukturierung des gesamten Systems aus Silizium oder Glas. So sind runde Teile bzw. Löcher mit Durchmesser von weniger als 50 µm realisierbar. Dadurch kann das Positioniersystem miniaturisiert und beliebig geometrisch gestaltet werden.

Patentansprüche

1. Piezoelektrisches Positioniersystem für das Bewegen oder Positionieren von mikrooptischen und mikromechanischen Bauteilen, bestehend aus zwei piezoelektrischen Elementen und zwei identischen miteinander gekoppelten Parallelführungen, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei piezoelektrische Stellelemente (**1, 2**) über Federgelenke (**28, 29, 30** und **31**) mit einem freien Ende an einer Basis (**3**) und mit dem anderen Ende an den Stegen (**6, 7**) der mittels der Federgelenke (**4, 5**) an der Basis befestigten zwei Übersetzungsgetriebe fixiert, die mit den entsprechenden ersten Zwischenelementen (**8, 9**) der zwei völlig identischen senkrecht zueinander angeordneten Parallelführungen (**10, 11**) verbunden sind und die gegenüberliegenden zwei anderen Zwischenelemente (**12, 13**), die mitein-

ander fest gekoppelt sind und ein Ausgangselement (**26**) bilden, mit dem das zu bewegende optische Element (**27**) verbunden ist, eine geschlossene kinematische Struktur bilden, so dass eine Längenänderung der piezoelektrischen Stellelemente (**1, 2**), hervorgerufen beim Anlegen einer elektrischen Spannung, über die Übersetzungsgetriebe (**6, 7**) mit ihren Federgelenken (**4, 5**) und weiter über die Parallelführungen (**10, 11**) mit ihren Federgelenken (**14–17, 20–23**) an das Ausgangselement (**26**) derart übertragen wird, dass dies ein planares Positionieren realisiert.

2. Piezoelektrisches Positioniersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Parallelführungen (**10, 11**) derart angeordnet sind, dass kinematische Entkopplung der Bewegung des Ausgangselementes (**26**) auf jeder Positionierachse gewährleistet wird.

3. Piezoelektrisches Positioniersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Freiheitsgrad der kinematischen Kette des Bewegungsmechanismus gleich Null ist und bei gleichzeitiger Ansteuerung der piezoelektrischen Stellelemente (**1, 2**) gleich zwei wird.

4. Piezoelektrisches Positioniersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Antriebe zwei senkrecht zueinander angeordnete monomorphe piezoelektrische Stellelemente dienen, die mit den Übersetzungsgetrieben (**6, 7**) für das gesamte Positioniersystem eine planare Anordnung gewährleisten.

5. Piezoelektrisches Positioniersystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Parallelführungen (**10, 11**), bestehend aus zwei Paar nicht deformierbaren Schenkel (**18, 19** und **24, 25**), mit Federgelenken (**14–17, 20–23**) versehen sind.

6. Piezoelektrisches Positioniersystem nach Anspruch 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass die planare Anordnung des Positioniersystems die Verwendung von Technologien der Mikrotechnik zum Herstellen ermöglicht.

7. Piezoelektrisches Positioniersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei genügend kleinen Biegesteifigkeiten der piezoelektrischen Stellelemente (**1, 2**) die Federgelenke (**28, 29, 30, 31**) entfallen können.

8. Piezoelektrisches Positioniersystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die kinematische Struktur (**28**), gestaltet aus fotosensiblen Glas, optisch transparent ist.

9. Piezoelektrisches Positioniersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dies sich bei der Nutzung des direkten Piezoeffekts in den Piezoelementen (**1, 2**) zur Messung von Kräften und Wegen eignet.

10. Piezoelektrisches Positioniersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Kaskadieren von mehreren Positioniersystemen eine Mehrkanalmessung erreicht wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

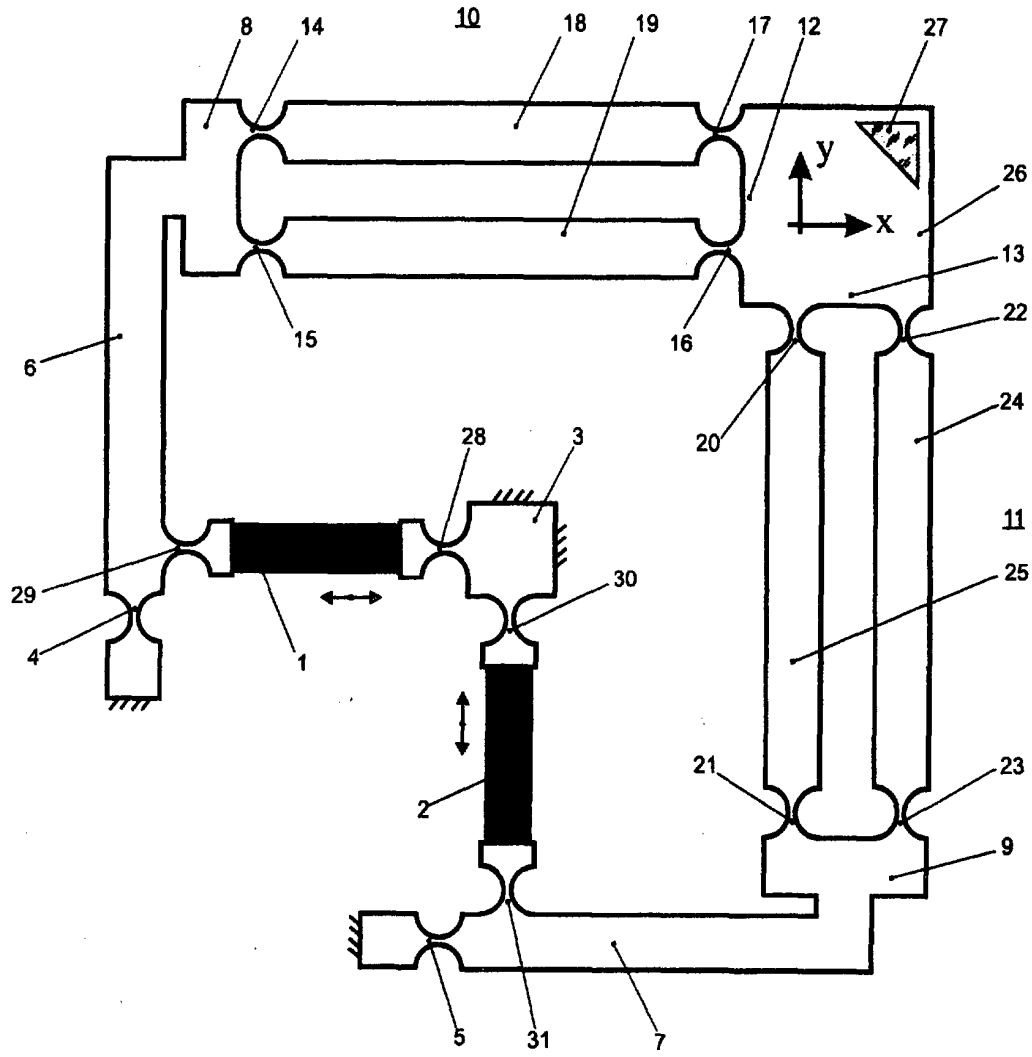


Fig.
1